



Universidad de Sucre

Visible para todos

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS
EN LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE, APLICANDO EL MÉTODO
DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD**

PRESENTADO POR:

MEZA MANJARREZ OSCAR DAVID

DIRECTOR DE TESIS:

Ing.Mag. Est Doc. ÁLVARO RAFAEL CABALLERO GUERRERO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Civil

Sincelejo-Sucre

**DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS
EN LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE, APLICANDO EL MÉTODO
DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD**

PRESENTADO POR:

MEZA MANJARREZ OSCAR DAVID

DIRECTOR DE TESIS:

Ing.Mag. Est Doc. ÁLVARO RAFAEL CABALLERO GUERRERO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Civil
Sincelejo-Sucre**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por su compañía en todo el proceso y cada una de sus bendiciones a todos los que ayudaron con la ejecución de esta investigación

Al Ingeniero Álvaro Caballero y todo su equipo de colaboradores, por su aporte y ayuda de sabios conocimientos compartidos aplicados en este proceso.

A mis padres, por el apoyo en toda la carrera, brindándome las condiciones necesarias además de su apoyo en los momentos difíciles para llegar hasta este punto

A la Universidad De Sucre, por la puesta de sus servicios académicos y a el grupo de docentes que me transmitieron todos los conocimientos que hoy tengo sobre el área

RESUMEN

En el presente documento se despliega una metodología de estudio para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras de la Universidad De Sucre (sus tres sedes), la cual cuenta con dos de ellas ubicadas en la ciudad de Sincelejo y la otra sede se encuentra en el margen izquierdo vía Sincelejo – Sampués, siendo zonas que presentan un riesgo sísmico intermedio. A través del presente estudio se logrará conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de la Universidad De Sucre, dependiendo de aspectos naturales que pueden afectarlas, como son generalmente el tipo de suelo en la cual esta cimentada y aspectos climáticos de la zona, además, son de vital importancia las características estructurales de la misma, como son: tipo y profundidad de cimentación, tipo y calidad de los materiales usados para la construcción, sistema estructural, tipos de losas, sistemas de muros internos y externos, altura de la súper estructura, y otros aspectos generales como, cuidados que se tuvieron al momento de la construcción, uso de la edificación y tiempo que lleva en uso desde la inauguración, estado de conservación y otras .

Tras Visitar cada una de las edificaciones y realizar una evaluación que permita conocer cada uno de los detalles antes mencionados, se aplicará el método del índice de vulnerabilidad para hallar la vulnerabilidad que presenta tales edificaciones frente a una sollicitación sísmica, con lo cual se pueden hacer programas para la mitigación de dichos efectos, dado que las instituciones de educación superior, por sus características arquitectónicas y tipo de uso pueden presentar mayor vulnerabilidad frente a cargas sísmicas, por la necesidad de ofrecer mucho espacio para las diferentes actividades que requieran la gran cantidad de estudiantes que se benefician de estas estructuras. Por lo cual, esta investigación va encaminada a incentivar la implementación de medidas que permitan reducir el riesgo de colapsos de tales estructuras, además de prevenir pérdidas humanas y económicas.

Los resultados finales de este trabajo de investigación, muestran un gran número de estructuras que presentan diferentes problemas de configuración estructural, mantenimiento y otros, la mayor parte de las estructuras antiguas con sistema resistente de mampostería No estructural presentan altos índices de vulnerabilidad, mientras que las estructuras más nuevas arrojan buenos resultados en cuando a la vulnerabilidad sísmica; la sede que presenta mayor vulnerabilidad es la sede de ciencias agropecuarias (la mayor parte de sus estructuras son antiguas), mientras que la que la que más estructuras con índices bajos y medios presenta es la sede principal

Se obtuvieron resultados muy confiables dados la gran base de datos recolectada por diferentes medios y la comparación de la vulnerabilidad entre la modelación matemática y la correlación con ecuaciones adaptadas a la zona fueron muy cercanos, lo que indica que el método del índice de vulnerabilidad bien aplicado es una gran herramienta para este tipo de trabajos.

SUMMARY

In this document, a study methodology is deployed to evaluate the seismic vulnerability of the structures of the University of Sucre (its three sites), which has two of them located in the city of Sincelejo and the other headquarters is located in the city. left margin via Sincelejo - Sampués, being areas that present an intermediate seismic risk. Through this study it will be possible to know the degree of seismic vulnerability of the buildings of the University of Sucre, depending on natural aspects that may affect them, such as the type of soil on which it is cemented and climatic aspects of the area. , the structural characteristics of the same are of vital importance, as they are: type and depth of foundation, type and quality of the materials used for the construction, structural system, types of slabs, systems of internal and external walls, height of the super structure, and other general aspects such as, care that was taken at the time of construction, use of the building and time that has been in use since the inauguration, state of conservation and others.

After visiting each of the buildings and making an assessment that allows to know each of the aforementioned details, the vulnerability index method will be applied to find the vulnerability that such buildings present in front of a seismic request, which can be done programs to mitigate these effects, given that higher education institutions, due to their architectural characteristics and type of use, may be more vulnerable to seismic burdens, due to the need to offer a lot of space for different activities that require a large amount of students who benefit from these structures. Therefore, this research is aimed at encouraging the implementation of measures to reduce the risk of collapses of such structures, in addition to preventing human and economic losses.

The final results of this research work show a large number of structures that present different problems of structural configuration, maintenance and others, most of the old structures with non-structural masonry resistant system have high vulnerability indexes, while the Newer structures yield good results in regards to seismic vulnerability; the seat that presents greater vulnerability is the headquarters of agricultural sciences (most of its structures are old), whereas the one that more structures with low and medium indexes presents is the main yield

Very reliable results were obtained given the large database collected by different means and the comparison of the vulnerability between the mathematical modeling and the correlation with equations adapted to the area were very close, which indicates that the well applied vulnerability index method It is a great tool for this type of work.

Contenido

1. INTRODUCCION	19
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	20
2.1 Planteamiento del problema.....	20
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. OBJETIVOS	23
4.1 Objetivo general:	23
4.2 Objetivos específicos:	23
5. MARCO REFERENCIAL	24
6. MARCO TEÓRICO.....	26
6.1 Conceptos generales	26
6.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	26
6.3 VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS EDUCATIVAS EXISTENTES....	27
6.4 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN ..	27
6.5 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	27
6.5.1 •Métodos cualitativos: Generalmente estos métodos han sido utilizados cuando se evalúa la vulnerabilidad de una muestra numerosa de edificaciones. O también cuando se tiene certeza acerca de la seguridad de una determinada estructura y se pretende corroborar dicho nivel de seguridad. (BARBAT & YEPEZ, 1995)	27
6.5.2 Métodos cuantitativos: Estos métodos son utilizados cuando la importancia de la edificación así lo amerita, o bien cuando los métodos cualitativos no han sido determinantes con respecto a la seguridad de la edificación. Para realizar un análisis de vulnerabilidad, utilizando métodos cuantitativos es necesario contar con cierta información básica como: características de los materiales utilizados en la edificación, caracterización del suelo donde se encuentra emplazada la estructura y planos estructurales entre otra información. (BARBAT & YEPEZ, 1995)	27
6.6 CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	28
6.7 Sistemas de información geográfica	28
6.8 Funcionamiento de un SIG.....	29
7. Metodología de la investigación	30
7.1 Marco contextual	30
7.1.1 Muestra.....	30
7.1.2 Tipo de investigación.....	30
7.2 Hipótesis de la investigación	30
7.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información	30

7.3.1	Etapas de la investigación:	30
8.	Estado actual de las edificaciones	34
8.1	Descripción del estado actual.....	34
8.2	Sede puerta roja.....	34
8.3	Sede ciencias de la salud.....	41
8.4	SEDE PUERTA VERDE.....	45
9.	ESTRUCTURACION Y CONFIGURACION ESTRUCTURAL DE LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE	49
9.1	GENERALIDADES.....	49
9.2	LA CONFIGURACION	49
9.3	Altura.....	56
9.4	Esquinas.....	57
		58
9.5	Configuraciones Con Esquinas Interiores	58
9.6	Configuraciones Escalonadas Verticalmente	62
10.	METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD	63
10.1	Generalidades.....	63
10.2	Método el índice de vulnerabilidad.....	64
10.3	Método del índice de Vulnerabilidad para estructuras de Mampostería No Reforzada	64
10.4	Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de hormigón armado.	67
11.	Aplicación del método del índice de vulnerabilidad en las edificaciones de las sedes de la Universidad De Sucre	70
11.1	BASE DE DATOS	71
11.2	ZONA DE ESTUDIO	72
11.3	UNIVERSIDAD DE SUCRE SEDE PUERTA ROJA	72
11.3.1	Estado de la estructura.....	72
11.3.2	Tipo de cubierta.....	74
11.3.3	TIPO DE ESTRUCTURA.	75
11.3.4	Uso de la estructura.	76
11.3.5	Configuración en planta.....	77
11.3.6	Presencia de losa o forjado Horizontal.	79
11.3.7	Índice de Vulnerabilidad.	80
11.3.8	Existencia de terraplenes cercanos.....	81

11.3.9	Elementos de baja ductilidad.....	82
11.4	Sede ciencias de la salud	84
11.4.1	Estado de la estructura.....	84
11.4.2	Estado de la cubierta.....	85
11.4.3	Tipo de estructura.....	86
11.4.4	Uso de la estructura	88
11.4.5	Configuración en planta.....	89
11.4.6	Presencia de losa	90
11.4.7	Índice de vulnerabilidad	91
11.4.8	presencia de terraplenes	93
11.4.9	Elementos de baja ductilidad.....	94
11.5	Sede granja los pericos.....	95
11.5.1	Estado de la estructura.....	95
11.5.2	Estado de la cubierta.....	97
11.5.3	Tipo de estructura.....	98
11.5.4	Uso de la estructura	100
11.5.5	Presencia de losa	102
11.5.6	Índice de vulnerabilidad	103
11.5.7	Presencia de terraplenes.....	105
11.5.8	Elementos de baja ductilidad.....	106
12.	CORRELACION ENTRE EL INDICE DE VULNERABILIDAD Y EL INDICE DE DAÑO PARA ESTRUCTURAS EN CONCRETO REFORZADO.....	108
12.1	Descripción del proyecto.....	109
12.2	OBJETO, PROPOSITO Y ALCANCE DEL ESTUDIO:	113
12.3	Información previa:.....	114
12.4	DIMENSIONES ELEMENTOS ESTRUCTURALES:.....	119
12.5	REGISTRO FOTOGRAFICO GENERAL DEL ESTUDIO	122
12.6	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	127
12.7	EVALUACION DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE:	128
12.7.1	Pasos 4 al paso 10: Solicitaciones equivalentes y análisis elástico de la estructura:.....	128
12.8	DISEÑO ESTRUCTURAL	128
12.9	AVALUO DE CARGAS Y REVISIÓN DE LOS NERVIOS	130
12.9.1	LOSA ALIGERADA EN UNA DIRECCION:	130
12.9.2	CARGA VIVA (L): 4,0 Kn/Mt ²	130

12.9.3	CUBIERTA INCLINADA:	130
12.10	PASO 3, 4, 5, 6, 7 y 8: OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y EL VALOR A_a y A_v , MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO, CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO, GRADO DE IRREGULARIDAD Y PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS, Y ANÁLISIS SISMICO DE LA ESTRUCTURA: 131	
12.11	PASO 9: DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES	134
12.12	PASÓ 10: VERIFICACIÓN DE DERIVAS:	134
12.13	PASO 11: COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES: 134	
12.14	PASO 12: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:.....	134
12.15	PARAMETROS SISMICOS, DE ACUERDO A LA NSR-10 (DMO).....	135
12.16	PASO 4: COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES: 136	
12.17	PASO 5: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:.....	136
12.18	RESULTADOS DEL ANALISIS POR MEDIO DEL METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.	138
12.19	INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE ENTRE-PISO DIRECCION X 139	
12.20	INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE COLUMNAS PRIMER PISO 142	
12.21	INDICES DE FLEXIBILIDAD.....	155
12.22	ANALISIS DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	155
12.22.1	Índices de sobre esfuerzo:	155
12.22.2	INDICES DE FLEXIBILIDAD	156
12.23	VULNERABILIDAD SEGÚN EL MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.....	156
13.	Conclusiones	163
14.	Recomendaciones	165
15.	Trabajos citados	166
16.	ANEXOS.....	167
16.1	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL UNIVERSIDAD DE SUCRE....	167
16.2	ANEXO 2	170
16.3	Anexo 3.....	182

IMAGENES

Imagen 1: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad De Benedetti Et Al.	32
Imagen 2: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad Utilizada Por El Instituto Di Ricera Sul Rischio Sísmico	33
Imagen 3: modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta roja. Fuente: ArcMap 10.3.2	34
Imagen 4: Estructuras En La Universidad De Sucre Sede Puerta Roja. Discriminadas Por Su Sistema Resistente fuente: ArcMap 10.3.2.....	35
Imagen 5: Humedad En La Base Del Muro. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor	36
Imagen 6: Grietas En La Esquina De La Estructura Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor.....	36
Imagen 7: Desprendimiento Del Pañete. Laboratorio Bio-ciencias Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor	36
Imagen 8: Humedad Y Descascaramiento En La Unión Superior De La Columna. Fotocopiadora Carpa Verde Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	37
Imagen 9: Tipo De Suelo Alrededor De La Edificación. Cafetería Nueva. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	37
Imagen 10: Humedad En El Centro Y Base Del Muro En Mampostera. Cultivos Vegetales. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	38
Imagen 11: Inclinación Del Suelo Alrededor De La Edificación. Centro Cultural. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	38
Imagen 12: Grieta En 45° En La Esquina De La Ventana. Fotocopiadora Carpa Verde fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	39
Imagen 13: Humedad En El Cielo Raso. Bloque D Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	39
Imagen 14: Inclinación Del Suelo Alrededor De La Edificación. Bloque D. Musanga Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.	39
Imagen 15: Grieta Vertical Al Lado De La Columna Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	40
Imagen 16: grietas y humedad en el muro y columna Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	40
Imagen 17: Grietas Inclinadas En El Muro. Centro De Laboratorios. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	40
Imagen 18: modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta blanca. Fuente: ArcMap 10.3.2	41
Imagen 19: Grietas En La Base De La Columna. Biblioteca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	42
Imagen 20: Armadura Para La Cubierta. Biblioteca. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	42
Imagen 21: Inclinación Cerca De La Estructura. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	42

Imagen 22: Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	43
Imagen 23: Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	43
Imagen 24: Humedad En El Muro. Sala De Profesores. Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	44
Imagen 25: Desprendimiento Entre El Muro Y La Columna. Bloque Administrativo Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	44
Imagen 26: Vegetación Cerca De Las Estructuras Y Humedad En El Muro. Portería Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	44
Imagen 27 modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta blanca. Fuente: ArcMap 10.3.2	45
Imagen 28: estado de conservación de la estructura. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	46
Imagen 29. Interrupción del sistema resistente. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	46
Imagen 30: inclinación del suelo en la estructura. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	46
Imagen 31: Mal Estado De Conservación De La Estructura. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	47
Imagen 32: Muros De Gran Altura Sin Confinamiento Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación	47
Imagen 33: Inclinación Del Suelo Cercano A La Estructura Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	48
Imagen 34: Cubierta Antigua Estado De La Estructura. Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.....	48
Imagen 35: Estructuras Irregulares. O Sistemas De Marcos.....	50
Imagen 36: Ilustración Se Convexo Y Cóncavo	51
Imagen 37: Estructuras Complejas Y Sencillas En Elevación Y Planta	52
Imagen 38: Matriz De Forma De Edificios	52
Imagen 39: Edificación Sencilla En Planta Y Sencilla En Elevación. Cafetería Nueva	53
Imagen 40: Edificación Siencilla En Planta Y Sencilla En Elevación. Bloque 4.....	53
Imagen 41. Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Fotoquímica	53
Imagen 42: Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Planta De Operaciones Unitarias	54
Imagen 43: Edificación Sencilla En Planta Y Compleja En Elevación. Portería Puerta Blanca	54
Imagen 44: Edificación Compleja En Planta Y Sencilla En Elevación. . Bloque L. puerta blanca.....	54
Imagen 45: Edificación Sencilla En Elevación, Compleja En Planta. Bloque M Puerta Blanca	55
Imagen 46: Edificación Compleja En Planta. Bloque L. Perta Roja.....	55

Imagen 47: Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Bloque L Puerta Roja	56
Imagen 48: edificación alta. Bloque 5. Puerta roja	57
Imagen 49: Ilustración Del Efecto Esquina En La Edificación	57
Imagen 50: edificación con esquina en voladizo. Portería. Puerta blanca.....	58
Imagen 51: Ilustración De Edificación Con Esquinas Interiores	58
Imagen 52: Edificación Con Esquinas Interiores. Bloque L. Puerta Roja	59
Imagen 53: Ilustración Del Efecto En Edificaciones Con Esquinas Interiores	60
Imagen 54: edificación con esquinas interiores y en escalera. Bloque L. puerta roja	60
Imagen 55: Ilustración De La Solución A Edificaciones Con Esquinas Interiores ...	61
Imagen 56: Ilustración De La Solución A Edificaciones Con Esquinas Interiores ...	61
Imagen 57: Ilustración De Edificación Escalonada.....	62
Imagen 58: Edificación Escalonada. Planta De Operaciones Unitarias	62
Imagen 59: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad De Benedetti Et Al.	66
Imagen 60: Parámetro Y Su Importancia En El Método Del Iv.....	68
Imagen 61: Parámetro Y Su Importancia En El Método Del Iv.....	69
Imagen 62: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: ArcMap 10.3.2 ..	73
Imagen 63: Estado De La Cubierta. Sede	74
Imagen 64: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2.....	76
Imagen 65: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2	78
Imagen 66: Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2.....	80
Imagen 67: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2	81
Imagen 68: existencia de terraplenes cerca de la estructura. Fuente: datos obtenidos por el autor. ArcMap 10.3.2	82
Imagen 69 : porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja. ArcMap 10.3.2	83
Imagen 70: Estado de las estructuras sede ciencias de la salud. Fuente: datos obtenidos por el autor.....	85
Imagen 71 Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud. Fuente: datos obtenidos por el autor. ArcScene 10.2.2.....	86
Imagen 72 Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	87
Imagen 73 Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	89
Imagen 74 configuración en planta de las estructuras. Ciencias de la salud fuente: datos obtenidos por el autor. ArcSene 10.2.2	90
Imagen 75 Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	91
Imagen 76 Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2.....	92
Imagen 77 Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	94

Imagen 78 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. AecScene 10.2.2	95
Imagen 79 Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArScene 10.2.2	97
Imagen 80 Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Arcscene 10.2.2.....	98
Imagen 81 Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	100
Imagen 82 Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	102
Imagen 83 : Determinación Del Índice De Vulnerabilidad. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	104
Imagen 84 Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene. 10.2.2.....	106
Imagen 85 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2	107
Imagen 86: índice de vulnerabilidad de laboratorios ciencias básicas fuente: obtenida por el investigador	108
Imagen 87: correlaciones entre índice de vulnerabilidad y daño e porcentaje fuente: caballero, 2007	108
Imagen 88: fachada principal, bloque laboratorios ciencias básicas fuente: planos obtenidos en planeación.....	109
Imagen 89: fachada lateral izquierda: fuente: planos obtenidos en planeación	109
Imagen 90: fachada lateral derecha fuente: planos obtenidos en planeación	110
Imagen 91: planta arquitectónica primer piso-tomada para el análisis (aportada) fuente: planos obtenidos en planeación	110
Imagen 92: planta arquitectónica primer piso-(aportada separada de mampostería No reforzada fuente: planos obtenidos en planeación.....	111
Imagen 93: planta primer piso-estado actual fuente: planos obtenidos en planeación	111
Imagen 94: planta arquitectónica segundo piso fuente: planos obtenidos en planeación	112
Imagen 95: planta arquitectónica primer piso fuente: planos obtenidos en planeación	112
Imagen 96:planta primer piso- ubicación de ensayos de esclerómetro fuente: obtenida por el autor	115
Imagen 97: ubicación de los ensayos de esclerómetro fuente: obtenida por el autor	116
imagen 98: corte típico de zapata fuente: planos estructurales.....	117
imagen 99: tipos de muros fuente: tomada por el autor	117
imagen 100: configuración general de columnas fuente: plano estructural	118
imagen 101: Dimensiones de zapatas fuente: plano estructural	119
imagen 102: Dimenciones de zapatas fuente: plano estructural	119
imagen 103: dimensiones de columnas fuente: plano estructural	120
imagen 104: dimenciones de columnas fuente: plano estructural	120
imagen 105: dimensiones de columnas fuente: plano estructural	121
imagen 106: esclerómetro SilverSchmidt fuente: tomada por el autos.....	122

imagen 107: prueba de esclerometria: losa primer nivel fuente: tomada por el autor	122
imagen 108: prueba de esclerometria en losa fuente: tomada por el autor	123
imagen 109: lectura de resultados fuente: tomada por el autor	123
imagen 110: prueba de esclerometria en nervios de losa fuente: tomada por el autor	123
imagen 111: prueba de esclerometria en columnas fuente: tomada por el autor ...	124
imagen 112: limpieza de zona de prueba en columnas fuente: tomada por el autor	124
imagen 113: prueba en columnas fuente: tomada por el autor	125
imagen 114: Prueba en columnas de rampa fuente: tomada por el autor	125
imagen 115: esclerometria en losa de rampa	125
imagen 116: prueba en columnas de rampa fuente: tomada por el autor	125
imagen 117: esclerometria en vigas losa de rampa fuente: tomada por el autor ..	126
imagen 118: Esclerometria en vigas losa de rampa fuente: tomada por el autor ..	126
Imagen 119: planta estructural actual fuente: planos obtenidos en planeación	129
Imagen 120: zona sísmica de la estructura fuente: NSR-10	131
Imagen 121: DETERMINACION DE Av de Idiseño fuente: nsr-10	132
Imagen 122: determinación de valores de diseño. fuente: NSR-10	133
Imagen 123: plata estructural de la estructura fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016	137
Imagen 124: vista general de la estructura fuente: obtenida por el autor	137
Imagen 125: derivas de la estructura fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016	138
Imagen 126: valores de las derivas de la estructura fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016	138
Imagen 127: visualización de resultados-ubicación del sobre esfuerzo por cortante fuente: obtenida por el autor	141
Imagen 128: visualización de resultados-ubicación de sobre esfuerzo por flexión fuente: obtenida por el autor	142
Imagen 129: visualización de resultados- índices de sobre esfuerzo en columnas fuente: Etabs 2016	152
Imagen 130: visualización de resultados-índices de sobre esfuerzo columnas fuente: Etabs.2016	153
Imagen 131: visualización de resultados-índices de sobre esfuerzo en columnas fuente: Etabs 2016	154

TABLAS

Tabla 1: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	72
<i>Tabla 2: Estado De La Cubierta. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013</i>	<i>74</i>
Tabla 3: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	75
Tabla 4: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	76
Tabla 5: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	78
Tabla 6: Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	79
Tabla 7: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	80
Tabla 8: porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja	83
Tabla 9: Estado De Las Estructuras. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	84
Tabla 10: Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud. Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013.....	85
Tabla 11: Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	87
Tabla 12: Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	88
Tabla 13: Configuración En Planta De Las Estructuras. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	89
Tabla 14: Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	91
Tabla 15: Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	92
Tabla 16: Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	93
Tabla 17: Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	94
Tabla 18: Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	96
Tabla 19: Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	97
Tabla 20: Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	99
Tabla 21: Uso De La Edificación. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	101
Tabla 22: Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	101
Tabla 23: Presencia De Losa En La Estructura. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	103

Tabla 24: Determinación Del Índice De Vulnerabilidad. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	103
Tabla 25: Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	105
Tabla 26: Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	106
Tabla 27: resultados del ensayo de esclerómetro en los elementos de la estructura fuente: obtenida por el autor.....	127
Tabla 28: índices de sobre esfuerzo en vigas de entre piso dirección X fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016. Excel 2013.....	140
Tabla 29: índices de sobre esfuerzo en vigas de entre piso en dirección Y fuente: obtenida por el autor.Etabs 2016. Excel 201.....	141
Tabla 30: índices de sobre esfuerzo-columnas segundo nivel fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016	147
Tabla 31: índices de sobre esfuerzo en columnas de primer nivel fuente: obtenido por el autor. Etabs 2013	151
Tabla 32: índices de flexibilidad en la estructura fuente: datos obtenidos por el autor:	155
Tabla 33: porcentaje de vulnerabilidad según D (%) fuente: ATC-13.....	156
Tabla 34: coorelacion de vulnerabilidad con ecuaciones adaptadas a la zonade las estructuras de la Universidad De Sucre fuente: datos obtenidos por el autor	161

GRAFICOS

Grafico 1: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	73
<i>grafico 2: Estado De La Cubierta. Sede Fuete: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013</i>	<i>74</i>
Grafico 3: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	75
Grafico 4: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	77
Grafico 5: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Arcmap 10.3.2.....	77
Grafico 6: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	78
Grafico 7 Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	79
Grafico 8: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	81
Grafico 9: existencia de terraplenes cerca de la estructura. Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013.....	82
Gráfico 10: porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja.....	83
Grafico 11 Estado De Las Estructuras. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	84
Grafico 12 Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud. Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013.....	86
Grafico 13 Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	87
Grafico 14 Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	88
Grafico 15 Configuración En Planta De Las Estructuras. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	89
Grafico 16 Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	91
Grafico 17 Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	92
Grafico 18 Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	93
Grafico 19 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	95
Grafico 20 Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	96
Grafico 21 Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2012.....	98
Grafico 22 Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013.....	99

Grafico 23 Uso De La Edificación. Sede Puerta Verda Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	101
Grafico 24 Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	102
Grafico 25 Presencia De Losa En La Estructura. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	103
Grafico 26: Determinación Del Índice De Vulnerabilidad. Sede Puerta Roja Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	104
Grafico 27: Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde. Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	105
Grafico 28 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013	107

1. INTRODUCCION

La magnitud de las pérdidas causadas por desastres naturales deja muchas sobre cómo evitar las mismas, en el caso específico de los sismos se hacen muchos estudios para conocer la zona sobre la cual se edifican estructuras además de diseños de las mismas buscando una óptima respuesta frente a un evento telúrico, pero algunos desastres dejan en evidencia la falta de estos estudios o la carencia de aplicaciones de programas de mitigación de riesgo sísmico; esta situación es común en los países de desarrollo medio como es el caso de Colombia y el sismo en el eje cafetero en 1999, gran parte de las pérdidas tanto de vidas como económicas se dieron a causa de un deficiente comportamiento estructural por diferentes causas, llegando algunas a ser estructural hasta el colapso total o parcial.

Se han alcanzado muchos logros y nuevos conocimientos en el área de la ingeniería de diseño de estructuras y construcción de las mismas que son aplicados a las nuevas estructuras, sin embargo, gran parte de las estructuras a las que hoy damos uso son edificaciones de una antigüedad considerable, mucho antes de que se aplicaran las normas sísmo resistentes con las que contamos en la actualidad, por lo cual es necesario reconocer cuáles son las edificaciones que podrían presentar comportamientos deficientes en un evento sísmico y reforzarlas para que tengan una correcta respuesta frente a un sismo.

Los espacios educativos, por su uso, presentan estructuras con áreas amplias de estudio y recreación, además se ven sometidas a cargas vivas de gran magnitud, esto puede jugar en su contra y someterla a una alta vulnerabilidad frente a un sismo, dada la importancia que representan las instituciones educativas para la región sobre la cual están, en especial las universidades, es de vital importancia conocer la vulnerabilidad sísmica de sus estructuras y si es necesario reforzarlas para que las estructuras vulnerables cumplan con la norma NSR-10.

En el presente documento se encuentra el desarrollo de la investigación DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS EN LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE, APLICANDO EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Planteamiento del problema

A lo largo de la historia ha quedado evidenciado que gran parte de las pérdidas tanto humanas como económicas y demás, que se presentan en un evento sísmico en cualquier ciudad o región del mundo, están íntimamente ligadas a los sistemas de diseño, construcción y configuración estructural de las obras que colapsan al momento de presentar solicitaciones sísmicas. En Colombia a pesar de que hoy en día se cuenta con una norma sismo resistente (AIS, 2010) que regula el diseño y construcción de todos los proyectos estructurales nuevos, en la ciudad de Sincelejo como en muchas ciudades colombianas, gran parte de las construcciones fueron diseñadas y construidas antes de la presente norma, lo que puede aumentar su vulnerabilidad de colapso, fallas o daños ante un posible evento sísmico.

La Universidad De Sucre se encuentra en un territorio que está calificado por la norma sismo resistente colombiana con amenaza sísmica intermedia, y siendo Sincelejo la ciudad con más habitantes del departamento, de los cuales muchos jóvenes hacen uso de esta universidad en materia de formación académica, además de los trabajadores que a diario visitan las instalaciones de dicha institución, se convierte en una gran fuente de desarrollo y empleo no solo para personas de la ciudad de Sincelejo, sino también de todo el departamento e incluso fuera de él. Dada la arquitectura y uso de las instalaciones de esta institución, que demandan gran espacio libre para diferentes actividades que requieran los estudiantes, administrativos y la gran cantidad de personas que hacen uso de las mismas, además, la mayoría de las instalaciones de la Universidad De Sucre fueron diseñadas y construidas antes de la presente norma NSR 10, e incluso antes de la NSR 98, como es el caso del antiguo bloque B1 y estructuras anteriores a esta, lo que puede hacer que se vean especialmente vulnerables a presentar colapsos totales o parciales frente a cargas sísmicas. Por lo que esta investigación propone la determinación de la vulnerabilidad sísmica mediante el método del índice de vulnerabilidad en las estructuras que hacen parte de la Universidad De Sucre, usando la tecnología del sistema de información geográfica, dada la gran importancia de esta institución de educación superior.

Si esta investigación no se desarrolla, la incertidumbre que se tiene frente al tema seguirá aumentando, y por desconocer las posibles consecuencias que tendrán las estructuras frente a un evento natural de este tipo, podría ser devastador para la población que hace parte de esta institución. De lo contrario se pueden tomar acciones que ayudaran a mitigar tales efectos y consecuencias, librando así pérdidas económicas e incluso humanas.

3. JUSTIFICACIÓN

Los eventos sísmicos son aún impredecibles para la ciencia, siendo estos junto a otros tipos de desastres naturales como tormentas e inundaciones, uno de los que más pérdidas humanas y económicas dejan en las poblaciones que son víctimas del mismo, sobre todo cuando dicha población no cuenta con la preparación previa al evento, tanto técnicamente como estructuralmente en el caso de las catástrofes sísmicas, de esta forma es posible justificar cualquier investigación encaminada a mitigar los efectos que puede ocasionar un movimiento telúrico, como es el caso de terremotos, buscando con esto el desarrollo y sostenibilidad de la población implicada en dicho evento.

Por lo anterior, podemos mencionar que es de gran importancia indagar en los efectos que puede causar un fenómeno sísmico en las obras civiles y de construcciones, especialmente en aquellas donde se vea implicada directamente la vida humana, como es el caso de instituciones educativas, oficinas de trabajo, estructuras gubernamentales, recreacionales, etc., buscando con esto disminuir el riesgo de consecuencias por tales fenómenos en las estructuras y personas que hacen uso de las mismas.

Considerando la importancia que tiene la Universidad De Sucre para la región, se decide enfocar esta investigación en pro de mantener estructuras con resistencias mayores a las solicitaciones sísmicas, por lo cual se decide determinar el grado de vulnerabilidad estructural y no estructural de dichas infraestructuras, para a partir de ello conocer cuál es el estado actual de estas edificaciones, y si es necesario tomar alguna prevención en las mismas y así estar preparado para hacer frente a una eventualidad sísmica.

Con el estudio de la descripción actual y el grado de vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones se logrará plantear si es necesario posibles soluciones para una estructura considerablemente vulnerable, así se beneficia toda la población universitaria, tanto estudiantes como administrativos y obreros, puesto que todos ellos de alguna u otra forma hacen uso de estas instalaciones, e incluso personas que ocasionalmente visitan la universidad en busca de cualquier información, residentes o no residentes en la ciudad de Sincelejo.

Para llevar a cabo la investigación se recurrirá a un software especializado en el Sistema de Información Geográfico (ARGIS 10.2.2), metodologías de diseño, estudio de los materiales que se utilizaron en la construcción y el análisis de los métodos de construcción que se usaron en el proceso de edificaron de las estructuras de la Universidad De Sucre.

Es importante mencionar que para el desarrollo de la investigación se tendrá como fundamento el conjunto de normas sismo resistentes vigente que impone el gobierno colombiano para estructuras como las que se estudian (de uso educativo), con la intención de que los resultados obtenidos en la misma puedan ser tomadas en cuenta como referencia para la ciudad y se conozca con ello el grado de vulnerabilidad y riesgo que presenta la Universidad De Sucre a frente a un sismo.

Es por esto que toma importancia esta investigación encaminada a mitigar los riesgos que se pueden presentar frente a eventos tectónicos, y más aún como es en este caso, que se cuentan con muchas edificaciones que fueron construidas hace mucho tiempo, épocas en las cuales no se contaba con normas sísmo resistentes y la regulación del estado frente al diseño y construcción de las estructuras en Colombia.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

- ❖ Determinar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras en las sedes de la Universidad De Sucre, aplicando el método del índice de vulnerabilidad.

4.2 Objetivos específicos:

- ❖ Evaluar la situación actual de las estructuras de la Universidad De Sucre en sus tres sedes.
- ❖ Hallar el índice de vulnerabilidad, por medio del método del índice de vulnerabilidad, de cada estructura que haga parte del estudio
- ❖ Caracterizar estructuralmente las instalaciones de la Universidad De Sucre y sus alrededores, usando la tecnología de información geográfica.
- ❖ Utilizar la metodología del índice de vulnerabilidad sísmica de las estructuras dentro del sistema de información geográfica (SIG), para mostrar las diferentes variables que se tienen en cuenta en el comportamiento sísmico para cada estructura con una calificación de: buena, regular o mala.
- ❖ Analizar una estructura tomada al azar para hallar su vulnerabilidad estructural por medio de un modelamiento matemático y compararlo con el método del índice de vulnerabilidad por medio de las correlaciones de vulnerabilidad adaptadas a la zona de estudio
- ❖ Analizar los resultados obtenidos de la investigación, y presentar conclusiones y recomendaciones a la Universidad De Sucre.

5. MARCO REFERENCIAL

El 11 de marzo de 2011 un terremoto de magnitud 8,9 en la escala de Richter azotó las costas de Japón, desencadenando así un tsunami que arrasó las costas del noreste del país. La consecuencia de estos fenómenos naturales fue de unas 15845 personas muertas y 3380 desaparecidas (Castrillón, Martínez, Puentes, & Sánchez, 2015)

En el ámbito latinoamericano, en Chile, el 22 de mayo de 1960, la ciudad de Valdivia fue víctima del terremoto de mayor magnitud registrado en la historia del planeta hasta la fecha de ocurrencia, con 9,5 en la escala de Richter, este evento dejó alrededor de dos millones de personas damnificadas, Valdivia se hundió 4 metros bajo el nivel del mar mostrando esto la magnitud del evento (Lazo, 2003).

Además de la enorme biodiversidad, salidas a dos océanos o por su variedad climática, Colombia, también se destaca por ser el único país del continente ubicado sobre cuatro placas tectónicas: la de Nazca, la de Cocos, la del Caribe (pertenecientes a la corteza oceánica) y la continental (de Suramérica). Así mismo, por contar con una de las tres zonas de mayor sismicidad en el mundo: la Mesa de los Santos, en Santander, después de Afganistán y Siberia (Paez Torres, 2010). Lo anterior se agudiza si consideramos que aproximadamente el 87% de la población de Colombia, se encuentra en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia y la probabilidad de sufrir eventos sísmicos es significativa (STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF CALIFORNIA, 1999).

A raíz del terremoto de Popayán en 1983 los colombianos se vieron en la necesidad de iniciar estudios sistemáticos de amenaza sísmica a nivel nacional y regional y, desde entonces buena parte del país ha sido cubierta con trabajos específicos, en los cuales los estudios históricos han hecho aportes importantes. El primer estudio general de amenaza sísmica de Colombia fue hecho en 1984 y fue la base del primer Código Colombiano de Construcciones Sismo resistentes, decreto 1400 de 1984 (Baquero, 2003)

Con la nueva NSR 10, el nivel de exigencia frente a las amenazas sísmicas en las Instituciones educativa ha aumentado considerablemente, debido a la importancia de estas edificaciones en la sociedad. La variabilidad de los códigos que reglamentan el análisis, diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes, que queda expuesta en los párrafos anteriores, es la base principal sobre la que se fundamenta el presente proyecto de grado, ya que se desea proponer un procedimiento que permita realizar estudios de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, cuyos diseños primarios se consideran obsoletos, por la aparición de códigos nuevos y avances en las técnicas de análisis estructural (Montenegro, Hernandez, & Blanco, 2013).

Siempre se ha visto sometida a sismos de poca intensidad, donde aún gran parte de la población no ha percibido el fenómeno natural, por lo cual se tiene poca experiencia en el comportamiento que realmente pueden presentar las estructuras frente a un sismo de magnitud considerable, que pueda afectar las estructuras [9]. En esta

ciudad el más importante estudio sobre la vulnerabilidad sísmica fue realizado por el ingeniero Álvaro Caballero dejando en evidencia que muchas edificaciones de las más antiguas del centro histórico de Sincelejo son muy vulnerables frente a un evento sísmico, principalmente por el desconocimiento de diseñadores y constructores de las obras más antiguas de la ciudad además de la falta de una norma sismo resistente en ese entonces; pero más grave aún es que muchas edificaciones con menos de 10 años de construidas presentan problemas tanto en el diseño como construcción lo cual las hace vulnerables incluso más que algunas de las más antiguas (CABALLERO, 2007).

La Universidad De Sucre cuenta con muchas edificaciones construidas antes de presentarse la norma sismo resistente colombiana (NSR-10), esta institución cuenta con más de 7000 estudiantes (unisucra, 2017), que gran parte de ellos hacen uso diario de tales estructuras. En la Universidad De Sucre se desarrolló una investigación encaminada al tema, en la cual se estudiaron solo dos bloques es específico, dicha investigación se presentó como “Determinación de la vulnerabilidad sísmica del bloque "X" antiguo y el bloque "A" de la Universidad De Sucre, sede Puerta Roja” la cual demostró algunas falencias en dichos bloques que se debían corregir.

Dada la importancia que representa la universidad a nivel local, departamental y nacional, se pretende hacer estos estudios con un método que permitirá conocer las características mecánicas de las edificaciones construidas, siendo así se podrá plantear acciones para aminorar los efectos que pueden causar las sollicitaciones sísmicas en dichas estructuras.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Conceptos generales

Los términos que conllevan a la contextualización de este documento son los siguientes: (DOWRICK, 1990) (MINISTERIO DE AMBIENTE & VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007)

- **Amenaza sísmica:** Es el potencial de que ocurran sismos dañinos en un área geográfica.
- **Daño:** Pérdida económica, humana o estructural causada por el sismo.
- **Epicentro:** Es la proyección sobre la superficie de la Tierra del hipocentro
- **Fallas geológicas:** Zonas de fracturas de la corteza terrestre que produce las ondas sísmicas que sentimos al ocurrir un temblor de tierra.
- **Hipocentro o foco del sismo:** Es el punto donde al ocurrir un sismo se inicia la ruptura y donde comienza la liberación de energía del sismo.
- **Intensidad de un sismo:** Es una medida totalmente subjetiva de los efectos que el sismo causa en un lugar determinado, la cual se realiza por medio de observadores, que se desplazan a las diferentes zonas afectadas por el sismo y allí asignan la intensidad para cada sitio, de acuerdo con los efectos observados.
- **Intensidad de Mercalli:** Medida cualitativa de la severidad del movimiento en sitio específico, se mide en una escala de 12 grados: grado I, no sentido y grado XII, daño cercano al total.
- **Magnitud del sismo:** Es una medida única de la energía liberada por el sismo. Es una medición instrumental y se calcula a partir del sismograma.
- **Micro zonificación sísmica:** Proceso de determinación de la amenaza sísmica relativa o absoluta de una región, ciudad, lugar, etc. Con el objetivo de determinar micro zonas sísmicas
- **Profundidad focal:** Es la profundidad del hipocentro, medida desde el epicentro.
- **Riesgo sísmico:** Probabilidad de que una pérdida específica iguale o exceda un valor determinado durante un tiempo de exposición dado.
- **Sismo:** Temblor o terremoto, vibración de la corteza terrestre causado por la liberación abrupta de energía acumulada en la litosfera de la tierra.
- **Vulnerabilidad:** Cuantificación de la pérdida en uno o varios elementos como consecuencia de la ocurrencia de un sismo.

6.2 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas. (CANAS, CAICEDO, BARBAT, & AGUIAR, 1994)

6.3 VULNERABILIDAD DE ESTRUCTURAS EDUCATIVAS EXISTENTES.

Los análisis de vulnerabilidad estructural se realizan con el propósito de evaluar la seguridad sísmica en edificaciones existentes o por construir. Estos análisis se hacen en estructuras que hayan sido o no dañadas por sismos, e indican si es necesario el refuerzo estructural con el fin de asegurar el funcionamiento ininterrumpido de un establecimiento de salud con posterioridad a un sismo.

El análisis debe indicar entre otras cosas, las deficiencias de la estructuración, configuración física y resistencia de sus elementos, que hacen de la estructura una edificación vulnerable. (Latina, 2007)

6.4 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE UNA EDIFICACIÓN

Un estudio de vulnerabilidad busca, entre otras cosas, determinar la susceptibilidad o el nivel de daño esperado en la infraestructura, equipamiento y funcionalidad frente a un desastre determinado; por lo tanto, para iniciar un estudio de vulnerabilidad deben caracterizarse el o los fenómenos a ser considerados.

Para el caso de sismos, vale la pena seleccionar y caracterizar aquellos eventos que podrían presentarse durante la vida de la estructura, ya que algunos sismos frecuentes y de baja magnitud podrían afectar a los elementos no estructurales; en cambio, aquellos sismos menos frecuentes pero más violentos pueden afectar tanto a elementos estructurales como no estructurales. (CANAS & BANDA, Sismicidad y peligrosidad sísmica, 1994)

6.5 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Para la realización de estudios de análisis de vulnerabilidad sísmica de una construcción, la literatura internacional presenta diversos métodos; pero, en términos generales, los métodos pueden clasificarse en los siguientes grupos:

6.5.1 •Métodos cualitativos: Generalmente estos métodos han sido utilizados cuando se evalúa la vulnerabilidad de una muestra numerosa de edificaciones. O también cuando se tiene certeza acerca de la seguridad de una determinada estructura y se pretende corroborar dicho nivel de seguridad. (BARBAT & YEPEZ, 1995)

6.5.2 Métodos cuantitativos: Estos métodos son utilizados cuando la importancia de la edificación así lo amerita, o bien cuando los métodos cualitativos no han sido determinantes con respecto a la seguridad de la edificación. Para realizar un análisis de vulnerabilidad, utilizando métodos cuantitativos es necesario contar con cierta información básica como: características de los materiales utilizados en la edificación, caracterización del suelo donde se encuentra emplazada la estructura y planos estructurales entre otra información. (BARBAT & YEPEZ, 1995)

6.6 CUANTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIANTE EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

El método del índice de Vulnerabilidad puede clasificarse como subjetivo, debido a que realiza una calificación subjetiva de los edificios apoyándose en cálculos simplificados de estructuras, intentando identificar los parámetros más relevantes que controlan el daño estructural. La calificación de los edificios se realiza mediante un coeficiente denominado índice de Vulnerabilidad. Este índice se relaciona directamente con la vulnerabilidad o grado de daño de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad. Estas funciones permiten formular el índice de vulnerabilidad para cada grado de intensidad macro sísmica de terremoto y evaluar de manera rápida y sencilla la Vulnerabilidad sísmica de edificios, condiciones que resultan imprescindibles para desarrollar estudios urbanos a gran escala. (MENA, 2002)

El método del índice de Vulnerabilidad, enmarcándose dentro del grupo de métodos de vulnerabilidad observada, identifica los parámetros más importantes que controlan el daño en un edificio ante una sollicitación sísmica. Los estudios de la configuración en planta y elevación, el tipo y calidad de los materiales utilizados, la posición y la cimentación del edificio, la disposición de los elementos estructurales, así como el estado de conservación de la estructura, son calificados individualmente en una escala numérica afectada por un factor de peso, que trata de resaltar la importancia de un parámetro respecto al resto. A partir de los valores de los parámetros obtenidos de esta manera, se realiza una calificación global del edificio en una escala numérica continua (MENA, 2002)

6.7 Sistemas de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes como usuarios, hardware, software, procesos. Que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial.

La tecnología de los SIG puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, la gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, o encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia. (Boletad, 2015)

6.8 Funcionamiento de un SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de los mapas digitales. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

SIG proporciona, para cada tipo de organización basada en ubicación, una plataforma para actualizar datos geográficos sin perder tiempo visitando el sitio y actualizar la base de datos manualmente.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología geoespacial de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un sistema de información geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.

Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

Pautas: detección de pautas espaciales.

Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los sistemas de información geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución. (Boletad, 2015, pág. 543)

7. Metodología de la investigación

7.1 Marco contextual

7.1.1 Muestra

Para el desarrollo de esta investigación se analizarán las instalaciones e infraestructuras de las sedes de la Universidad De Sucre cuyo sistema resistente sean de hormigón o mampostería no estructural y se encuentren en uso, es decir, que para objeto de este estudio no se analizaran las estructuras en proceso de construcción puesto que no se encuentran en uso hasta la fecha de la investigación (julio de 2017).

7.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizará, es una investigación de tipo descriptivo-analítica, puesto que se enfocan los objetivos a observar, describir y analizar el estado actual de las estructuras de las sedes de la Universidad De Sucre cuyo sistema resistente sean de hormigón armado o mampostería no estructural y se encuentren en uso. Una vez obtenidas las conclusiones del proceso anterior se pueden tomar correctivos frente a las características que presentan las estructuras y un eventual comportamiento sísmico si esta lo requiere. Dado lo anterior, Para llegar a las conclusiones de la investigación se recurrirán a herramientas de tipo cuantitativa, tales como: software, que permitan hacer un análisis de los datos recolectados en los procesos descriptivos respectivos para cada estructura.

7.2 Hipótesis de la investigación

- Hipótesis de investigación: por la antigüedad de diseño y construcción de la mayoría de las estructuras de la Universidad De Sucre, se puede decir que tales edificaciones no cuentan con la capacidad estructural de resistir las sollicitaciones que las ondas sísmicas pueden generar.

7.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información

7.3.1 Etapas de la investigación:

- **Etapa 1:** se realizará una revisión general de los conceptos generales de vulnerabilidad sísmica, como son, la peligrosidad sísmica y riesgo sísmico de las estructuras, buscando estar a la par de los conceptos actuales en cuanto a estudios de vulnerabilidad sísmica, en cuanto a la aplicación en casos reales, recopilando así la información necesaria para llevar a cabo la investigación.
- **Etapa 2:** se reconocerá el estado actual de las estructuras que se someterán al estudio, visitando cada una de ellas, además de la recolección de

información necesaria para llevar a cabo el método del índice de vulnerabilidad de las edificaciones, además de archivos que se puedan conseguir como lo son los planos estructurales y/o arquitectónicos y todo tipo de información que pueda ser útil sobre la estructura.

- **Etapa 3:** se construirá la base de datos que contendrá la información estructural de las edificaciones de la zona de estudio, en esta etapa se escogerán las estructuras con configuraciones similares para aplicarle el método del índice de vulnerabilidad, las estructuras a estudiar serán las de hormigón reforzado y mampostería no estructural.
- **Etapa 4:** se dará una revisión a los sistemas de información geográfica, se buscarán y mostrarán las herramientas que servirán para la determinación de la vulnerabilidad sísmica, manejando eficientemente el almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de la información georreferenciada a considerar.
- **Etapa 5:** Se calcularán los parámetros necesarios para la determinación de la vulnerabilidad sísmica en las estructuras de estudio por medio del índice de vulnerabilidad, así como la determinación del riesgo y daño para la zona, el procedimiento se describe a continuación:

Las estructuras a estudiar son la de Hormigón Reforzado y las de mampostería no estructural estén en uso. Una vez se ha clasificado la estructura en uno de estos dos grupos (mampostería u hormigón), se empieza a realizar la evaluación del índice de vulnerabilidad de la estructura, en la que se describe, en un formato, la información completa de datos necesarios para obtener el índice de vulnerabilidad. En base a la experiencia de los diseñadores del método, se han identificado once parámetros, considerados los más relevantes e influyente en el daño que sufriría una edificación.

Para el caso de las estructuras en mampostería no estructural, siete de estos parámetros son puramente subjetivos, mientras que los cuatro restantes se obtienen a partir de cálculos simplificados que aseguran versatilidad y agilidad a evaluación del método. Cada parámetro es analizado detenidamente y calificado mediante una escala de A a D en forma decreciente, conforme la calidad del parámetro vaya también decreciendo. Los parámetros, que cada uno tiene un peso en el valor ponderado dependiendo de su importancia, se muestran a continuación:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (K_i W_i) \quad (3.8)$$

Tabla 3.2 Escala numérica del índice de vulnerabilidad de Benedetti et al.⁽¹³⁾

Num	Parámetro	$K_i A$	$K_i B$	$K_i C$	$K_i D$	Peso W_i
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.0
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.5
4	Posición edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.0
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.5
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.0
8	Separación máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.0
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.0

Imagen 1: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad De Benedetti Et Al.

Como se puede observar, cada uno de los parámetros, se puede clasificar dentro una escala entre A y D, dependiendo de cómo este se encuentre. Una vez obtenidas todas las clasificaciones de cada uno de los once parámetros analizados en el edificio, se procede a asignar un valor numérico a cada clase de acuerdo una escala propuesta por Benedetti, mediante la cual, cada uno de los nuevos once valores numéricos son acumulados ponderadamente, dando mayor peso a los parámetros que se consideran más decisivos en la determinación del índice de Vulnerabilidad I_v .

Del análisis de la escala puede observarse que los valores posibles del índice de Vulnerabilidad están comprendidos entre 0 y 382.5, creciendo conforme el edificio se muestra sísmicamente más vulnerable. Los valores del índice K_i y W_i son completamente subjetivos y provienen puramente de la experiencia de los autores de la escala. El valor del índice de Vulnerabilidad I_v así obtenido es ya de mucha utilidad, pues identifica a los edificios peligrosos y puede ser utilizado en la toma de decisiones de cualquier plan de mitigación del riesgo en la zona de estudio.

De igual forma se hace para los edificios en Hormigón armado, solo que los once parámetros se toman de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Escala numérica del índice de vulnerabilidad utilizada por el Istituto di Ricerca Sul Rischio Sismico, adaptada de la referencia (12).

Num	Parámetro	$K_i = A$	$K_i = B$	$K_i = C$	W_i
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1.0
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	2.0

Imagen 2: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad Utilizada Por El Instituto Di Ricera Sul Rischio Sísmico

Y el índice de Vulnerabilidad se obtiene por la siguiente expresión:

$$I_v = 10 \left(\frac{\sum_{i=1}^{11} K_i W_i + 1}{4} \right)$$

- **Etapa 6:** se escogerá una estructura y el resultado del índice de vulnerabilidad, la edificación preferiblemente será a porticada, se le realizará un estudio de daño, con (la información necesaria) los diferentes ensayos necesarios para el mismo y además, se hará uso del esclerómetro y las correlaciones obtenidas en anteriores investigaciones para generar conclusiones.
- **Etapa 7:** se compararán los resultados obtenidos y se realizará un análisis y evaluación de los resultados obtenidos, para presentar así las conclusiones generadas por los resultados y las recomendaciones necesarias

8. Estado actual de las edificaciones

8.1 Descripción del estado actual

A continuación, se presenta el informe del estado actual de forma general de las 59 estructuras analizadas para la presente investigación, clasificándolas por sedes y resaltando de forma general las características más comunes y de forma específica las más sobresalientes para estructuras en específico.

Las estructuras se clasificarán por sedes para tener un análisis más detallado espacialmente

8.2 Sede puerta roja

La sede puerta roja es la principal de la Universidad De Sucre puesto que en este espacio se presta el servicio de enseñanza a la mayor cantidad de estudiantes dado que la mayoría de carreras reciben clase en esta sede. De forma general el terreno presenta una topografía bastante ondulada por sectores y planas en otras partes específicas, esta característica se ve reflejada en el modelo de elevación digital que se procesó en el software ARCMAP 10.2.2 a partir de curvas de nivel generadas en investigaciones anteriores como se muestra a continuación en la imagen.

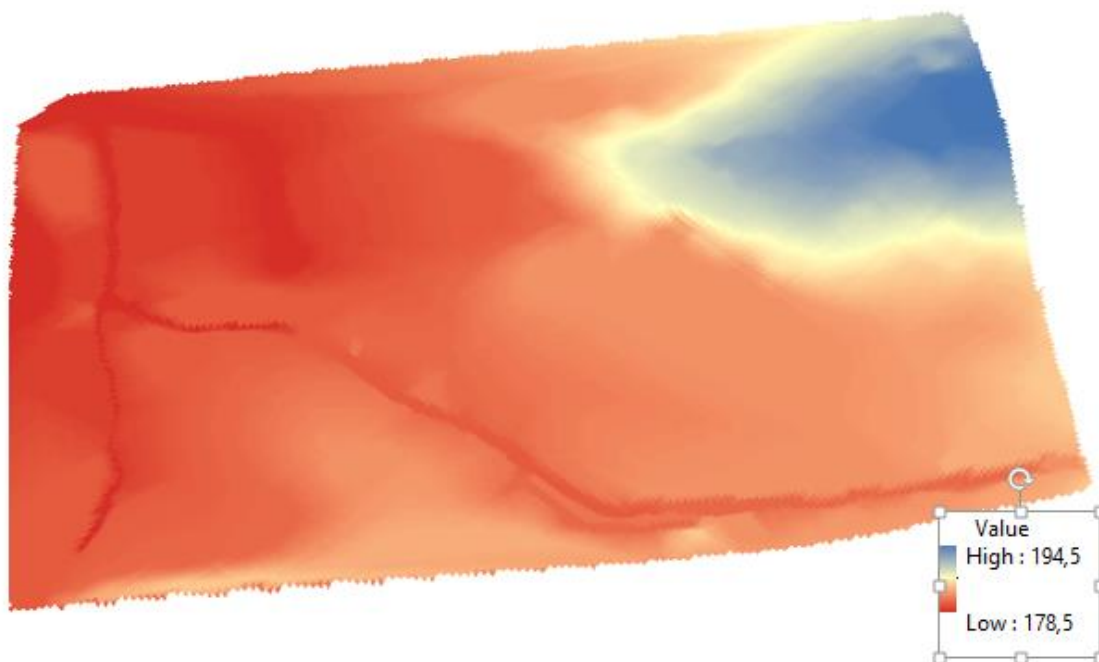
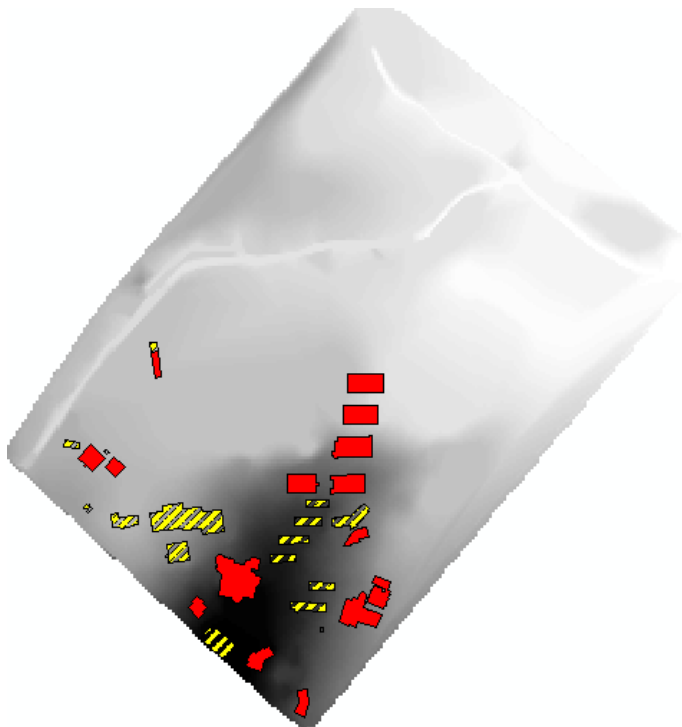


Imagen 3: modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta roja.
Fuente: ArcMap 10.3.2

Para efectos de este estudio se analizaron 31 estructuras en el campus puerta roja de los cuales 15 cuentan con un sistema resistente en hormigón armado (rojas) y 16 en mampostería No estructural (rayadas) como se ve evidenciado en la siguiente imagen



*Imagen 4: Estructuras En La Universidad De Sucre Sede Puerta Roja. Discriminadas Por Su Sistema Resistente
fuente: ArcMap 10.3.2*

De forma general se evaluaron aspectos diferentes para cada estructura dependiendo del sistema resistente de la misma, como lo demanda el método del índice de vulnerabilidad; a continuación, se presentan imágenes de estructuras de la sede puerta roja resaltando características que fueron tenidas en cuenta en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de cada obra. Referente al estado de conservación lo más encontrado abundante humedad en la base de los muros de diferentes edificaciones.



Imagen 6: Grietas En La Esquina De La Estructura
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor



Imagen 5: Humedad En La Base Del Muro.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor

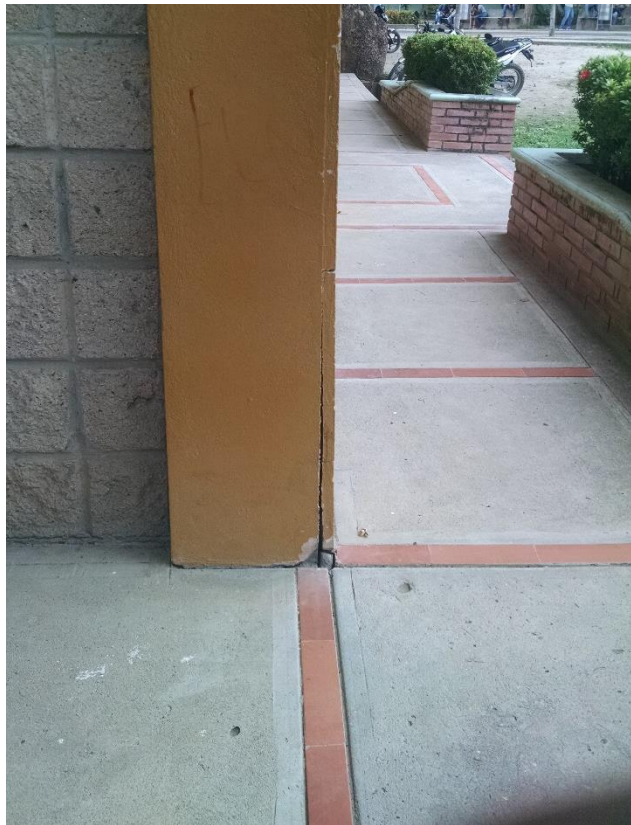


Imagen 7: Desprendimiento Del Pañete. Laboratorio Bio-ciencias
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor



Imagen 8: Humedad Y Descascaramiento En La Unión Superior De La Columna. Fotocopiadora Carpa Verde
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación



Imagen 9: Tipo De Suelo Alrededor De La Edificación. Cafetería Nueva.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación



*Imagen 10: Humedad En El Centro Y Base Del Muro En Mampostera. Cultivos Vegetales.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 11: Inclinación Del Suelo Alrededor De La Edificación. Centro Cultural.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



Imagen 13: Humedad En El Cielo Raso. Bloque D
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación



Imagen 12: Grieta En 45° En La Esquina De La Ventana.
Fotocopiadora Carpa Verde
fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación

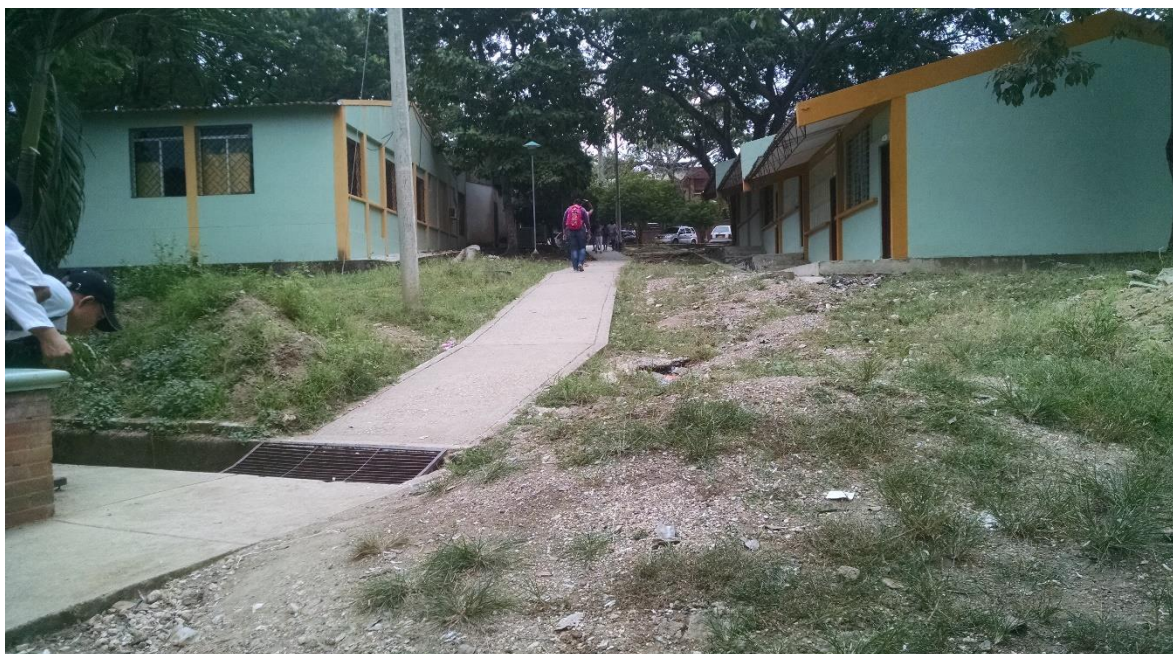


Imagen 14: Inclinación Del Suelo Alrededor De La Edificación. Bloque D. Musanga
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación.



*Imagen 15: Grieta Vertical Al Lado De La Columna
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



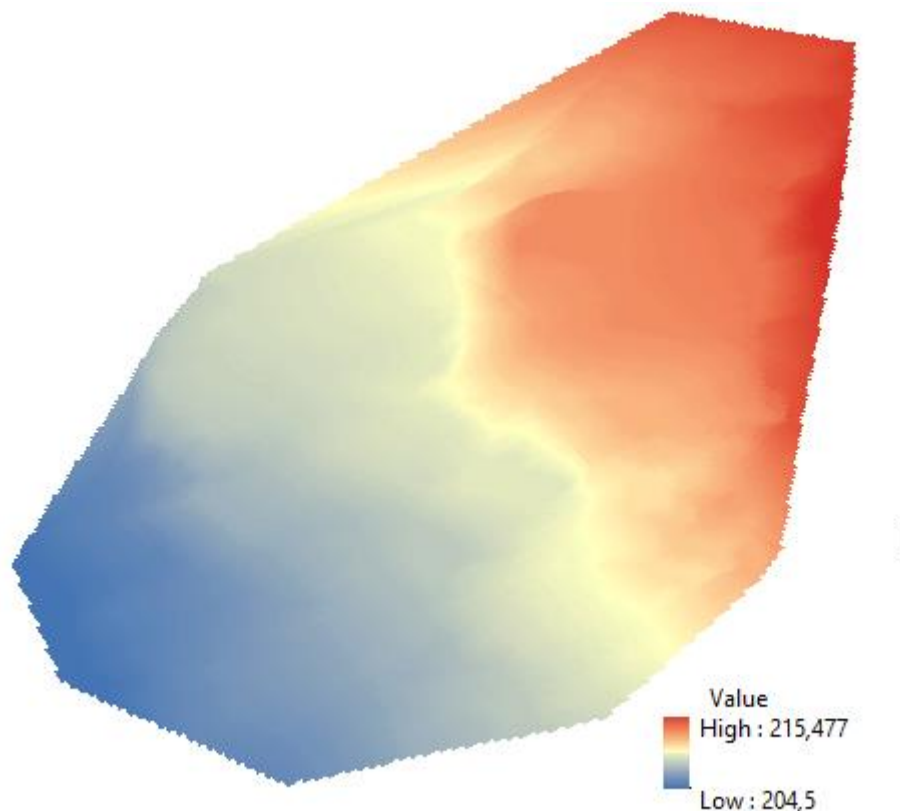
*Imagen 16: grietas y humedad en el muro y columna
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 17: Grietas Inclinas En El Muro. Centro De Laboratorios.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*

8.3 Sede ciencias de la salud

Ciencias de la salud presenta suelos rocosos en la parte más alta de la red topográfica y suelos de estables a blandos en las zonas bajas de la red, en esos cambios de altura existen algunos taludes no estabilizados que aumentan la vulnerabilidad sísmica de las estructuras cercanas, las diversas alturas en las cotas del suelo permiten que se cuente con una topografía quebrada como se muestra a continuación en el modelo de elevación digital (MED) sobre la cual se hicieron análisis que serán expuestos en páginas siguientes del presente documento.



*Imagen 18: modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta blanca.
Fuente: ArcMap 10.3.2*

En la sede puerta blanca la totalidad de las carreras que se prestan son encaminadas a la salud, esto la hace que sea la segunda sede con mayor cantidad de estudiantes que hacen uso de estos predios, en esta sede se analizaron 11 estructuras entre las cuales hay de usos académicos y administrativos, además, sistemas resistentes de hormigón o mampostería No estructural. A continuación, se muestran en planta todas las estructuras que hicieron parte de la presente investigación; además de forma específica variables que se tuvieron en cuenta para el análisis.



*Imagen 20: Armadura Para La Cubierta. Biblioteca.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 19: Grietas En La Base De La Columna. Biblioteca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 21: Inclinação Cerca De La Estructura.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 22: Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 23: Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



Imagen 25: Desprendimiento Entre El Muro Y La Columna. Bloque Administrativo Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación



Imagen 24: Humedad En El Muro. Sala De Profesores. Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación

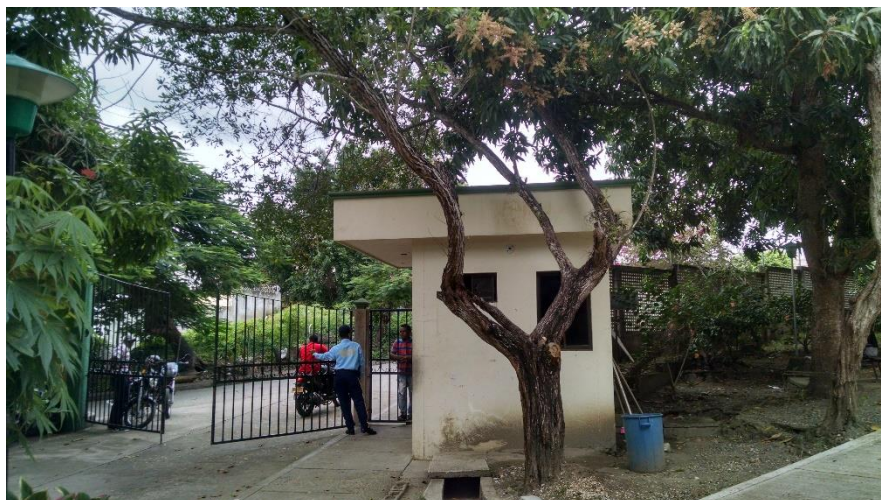


Imagen 26: Vegetación Cerca De Las Estructuras Y Humedad En El Muro. Portería Suelo De La Sede E Inclinación Del Mismo. Sede Puerta Blanca
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación

8.4 SEDE PUERTA VERDE

De las tres sedes de la Universidad De Sucre donde se dictan carreras profesionales esta es la que menos estudiantes acoge puesto que solo hacen uso de esta los estudiantes de zootecnia además de los usos por parte de los estudiantes de ingeniería agroindustrial en algunos de los laboratorios de esta sede. El terreno más irregular de las tres sedes se presenta en esta sede y en su mayor parte son suelos blandos, además los estados de conservación más críticos en las estructuras también las encontramos en esta sede, especialmente en estructuras de uso animal, es decir las gallinas, conejos, codornices y otros animales fundamentales para la formación profesional de los estudiantes del programa de zootecnia; fueron 16 las edificaciones que hicieron parte de la investigación en esta sede como se muestra a continuación

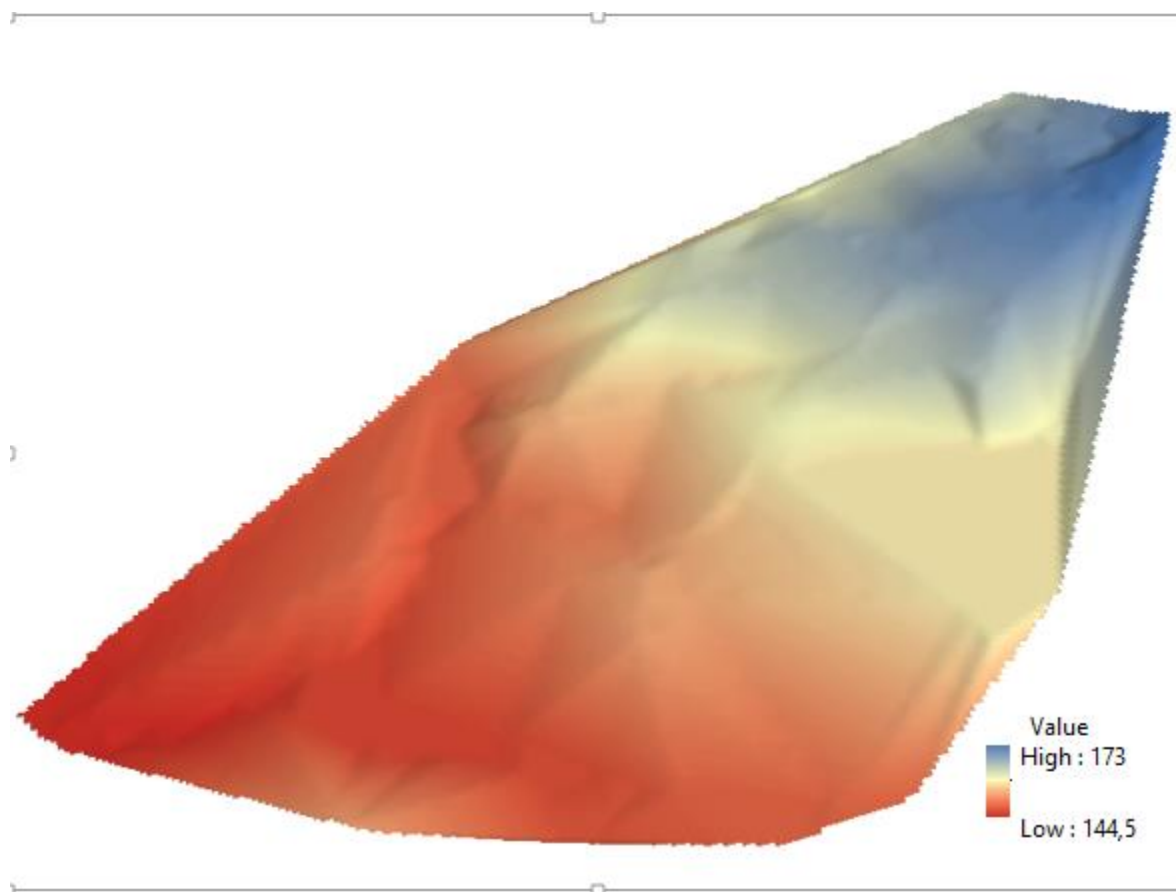
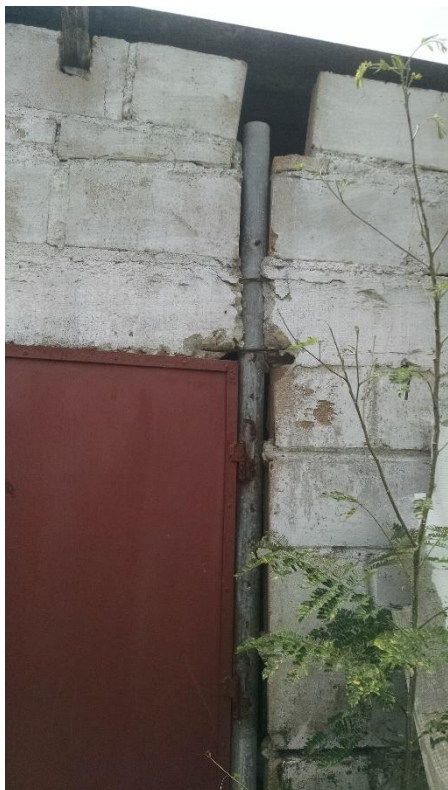


Imagen 27 modelo de elevación digital (MED) de la Universidad De Sucre sede puerta blanca.
Fuente: ArcMap 10.3.2



*Imagen 29. Interrupción del sistema resistente.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 28: estado de conservación de la estructura.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 30: inclinación del suelo en la estructura.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 31: Mal Estado De Conservación De La Estructura.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



*Imagen 32: Muros De Gran Altura Sin Confinamiento
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación*



Imagen 33: Inclinación Del Suelo Cercano A La Estructura
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación



Imagen 34: Cubierta Antigua Estado De La Estructura.
Fuente: Fotografía Tomada Por El Autor De La Investigación

9. ESTRUCTURACION Y CONFIGURACION ESTRUCTURAL DE LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE

9.1 GENERALIDADES

En el comportamiento sísmico de las estructuras influye de manera directa la configuración estructural de las mismas, es frecuente que se construyan obras sin tener en cuenta la importancia de su forma en planta y elevación, por lo cual, es necesario que en el proceso de diseño exista una buena comunicación entre el arquitecto e ingeniero a cargo de tomar las decisiones sobre la configuración de la estructura. A continuación, se desea aclarar en términos sencillos la manera como la estructuración y configuración influye en la resistencia sísmica de los edificios. Este capítulo es un resumen del capítulo 3 en la investigación del ingeniero Álvaro caballero, quien, a su vez, se basó en las memorias de clase dadas por el ingeniero Álvaro Jaramillo, en el curso de estructuración sísmica, en la maestría en ingeniería civil con énfasis en estructuras de la universidad del norte, en el II periodo académico del año 2007. Las fotografías mostradas en este capítulo han sido tomadas por el investigador del presente estudio (2017).

9.2 LA CONFIGURACION

A continuación, se muestran formas de estructuras irregulares que pueden presentar problemas por su naturaleza frente a un movimiento telúrico (figura 1). La clasificación se basa en las combinaciones de geometría pura, importancia sísmica y uso del edificio. La base para el sistema de clasificación proviene de los conceptos de concavidad y convexidad (figura 2), la cual hace rápidamente una distribución útil entre edificios de configuración sencilla y compleja, implicando esquinas o curvas entrantes tanto en planta como en elevación



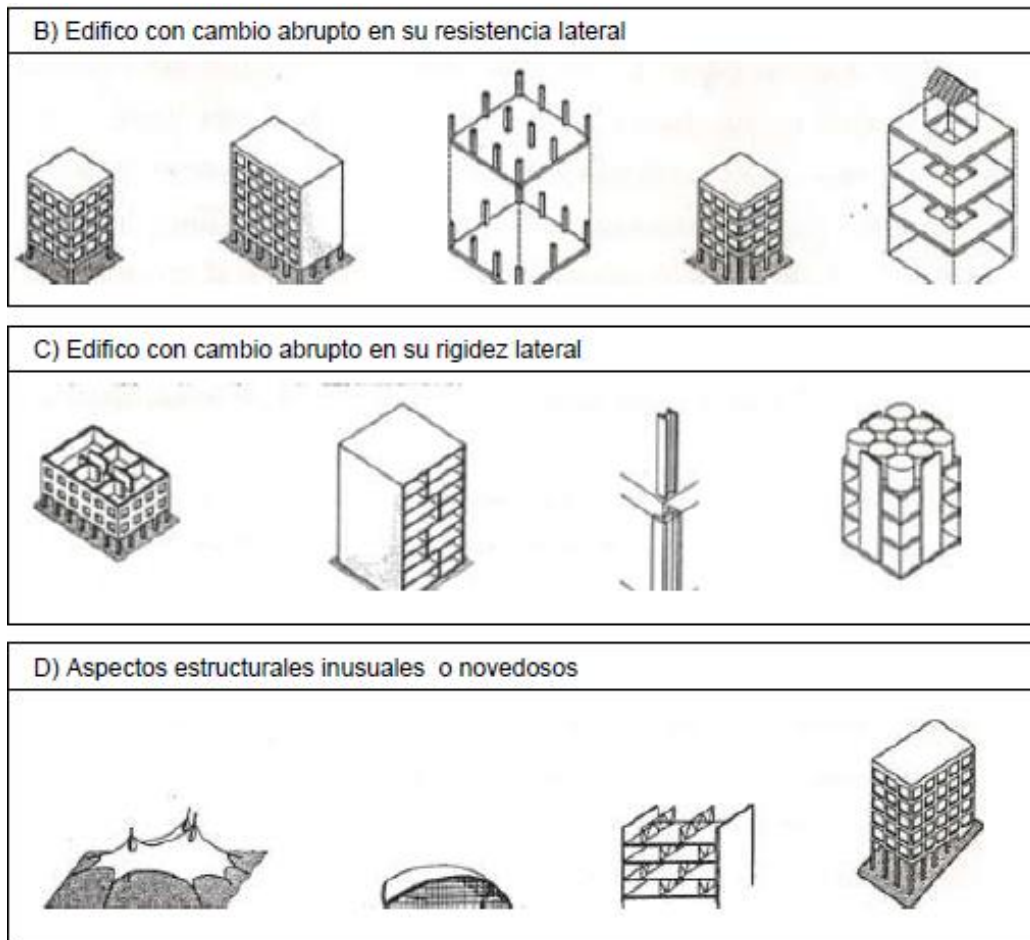


Imagen 35: Estructuras Irregulares. O Sistemas De Marcos

- **Convexo (sencillo):**
Es un parámetro con el cual se indica que una configuración en planta o elevación es sencilla, es decir que es posible conectar dos puntos cualesquiera dentro de la figura sin que la recta cruce los límites de la figura.
- **Cóncavo (complejo):**
de forma similar a lo anterior es un parámetro que indica que indica que la elevación o configuración en planta es compleja, por lo tanto, una

configuración es compleja cuando dos puntos dentro de la figura se pueden conectar mediante una línea y esta cruza los límites de la figura.

Para ilustrar los parámetros anteriores de mejor forma se muestra a continuación en forma grafica

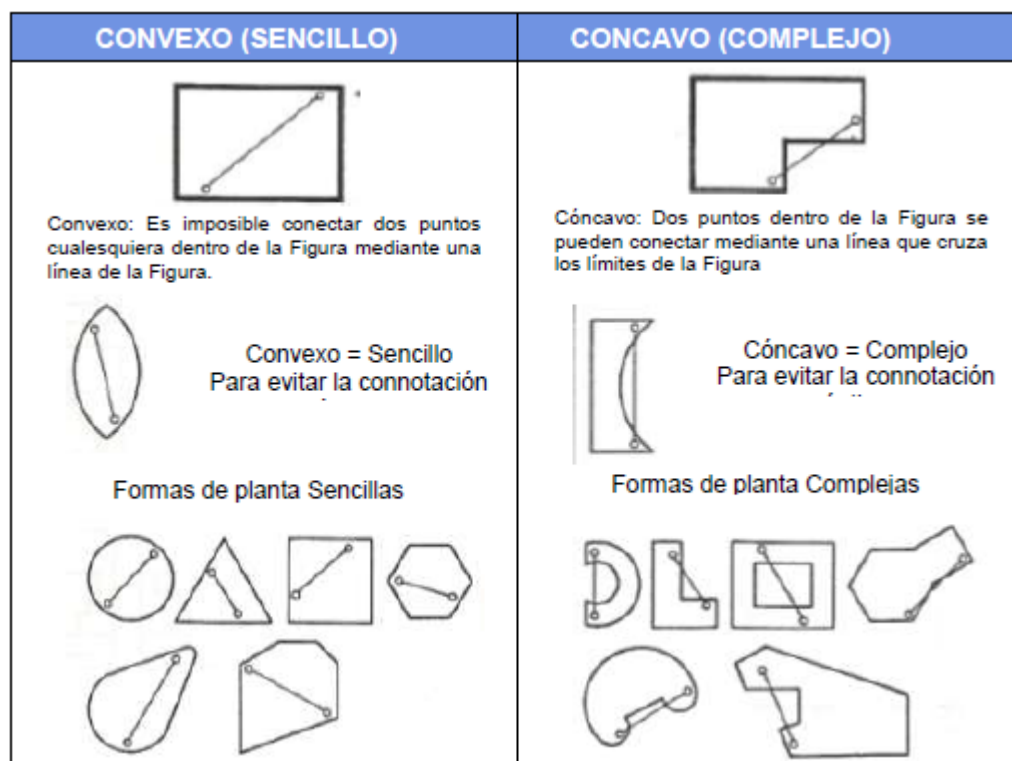


Imagen 36: Ilustración Se Convexo Y Cóncavo

Dado lo anterior a continuación se exponen ejemplos de formas definidas separadamente como cóncavas o convexas en planta y elevación.

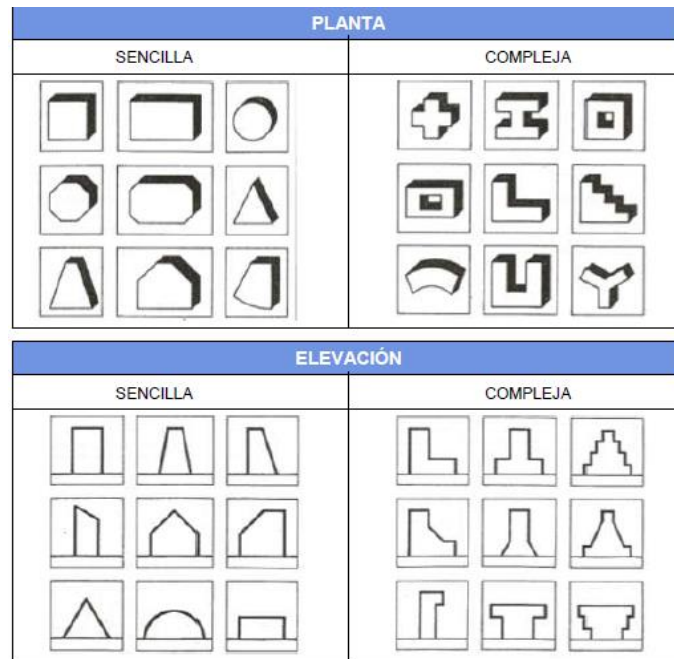


Imagen 37: Estructuras Complejas Y Sencillas En Elevación Y Planta

A continuación se definirá de forma visual las cuatro configuraciones básicas que podemos encontrar en edificaciones

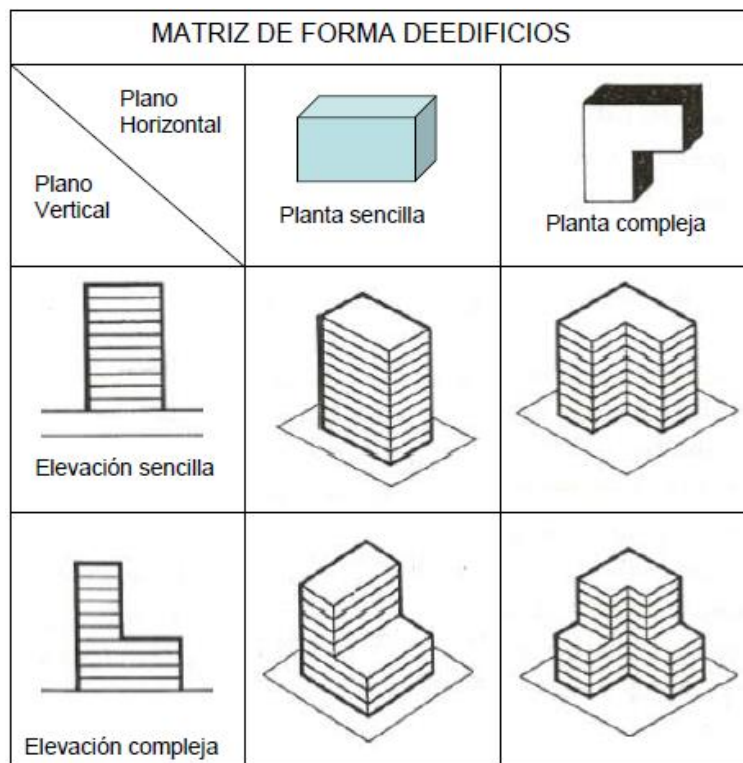


Imagen 38: Matriz De Forma De Edificios

En las siguientes imágenes se mostrarán ejemplos edificaciones de clasifican entre las cuatro configuraciones que podemos encontrar (ver figura 5). Todas tomadas de la Universidad De Sucre en cualquiera de sus tres sedes.



Imagen 40: Edificación Siencilla En Planta Y Sencilla En Elevación. Bloque 4



Imagen 39: Edificación Sencilla En Planta Y Sencilla En Elevación. Cafetería Nueva



Imagen 41. Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Fotoquímica



Imagen 42: Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Planta De Operaciones Unitarias

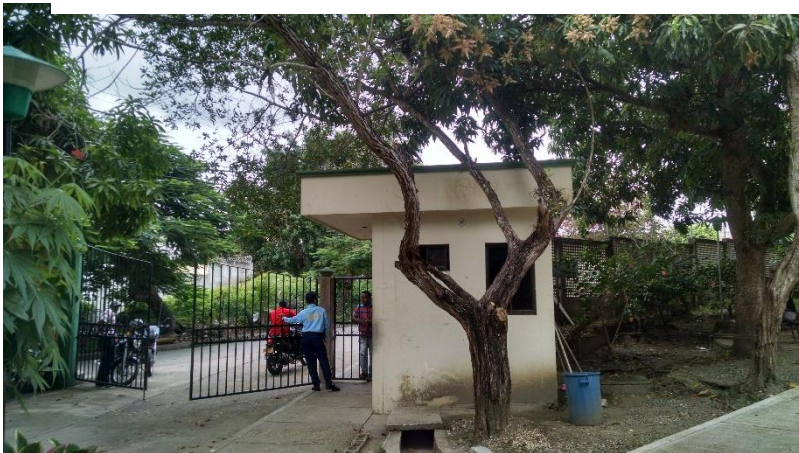


Imagen 43: Edificación Sencilla En Planta Y Compleja En Elevación. Portería Puerta Blanca



Imagen 44: Edificación Compleja En Planta Y Sencilla En Elevación. . Bloque L. puerta blanca



Imagen 45: Edificación Sencilla En Elevación, Compleja En Planta. Bloque M Puerta Blanca

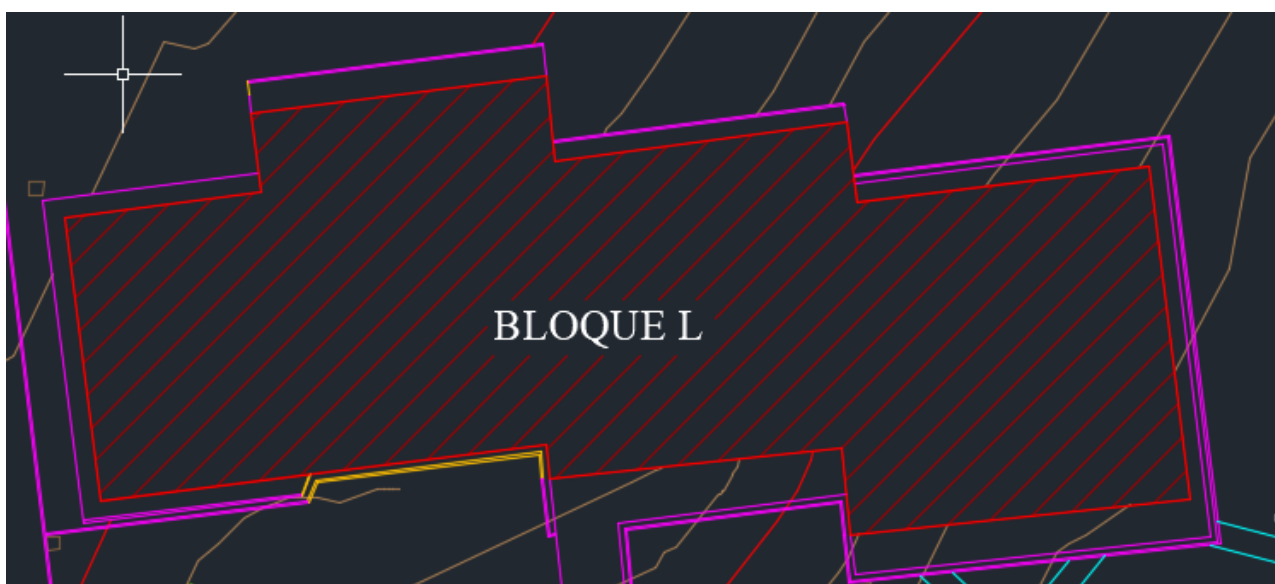


Imagen 46: Edificación Compleja En Planta. Bloque L. Perta Roja

9.3 Altura



Imagen 47: Edificación Compleja En Planta Y Compleja En Elevación. Bloque L Puerta Roja

El aumento del periodo es proporcional al aumento de la altura del edificio, generando un cambio en la aceleración sísmica que se aplica sobre la construcción.

Los sismos en el pasado han concentrado una energía en los edificios con 0.50 segundos de período, principalmente, si la altura es tal que hace crecer demasiado el período, se obtiene una fuerza sísmica equivalente a la Porción decreciente del espectro sísmico de diseño. El período no es solamente una función de la altura, sino también de la relación altura / ancho, altura de piso, Tipos de materiales del edificio, sistemas estructurales y distribución de la masa". (CABALLERO, 2007, pág. 74)

En la Universidad De Sucre no contamos actualmente con edificaciones de más de tres pisos en uso, puesto que, las que superaran esta altura aún se encuentran en construcción.



Imagen 48: edificación alta. Bloque 5. Puerta roja

9.4 Esquinas

Se debe prestar especial atención a las esquinas de los pórticos, tomando en consideración los movimientos simultáneos en dirección tanto horizontal como vertical, las columnas de esquinas de un edificio donde la deflexión de un muro en un plano debe interactuar con la deflexión incompatible de un muro en un plano perpendicular. Esto se puede acentuar por la ausencia de un muro sólido en la esquina. (CABALLERO, 2007, pág. 82)

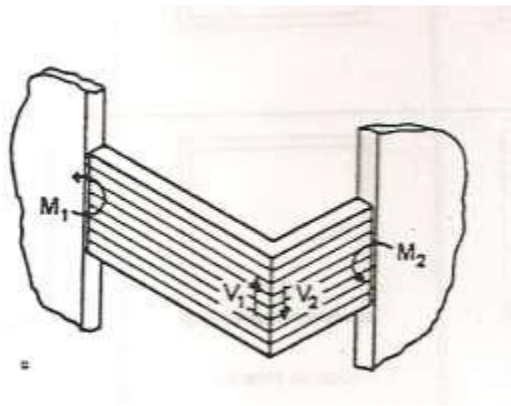


Imagen 49: Ilustración Del Efecto Esquina En La Edificación

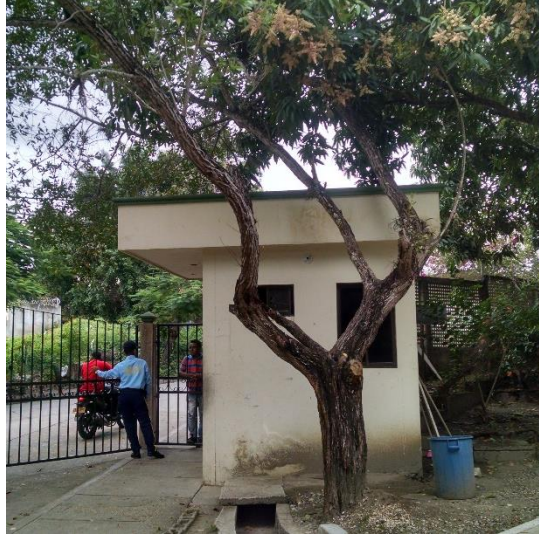


Imagen 50: edificación con esquina en voladizo. Portería. Puerta blanca

9.5 Configuraciones Con Esquinas Interiores

Las esquinas interiores o entrantes Son una característica común de la configuración general del edificio que toma formas en L, T, U, H ó + en planta, o bien una combinación de estas formas. Tales formas se clasifican como complejas, de acuerdo con la definición dada antes. Véase la imagen 6. Estos tipos de formas permiten distribuir grandes áreas de plantas de una manera más o menos compacta, pero proporcionando un alto porcentaje de habitaciones en el perímetro, con acceso de aire y luz.

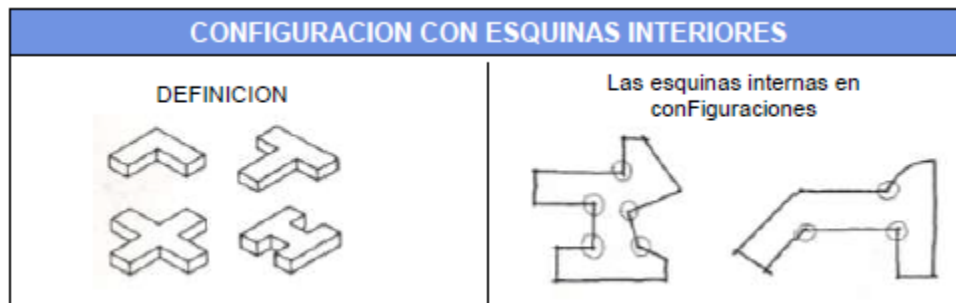


Imagen 51: Ilustración De Edificación Con Esquinas Interiores

Inconvenientes de este tipo de configuración: a pesar de su sencillez y del hecho de que son tan comunes, usuales y familiares en la construcción de edificios, la

problemática que genera su comportamiento sísmico es sorprendente. (CABALLERO, 2007, pág. 90)

Estas formas plantean dos problemas. El primero es que tienden a producir variaciones de rigidez y por lo tanto movimientos diferenciales entre las diversas partes del edificio, provocando concentraciones locales de esfuerzos en las esquinas entrantes del edificio, imagen 7. En este caso para un edificio en forma de L, con un sismo predominante en la dirección norte – sur tenderá geométricamente a ser más rígida que el ala este-oeste, si los dos segmentos del edificio se construyen de forma separada, entonces éstos se moverían de forma independiente cada uno, pero al estar unidos, el nudo trata de moverse en forma diferente en cada dirección, tirándose y empujándose una parte contra la otra.



Imagen 52: Edificación Con Esquinas Interiores. Bloque L. Puerta Roja

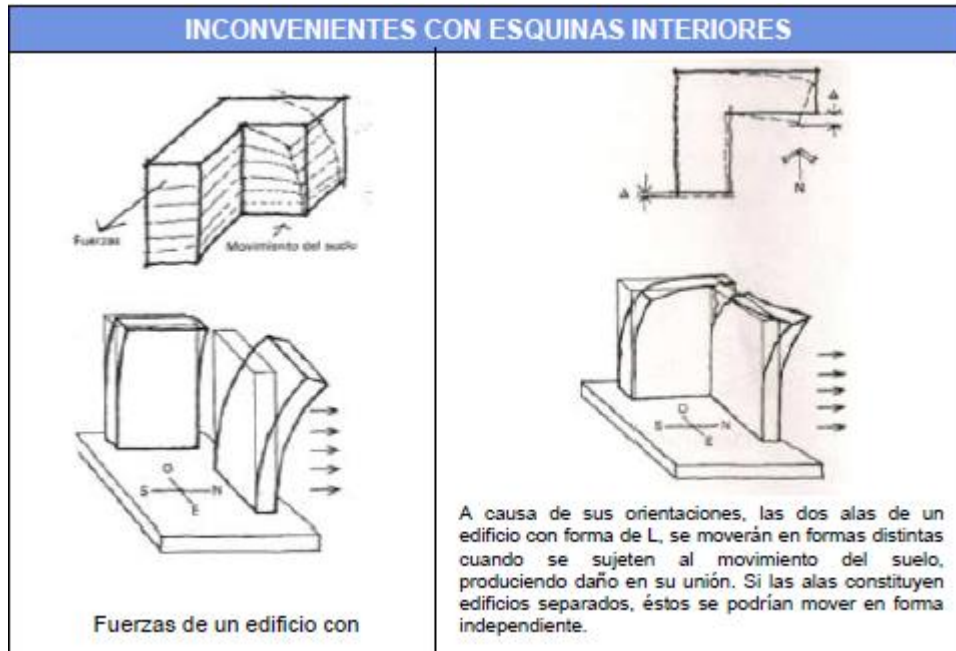


Imagen 53: Ilustración Del Efecto En Edificaciones Con Esquinas Interiores

El segundo problema que genera estas formas es la torsión, ya que los centros de masas y de rigidez no coinciden geoméricamente, lo que provoca una rotación y distorsión de la planta.

La concentración de esfuerzos y los efectos de torsión están interrelacionados y dependen de las siguientes variables:

- La masa del edificio
- Los sistemas estructurales
- La longitud de las dos alas y sus relaciones de aspecto L / D .
- La altura de las alas y sus relaciones altura / anchura.

Adicionalmente a lo anterior, es común que las alas de los edificios con esquinas interiores tengan diferentes alturas, de tal forma que la discontinuidad horizontal de la esquina entrante en planta se combina con la discontinuidad vertical de un escalonamiento en elevaciones produzcan problemas graves.

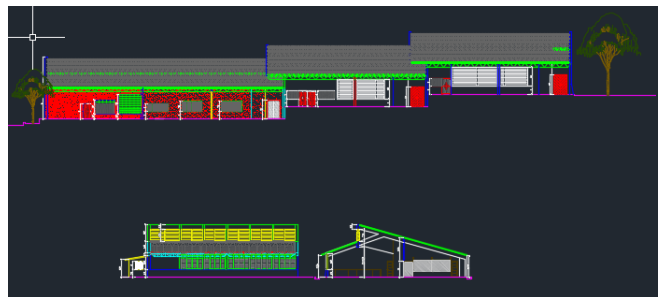


Imagen 54: edificación con esquinas interiores y en escalera. Bloque L. puerta roja

Soluciones al problema de la configuración con esquinas: existen dos enfoques básicos: uno, dividir estructuralmente el edificio en formas más sencillas. O bien, unir con mayor rigidez entre sí los edificios, (imagen8). Una vez tomada la decisión de hacer junta sísmica, estas se tienen que diseñar y construir adecuadamente para lograr el propósito que se desea.



Imagen 55: Ilustración De La Solución A Edificaciones Con Esquinas Interiores

Los bloques por separados deben resistir por sí solos las fuerzas verticales y laterales que le llegan, seleccionando adecuadamente la separación entre juntas, las juntas se pueden diseñar de varias maneras, pero deben lograr una separación estructural completa de los pisos y muros, los componentes no estructurales, tales como divisiones, plafones, tubos y ductos también se deben detallar para permitir este movimiento la construcción con juntas de separación sísmica es similar a las de expansión térmica, pero pueden ser mayores, algunas estructuras se han dañado a causa de los choques en las juntas, concebidas para funcionar únicamente como juntas térmicas, la Figura 34, muestra las ubicaciones de juntas sísmicas en una planta compleja, mientras que la Figura muestra el adecuado funcionamiento de una junta. Si no se decide omitir las juntas sísmicas y unir entre sí los cuerpos del edificio. En este caso se requieren muros colectores o de transferencia, los cuales transfieren las fuerzas a través de un lado a otro sin interrupción (CABALLERO, 2007, pág. 93)

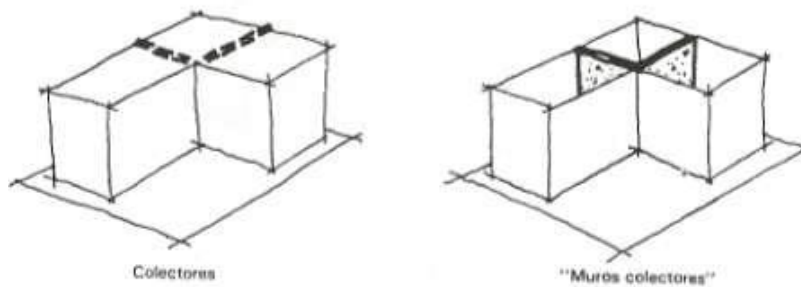


Imagen 56: Ilustración De La Solución A Edificaciones Con Esquinas Interiores

9.6 Configuraciones Escalonadas Verticalmente

Las configuraciones escalonadas constituyen una irregularidad común en la geometría del edificio y consisten en una o más reducciones abruptas en el tamaño del piso en la altura del edificio y se clasifican como elevaciones complejas. Pero los escalonamientos también se pueden aplicar a plantas complejas. La Figura 35 muestra algunas configuraciones escalonadas verticalmente, cuyo requerimiento lo constituye el aspecto de dar luz y aire a los sitios adyacentes escalonados inferiores, o bien el hecho de que se requieren áreas más pequeñas en los niveles más altos, o bien los requisitos de estilo relacionados con la forma del edificio.

Problemas Frecuentes. Las formas escalonadas poseen un cambio abrupto de resistencia y rigidez con la altura, y su gravedad depende de las proporciones relativas y del tamaño absoluto de las distintas partes del edificio. Si la torre o la base son asimétricas, entonces se introducirán fuerzas de torsión en la estructura, haciendo más complejo su análisis y su comportamiento. (CABALLERO, 2007, pág. 93)

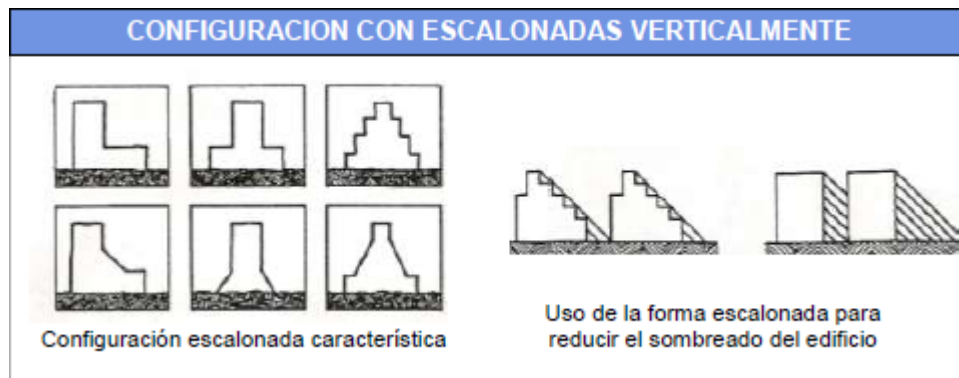


Imagen 57: Ilustración De Edificación Escalonada



Imagen 58: Edificación Escalonada. Planta De Operaciones Unitarias

10. METODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

10.1 Generalidades

En la actualidad la cantidad de edificaciones construidas con materiales frágiles o poco dúctiles como la mampostería no estructural, es superior a las edificaciones de hormigón armado o acero, en especial en los países en vía de desarrollo como lo es Colombia, en muchos casos estas edificaciones se encuentran en un riesgo latente, es decir que un movimiento sísmico generaría daños (estructurales o no) en mayor o menor medida, esto dependiendo de la calidad de la estructura del edificio, este comportamiento no solo es probable en zonas de alta actividad sísmica, sino en cualquier zona, la ocurrencia de un sismo puede producir daños materiales considerables, sobre todo en edificaciones cuyo diseño se haya hecho sin la existencia de normas sismo resistentes o un caso más crítico serian edificaciones antiguas cuyas construcción no conto con mano de obra de buena calidad o un diseño estructural realizado por un ingeniero.

Las líneas de investigaciones actuales sobre riesgo sísmico se han enfocado al estudio del comportamiento sísmico de los edificios, gracias al importante desarrollo alcanzado en los métodos de análisis estructural y a las técnicas experimentales que permiten conocer las características mecánicas de los edificios construidos, además del mejoramiento de las normas de diseño sismo resistente para la construcción de nuevos edificios. Sin embargo, a pesar de estos avances siguen ocurriendo grandes catástrofes ocasionadas por los terremotos, debido al colapso de los edificios. Las razones pueden ser que los métodos de análisis o las normas sismo resistentes no han sido lo suficientemente eficaces para reducir el daño en los edificios, o quizás, que los programas de mitigación de riesgo sísmico no se han aplicado correctamente en el caso que existan. Probablemente esta última es la más factible, es decir, por faltas de programas de planeación, las consecuencias tanto de pérdidas humanas como de daños en los edificios han sido devastadores.

Los programas de planeación o mitigación sísmica, permiten tomar las medidas adecuadas en las zonas donde se ha determinado que la Vulnerabilidad o el riesgo sísmico sean alto o moderado. Para esto se necesita que la metodología elegida para evaluar la calidad estructural o vulnerabilidad sísmica de los edificios se adecue a los objetivos planteados en el estudio. Es decir, aplicar metodologías detalladas implicaría costos muy elevados que en muchos casos no son viables e inclusive inadecuados, si es una zona de baja peligrosidad, sin embargo, aplicar metodologías simplificadas podría eliminar aspectos importantes para poder conocer el comportamiento general de un área. Por tal motivo, se eligió una metodología que no se encuentre en ninguno de los dos casos extremos, tratando de aprovechar las ventajas de cada uno de ellos, para realizar estudios a nivel urbano adecuados. (CABALLERO, 2007, págs. 120-121)

10.2 Método el índice de vulnerabilidad

El método el índice de vulnerabilidad comenzó a desarrollarse en Italia partir de 1976, a partir de los estudios post-terremotos que ocurrieron en el país, el método de forma general consiste en clasificar las edificaciones mediante el análisis de sus características físicas, apoyándose en cálculos estructurales simplificados, identificando los parámetros más relevantes que influyen en los daños a causa de un sismo, la clasificación se realiza mediante la obtención de un parámetro llamado *índice de vulnerabilidad*. El método utiliza bancos de datos de daños observados en edificios después de un sismo, por lo cual, el método se relaciona directamente con el daño de la estructura mediante funciones de vulnerabilidad, las cuales permiten evaluar de forma rápida y sencilla la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, lo cual resulta útil para el desarrollo de estudios a edificaciones o sectores urbanos. (BARBAT & YEPEZ, 1995)

El método ha sido desarrollado para edificaciones de mampostería y hormigón armado; sin embargo, la mayor parte de esfuerzos en estos estudios ha sido dirigida a estructuras en mampostería, debido al alto porcentaje de edificaciones de este tipo en Italia (donde nació el método) y en América Latina (para nuestro caso). El método evita tener que describir detalladamente la tipología específica de cada estructura y tener que utilizar las descripciones que respondan exclusivamente a cada tipología de daño en la estructura, como si lo hacen otros métodos de la vulnerabilidad sísmica. Esta es una de las principales ventajas que hace que el método italiano sea más eficiente. (BARBAT & YEPEZ, 1995)

En este trabajo se decidió aplicar la metodología del Índice de Vulnerabilidad. A partir de la información obtenida de otras investigaciones se han elaborado una gran base de datos con el índice de Vulnerabilidad de cada estructura y el daño sufrido por terremotos de determinadas intensidades. Algunas de las razones que se tomaron en cuenta para elegir esta metodología, (MENA, 2002), son:

- Está fundamentada en datos reales.
- Se puede aplicar en estudios a nivel urbano.

Se tiene la experiencia de haberse aplicado en diferentes ciudades de Italia y en el resto del mundo, incluido Colombia, con buenos resultados.

10.3 Método del índice de Vulnerabilidad para estructuras de Mampostería No Reforzada

Como se había dicho en el ítem anterior, la mayor parte de estudios se han realizado a este tipo de estructuras. Por esto, los resultados obtenidos en estas estructuras es de mayor confianza que los obtenidos en hormigón armado, ya que la base de datos, obtenida en diferentes estudios, son más completos. (CABALLERO, 2007)

El formulario para el levantamiento de este tipo de estructuras en el presente estudio es el mismo que usó el ingeniero Álvaro Caballero (director de la presente investigación) en su estudio *“DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA POR MEDIO DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS*

UBICADAS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE SINCELEJO, UTILIZANDO LATECNOLOGÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.” El cual se muestra en el anexo del documento.

El primer punto que se encuentra en este formulario es el tipo y organización del sistema resistente, el cual se evalúa el grado de organización de los elementos de la estructura resistente vertical, sin tomar en cuenta el material utilizado. Es más bien como tener en cuenta si se tuvo referencia a alguna norma sismo resistente, y el estado de las conexiones realizadas entre vigas de amarre o vigas corona, con los muros en todos los niveles de la estructura. El segundo punto trata sobre la calidad del sistema resistente en el que se evalúa el tipo de mampostería utilizada, diferenciándola cualitativamente por su resistencia. Aquí se tienen en cuenta es la tipología estructural resumida en dos factores: El tipo de material utilizado y la forma del elemento de mampostería, y la homogeneidad de dicho material y de los elementos a lo largo del panel de la estructura. El tercer punto hace referencia a la Resistencia convencional en la que se evalúa la fiabilidad de la resistencia que puede presentar el edificio frente a cargas horizontales. Aquí se realizan unos cálculos sencillos, en la que se tienen en cuenta la resistencia de los muros en las direcciones principales. (CABALLERO, 2007)

El cuarto punto es la posición del edificio y de la cimentación, en la que mediante una inspección visual se evalúa la influencia del terreno y de la cimentación, castigando así a la edificación mientras en más malas condiciones se encuentre el suelo, y la pendiente del terreno sobre la cual está cimentada. La evaluación de este parámetro parece incompleta y difícil, ya que la observación de cotas de cimentación no siempre es posible a simple vista, requiriéndose examinar los planos estructurales de la cimentación (BARBAT & YEPEZ, 1995), pero esto es muchas veces complicado, debido a que la mayoría de las estructuras en estudios son antiguas y no presentan planos de este tipo, o están incompletos. El quinto punto es el de forjado horizontal en el que se evalúa la calidad del sistema resistente de la losa de entrepiso. Aquí se ve calidad de la conexión que existe entre la losa y el sistema de muros, así como la ausencia de planos de desnivel. El sexto y séptimo punto es la configuración en planta y la configuración en elevación, las cuales se estudiaron a fondo en el Capítulo III. El Octavo punto es sobre el espaciamiento máximo entre muros, el cual tiene en cuenta el espaciamiento excesivo posible entre muros ubicados transversalmente a los muros maestros. El noveno punto es sobre el tipo de cubierta en la que factores como la tipología de la cubierta y su peso, determinan la influencia de ella ante el comportamiento sísmico del edificio. El décimo punto es sobre los elementos no estructurales y su importancia ante la presencia de un sismo, que influye en el efecto de un peligro colateral. Y el onceavo y último punto es sobre el estado de conservación actual de la estructura, ya que esta influye directamente en el comportamiento de la estructura ante la presencia de un sismo. (CABALLERO, 2007).

Como se ha podido ver, las calificaciones o “clases” se escogen según las instrucciones del formulario las cuales dejan poca ambigüedad en su definición.

Aunque hay que destacar que para cada parámetro considerado se utilizan cifras, cantidades, porcentajes, descripciones que obedecen necesariamente al buen juicio y a experiencia de los expertos. Adicionalmente se observa que, en la práctica, sigue existiendo una cierta ambigüedad, lo cual pone de manifiesto que el subjetivismo del evaluador es importante. Afortunadamente, dicho subjetivismo, no parece ser tan decisivo como en otros métodos. También puede añadirse el hecho de que no se precise de personal totalmente calificado y entrenado en investigaciones post-terremotos, tal como lo requieren otros métodos, sino, que por el contrario, este requiere únicamente de un personal técnico con un conocimiento básico de conceptos estructurales, que bien podrían corresponder a estudiantes de pregrado, lo que puede beneficiar la eficiencia del método (Yépez 1 et al, 1995). Esto de mucha importancia, ya que es un buen camino para generar trabajos de investigación en las Universidades que tienen dentro de sus carreras al programa de Ingeniería Civil. (CABALLERO, 2007)

Una vez obtenida todas las cuantificaciones (A, B, C o D) de cada una de los once parámetros de la estructuras, se determina el Índice de Vulnerabilidad, por medio de una suma ponderada del valor de cada parámetro multiplicado por un peso de importancia, mediante la siguiente ecuación:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} (k_i * w_i)$$

En la siguiente imagen se muestra la tabla donde indica la escala numérica del índice de Vulnerabilidad, la cual fue desarrollada por Benedetti et al.

#	Parámetro	KiA	KiB	KiC	KiD	Peso Wi
1	Organización del sistema resistente	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia Convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Separación Máxima entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Imagen 59: Escala Numérica Del Índice De Vulnerabilidad De Benedetti Et Al.

Como se puede observar en la Tabla, el Índice de Vulnerabilidad de la estructura puede estar entre 0 y 382.5, en el que a medida que este valor se mayor, más vulnerable es la estructura. Los valores de Ki y Wi que se observan en la Tabla, son puramente subjetivos y se obtuvieron de la experiencia de sus creadores. Con este valor obtenido Iv, para la estructura, se puede determinar el índice global de daño por medio de unas correlaciones que se determinan para cada país o zona de estudio, porque, como se había mencionado, cada país o zona tiene sus procesos constructivos diferentes, los materiales usados son de diferentes calidades, e

incluso la mano de obra y el conocimiento de los ingenieros influyen en este Índice. (CABALLERO, 2007)

10.4 Método del índice de vulnerabilidad para estructuras de hormigón armado.

Como se ha mencionado, el método del índice de vulnerabilidad además de ser aplicado en estructuras de mampostería también se aplica para estructuras de hormigón armado. De igual forma que para las estructuras de mampostería No estructural, existen unos formularios para hallar el índice de vulnerabilidad en hormigón armado. Este formulario se encuentra en el anexo del presente trabajo como: "Formulario para determinar el Índice de Vulnerabilidad de estructuras de Hormigón Armado". También compuesto por once parámetros, que, aunque algunos guardan similitud con los de mampostería NO reforzada, otros se diferencian en gran manera, especialmente los que requieren de cálculos estructurales simplificados. Además, se diferencia en que cada parámetro clasifica a las estructuras entre A, B y C, y no como el caso de las Estructuras en Mampostería que son hasta D, el cual hace que la clasificación de las estructuras en Hormigón armado sea un poco más estrecha. (CABALLERO, 2007)

El primer punto a tratar en este formulario es sobre el tipo de Organización del sistema resistente, el cual analiza las características del esquema resistente estructural del edificio, definiéndolo como aquel que absorbe más del 70% de la acción sísmica. El segundo punto es Calidad del Sistema resistente, en el que se evalúa la calidad del sistema resistente en cuanto a materiales, características de la mano de obra y calidad de la ejecución. El tercer punto es Resistencia convencional, en donde al igual que para las estructuras en mampostería No estructural, requieren de ciertos cálculos en base a una relación entre el cortante actuante de la base y el cortante resistente por la estructura. El cuarto punto es sobre la posición del edificio y de la cimentación, el cual es parecido al de las edificaciones en Mampostería No estructural.

El quinto punto de este formulario es sobre la Losa de piso o Forjados Horizontales, en el que se recomienda para un comportamiento estructural satisfactorio de la estructura, que las losas de piso y de cubierta cumplan con requisitos, como son el de una buena rigidez en el plano y que las conexiones entre losa y elementos resistentes verticales sean adecuadas. Un sexto y séptimo punto a tener en cuenta son los de configuración en planta y en elevación, respectivamente, que fueron vistos detalladamente en el Capítulo III. Un octavo punto es sobre las conexiones entre elementos críticos, en el que se evalúa la importancia de las uniones viga-columna o losa-columna en el comportamiento sísmico de las estructuras de hormigón armado. Aquí se enfatiza en el hecho de que un deficiente comportamiento de las conexiones significará un comportamiento no dúctil de las estructuras, pudiéndose provocar fácilmente el colapso de la misma ante una acción sísmica severa (Yépez et al, 1996). El punto nueve es sobre los elementos estructurales de baja ductilidad en las que se tienen en cuenta los problemas de estructuración, como los vistos en el Capítulo III, que puede presentar la estructura.

El Punto diez y once son el de los elementos No estructurales y estado de conservación de la estructura respectivamente, el cual son similares a los vistos en el formulario para las estructuras de Mampostería No estructural.

Una vez obtenida todas las calificaciones (A, B o C) de cada uno de los once parámetros analizados del edificio, se procede a asignar un valor numérico a cada clase de acuerdo a una escala similar a la utilizada para la estructura de mampostería No Reforzada. La Tabla se indica a continuación:

#	Parámetro	KiA	KiB	KiC
1	Organización del sistema resistente	0	6	10
2	Calidad del sistema resistente	0	6	10
3	Resistencia Convencional	0	11	22
4	Posición del edificio y cimentación	0	2	4
5	Diafragmas horizontales	0	3	6
6	Configuración en planta	0	3	6
7	Configuración en elevación	0	3	6
8	Conexión entre elementos críticos	0	3	6
9	Elementos de baja ductilidad	0	3	6
10	Elementos no estructurales	0	4	10
11	Estado de conservación	0	10	20

Imagen 60: Parámetro Y Su Importancia En El Método Del Iv

Sin embargo, para poder evaluar un único índice es necesario realizar una suma ponderada de estas calificaciones, utilizando pesos que respondan a la importancia del parámetro evaluado. No se han encontrado referencias que propongan dichos pesos, aunque podría pensarse en signar los mismos pesos de la escala de Benedetti y Petrini, presentada en el caso de edificios de Mampostería No Reforzada. Pero en este trabajo de investigación se ha preferido trabajar con una escala que ha sido aplicada en un trabajo reciente en Italia, realizado por el CNR (Istituto di Recerca Sul Rischio Sismico), instituto en el cual participan varios de los expertos propulsores del método del índice de Vulnerabilidad, tales como el profesor Petrini, Angeletti, Bellini, etc. Los valores adaptados a dicha escala responden a la Tabla 7 (YEPES, 1996):

#	Parámetro	KiA	KiB	KiC	Peso Wi
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4.0
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1.0
3	Resistencia Convencional	-1	0	1	1.0
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1.0
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1.0
6	Configuración en planta	0	1	2	1.0
7	Configuración en elevación	0	1	3	2.0
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1.0
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1.0
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1.0
11	Estado de conservación	0	1	2	2.0

Imagen 61: Parámetro Y Su Importancia En El Método Del Iv

Finalmente el índice de Vulnerabilidad puede evaluarse mediante la expresión:

$$I_v = 10 * \left[\frac{\sum_{i=1}^{11} K_i * W_i + 1}{4} \right]$$

La cual ha sido derivada de la adaptación de los valores de la Tabla aaa y que ha sido normalizada en este trabajo para valores entre 0 y 100. Como puede observarse, el índice de Vulnerabilidad crece conforme el edificio de presenta sísmicamente más vulnerable. Los valores de Ki y Wi son, al igual que en el caso de edificios de Mampostería No reforzada, subjetivos, y han sido propuestos gracias a las experiencias de los autores del método. Así mismo, en esta investigación se evalúa dicho índice para la dirección ortogonal más desfavorable que presenta el edificio (YEPES, 1996)

11. Aplicación del método del índice de vulnerabilidad en las edificaciones de las sedes de la Universidad De Sucre

La Universidad De Sucre es la institución pública de educación superior más importante en el departamento de sucre. Dicha institución remonta sus inicios al año 1977 donde se empezaron los trámites legales para la creación de dicha institución obedeciendo así a las necesidades de la región sucreña. El proyecto para la creación organización y reglamentación de la institución fue presentada ante la Honorable Asamblea de Sucre por el señor gobernador de ese entonces Don Rafael Vivero Percy. El 5 de agosto de 1978, con la presencia del director del ICFES, y los Rectores de las Universidades de la Costa se inauguró la Universidad De Sucre y con ella la iniciación de labores académicas.

Los programas que fueron pioneros son los de licenciatura en matemáticas, tecnología en enfermería, ingeniería agrícola y tecnología en producción agropecuaria. Cuando el 3 de abril de 1995 el Consejo De Educación Superior mediante la resolución N° 1064 del Ministerio De Educación Nacional la reconoció como universidad.

La Universidad De Sucre tiene personería jurídica, autonomía académica y administrativa conforme a la Ley 30 de 1992, es de naturaleza pública vinculada al Ministerio de Educación Nacional en lo que tiene que ver con políticas y planeación del sector educativo, con el sistema nacional de Ciencia y tecnología y con el sistema de acreditación. (unisucré, 2017)

En esta sección se presenta una metodología para evaluar la vulnerabilidad sísmica de un sector determinado en la Universidad De Sucre (sus tres sedes principales), el cual se encuentra en una zona de amenaza sísmica intermedia. Se podrá calcular aproximadamente las pérdidas probables (estructurales y no estructurales) que puede presentar una edificación frente a un sismo específico. La metodología puede ser usada en la evaluación del escenario de pérdidas de pequeñas y medianas poblaciones.

La metodología clasifica inicialmente las edificaciones que se encuentran en la zona de estudio, de acuerdo a su tipología, teniendo en cuenta características tales como el sistema estructural, tipo de cubierta, sistema de entre pisos, sistema de muros divisorios, tipo predominante de fachada y de piso, área construida y área de lote, altura de la edificación, y otros aspectos generales como es el tipo desuelo sobre la que se encuentra cimentada y el año en que se construyó (para ver que norma de diseño y construcción estaba vigente), visitando cada una de las edificaciones y haciendo unas encuestas en las que se tiene todas las características antes mencionadas. Por medio de una extrapolación, teniendo en cuenta las características similares de las edificaciones, se realiza el método del Índice de Vulnerabilidad (método cualitativo), para determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones y posteriormente elaborar los posibles escenarios de daños de la zona, ante varios tipos de sismos. Al final de la investigación, los resultados serán de mucha utilidad para las diferentes entidades del Estado, que están relacionadas con estos aspectos, como es el caso de: los planes de atención y prevención de

desastres para un futuro, y el nuevo plan de ordenamiento territorial, debido a que el resultado final arroja indicadores como en qué lugares es mejor la expansión territorial?; en qué zonas es necesario hacer la revisión de los diseños de los sistemas de servicios públicos; ó en que zonas se pueden reubicar nuevos puestos de salud o la estación de bomberos?. (CABALLERO, 2007)

11.1 BASE DE DATOS

Para crear la base de datos y determinara la vulnerabilidad sísmica de la Universidad De Sucre, se utilizaron dos tipos de encuestas. Una primera encuesta para determinar a la tipología estructural de la zona, como es la edad de las edificaciones, el tipo de material utilizado durante la construcción, los tipos de acabados, el sistema estructural resistente, tipo de cubierta, entre otros. Esta encuesta se tomó como base de una encuesta que desarrollo el Ingeniero Fabricio Yépez, y se realizaron unas pequeñas modificaciones dependiendo de la información que se necesitaba. En el anexo 2 se encuentra esta encuesta con el nombre de caracterización estructural de les edificaciones.

En total se analizaron 63 estructuras en el toda el área de estudio, encontrándose diferentes tipos de estructuras, como lo indican las gráficas más adelante. El área de estudio corresponde a las tres sedes principales de la Universidad De Sucre, sede puerta roja ubicada en la Carrera 28 # 5-267. Barrio puerta roja de Sincelejo, sucre. La sede puerta blanca con dirección en Calle 16B #13B-80. Barrió la Pajuela de la misma ciudad y la sede de ciencias agropecuarias en el Km7 Vía Sincelejo-Sampués. (unisucres.com)

La metodología para crear la base de datos en el Programa ArcMap de sistema de Información geográfica fue la siguiente: Inicialmente, una vez delimitada la zona De estudio, Se buscó en la oficina de planeación de la Universidad De Sucre, los planos arquitectónicos y estructurales de todas las edificaciones que estaban contenidas en su base de datos hasta la fecha de la investigación (septiembre de 2017). En estos planos se podría observar las características de diseño de cada una de las estructuras contenidas en los mismos la cual pudo ser contrastada con la construcción terminada de cada obra. Esta información es complementaria a la obtenida con el proceso descrito en el párrafo N°1 de la presente sección del documento.

Cada una de los puntos de la encuesta se analiza con gráfica y Tablas en Excel, con la información obtenida de ArcMap, donde se ha tabulado la información correspondiente a las estructuras. Esta encuesta se le realizó a la totalidad de las estructuras de la zona. Luego, se realizó una segunda encuesta en la que se determinaba los parámetros para hallar el Índice de Vulnerabilidad.

11.2 ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio, como se ha mencionado antes, está compuesta por 63 edificaciones de diferentes características estructurales y arquitectónicas. Todas las estructuras que hicieron parte del estudio se encuentran en las sedes de la Universidad De Sucre y se encontraron en uso para la fecha en que se realizó el estudio (septiembre de 2017). Los límites de la zona estudiada se pueden observar en las siguientes imágenes obtenidas del programa de sistema de información geográfica (SIG) ArcMap 10.2.2, además, se muestran fotografías satelitales obtenidas del programa Google Earth Pro. La zona fue escogida en la educación, referencia para la ciudad y economía para la ciudad y el departamento, ya que la Universidad De Sucre (en todas sus sedes) es un punto importante de referencia para la ciudad y el departamento, además de la importancia que cobre por ser la institución de educación superior con más prestigio e el departamento. Como se trabajó en capítulos anteriores del presente documento, se discriminará por sedes para mayor claridad en el desarrollo de los resultados.

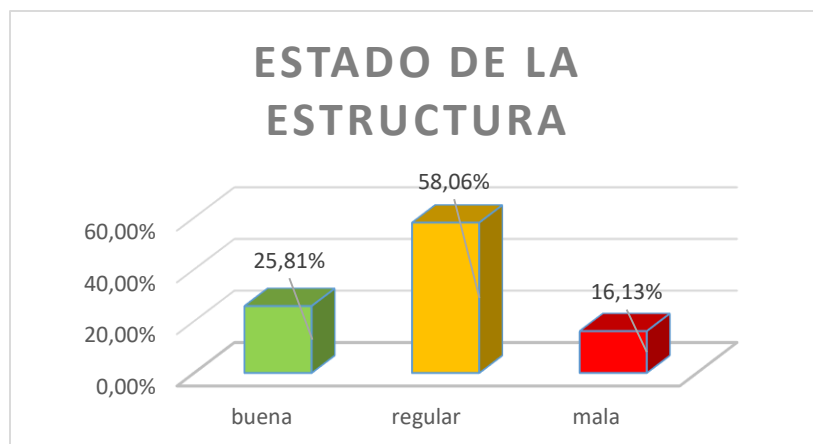
11.3 UNIVERSIDAD DE SUCRE SEDE PUERTA ROJA

11.3.1 Estado de la estructura.

El estado de la estructura, se refiere a las condiciones actuales de la edificación. Este punto es subjetivo, es decir, es criterio del encuestador. De la base de dato de ArMap el resultado es el siguiente:

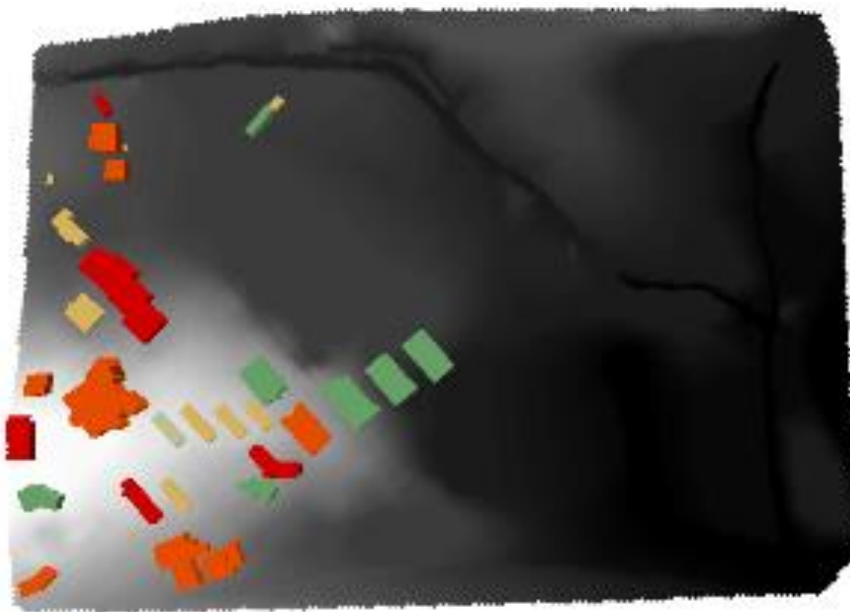
estado de la estructura		Nº
buena	25,81%	8
regular	58,06%	18
mala	16,13%	5
Total		31

*Tabla 1: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*



*Grafico 1: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*

Como se puede observar el 25,81% de las estructuras se consideran que están en buen estado, en comparación con el 16,13% que se consideran en mal estado. Como se había mencionado, este punto de vista es subjetivo para esta primera encuesta. Ya para la segunda encuesta, que es para determinar el Índice de Vulnerabilidad de cada estructura, si se entra en detalle, pero de esto se tratará más adelante. En la Figura 62 se observa el resultado de este punto en el ArScene, en la que las estructuras en rojo representan mal estado, las Verdes buen estado y las naranjas regular estado. En la base se ve un modelo de elevaciones del terreno siendo las partes más claras las que representan las cotas mayores.



*Imagen 62: Estado De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: ArcMap 10.3.2*

11.3.2 Tipo de cubierta.

El tipo de cubierta es un parámetro muy utilizado en los estudios de Vulnerabilidad sísmica en el mundo, ya que esta representa una parte importante en el comportamiento estructural, dándole o quitándole rigidez. También son de mucha importancia, debido a su comportamiento como elementos no estructurales, como el caso de las cubiertas en eternit, ya que de su proceso de colocación, depende de que se caigan o no sobre el piso que están cubriendo, causando daños considerables y hasta pérdidas de vidas humanas.

En la imagen se indican las estadísticas mostradas para este caso, en la que se observan los porcentajes de estabilidad e inestabilidad.

estado de la cubierta		Nº
estable	3,23%	1
inestable	96,77%	30
TOTAL		31

Tabla 2: Estado De La Cubierta. Sede

Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

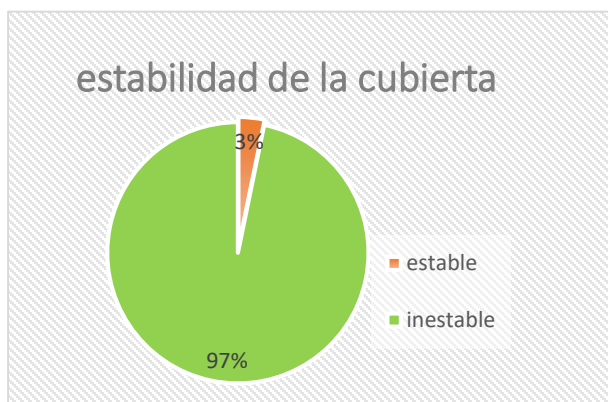


grafico 2: Estado De La Cubierta. Sede

Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

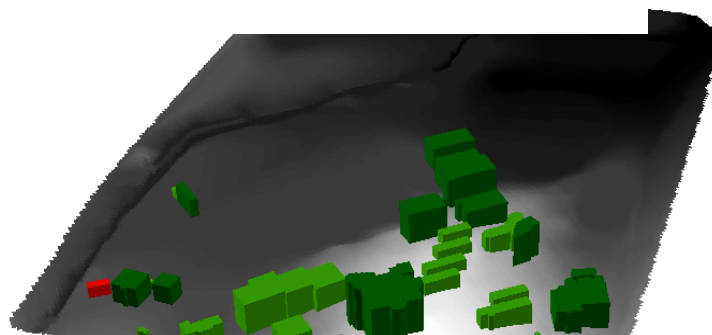


Imagen 63: Estado De La Cubierta. Sede

Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2

En la figura se observa la única edificación que presenta una cubierta inestable corresponde a la estructura de crecimientos de tejidos vegetales. Que cuenta con una cubierta de madera y láminas de eternit

11.3.3 TIPO DE ESTRUCTURA.

El tipo de estructura es uno de los parámetros más importantes para aplicar el método del índice de Vulnerabilidad, ya que, como se había mencionado en el capítulo anterior, este método solo se puede aplicar a estructuras de mampostería No estructural y a estructuras de Hormigón Armado, siendo las encuestas diferentes para cada uno de los dos casos.

Como se puede observar en la Tabla 11 y la Figura 70, los dos tipos de estructuras se encuentran casi en un 50% cada una, siendo las estructuras en hormigón mayor en un 2% en la sede

TIPO DE SISTEMA RESISTENTE		Nº
MAMPOSTERÍA	48,39%	15
HORMIGÓN	51,61%	16
TOTAL		31

Tabla 3: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

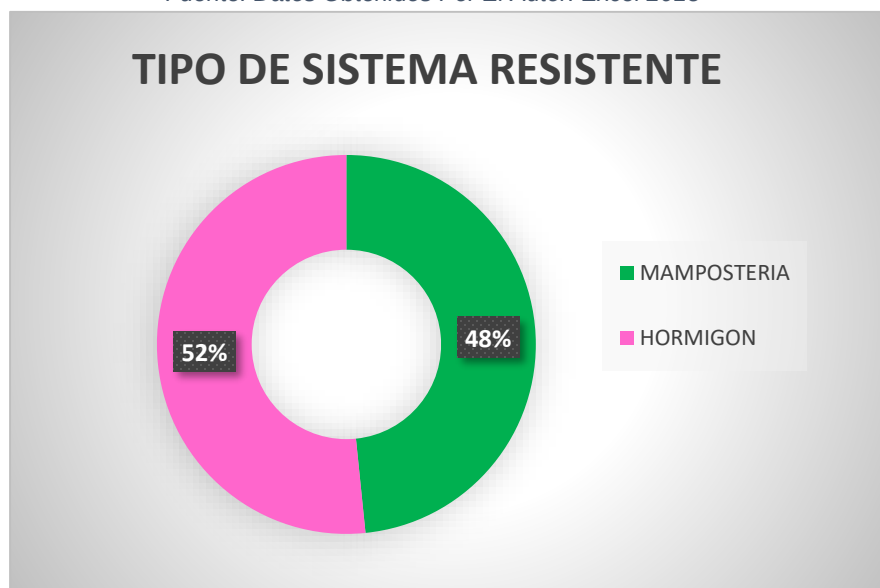


Grafico 3: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

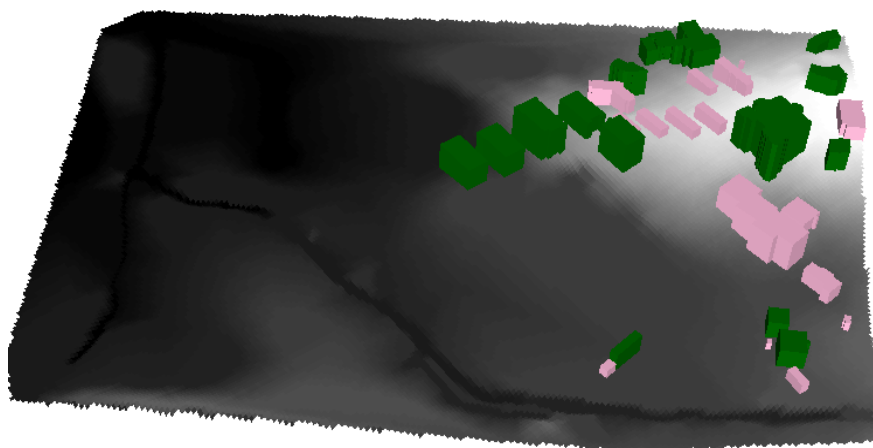


Imagen 64: Tipo De Estructura. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2

11.3.4 Uso de la estructura.

Una de las características que se tuvieron en cuenta en este estudio fue el uso de la estructura. Esto con el fin de conocer las actividades en la que se presentan en las estructuras para conocer las cargas a las que está sometida la estructura.

Como se observa en la tabla y figura el mayor porcentaje es de uso académico, es decir, salones de clases o laboratorios. Seguido por las estructuras para uso de la administración de la universidad seguido de estructuras en mayor número como las de uso mixto (académico y administrativo), cafeterías bodegas y demás.

uso de la estructura		Nº
administrativo	22,58%	7
académico	51,61%	16
cafetería	9,68%	3
cultura	3,23%	1
mixtos	3,23%	1
bodega	6,45%	2
vivero	3,23%	1
	total	31

Tabla 4: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

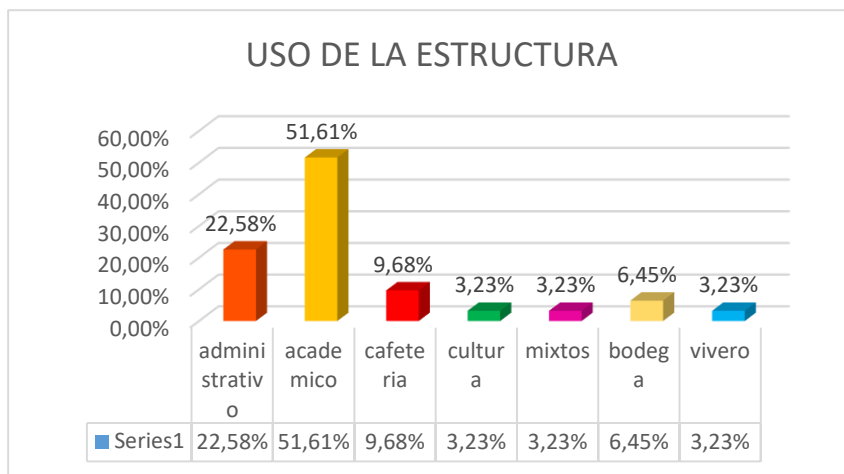


Grafico 4: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

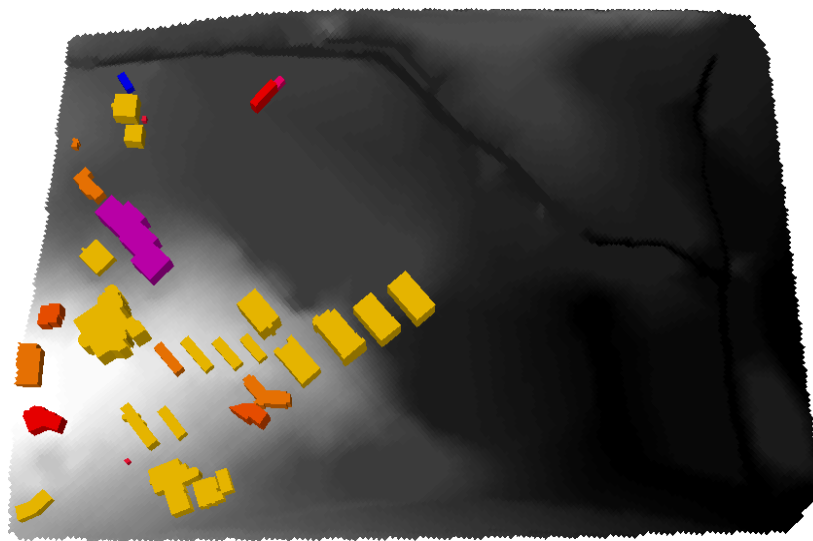


Grafico 5: Uso De La Estructura. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Arcmap 10.3.2

11.3.5 Configuración en planta.

Con los planos obtenidos en la oficina de planeación de la Universidad De Sucre, se puede observar claramente cada uno de los lotes y áreas construidas, así como su configuración en planta, el cual es otro de los parámetros que se tienen en cuenta

en la determinación de la Vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Como se puede ver en la Tabla 15 y la Figura 65, del total de las estructuras la configuración en planta está distribuida de forma tal que la calificación de buena, regular o mala corresponde casi al tercio del total.

CONFIGURACION EN PLANTA		Nº
buena	32,26%	10
regular	35,48%	11
mala	32,26%	10
	total	31

Tabla 5: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

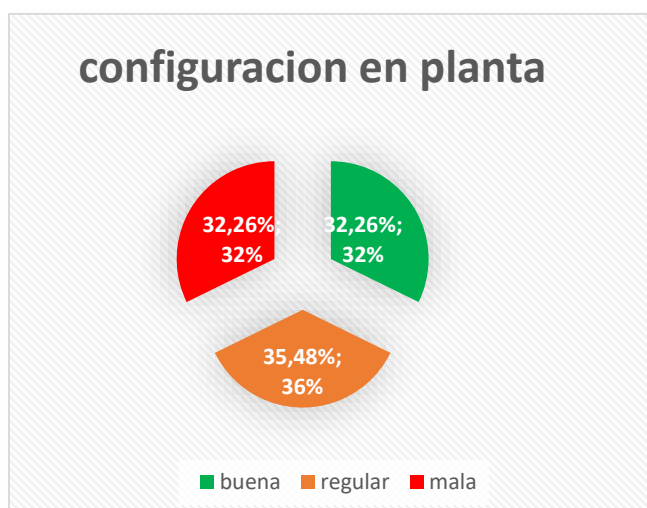


Grafico 6: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

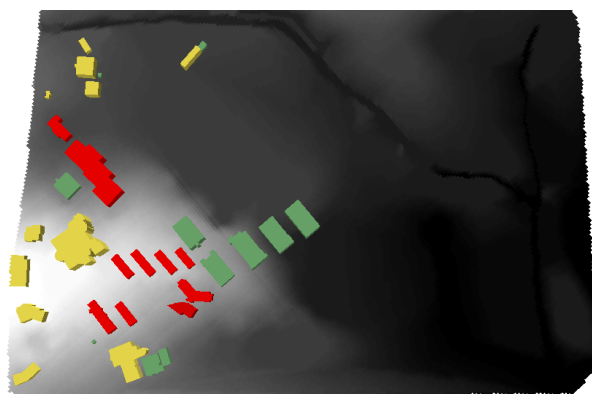


Imagen 65: Configuración En Planta De Las Estructuras. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2

11.3.6 Presencia de losa o forjado Horizontal.

La losa o forjado horizontal, es algo que influye mucho en el índice de vulnerabilidad de la estructura. Todo depende de cómo este trabajando la losa o forjado junto al sistema estructural y como se encuentra ligado a esta. Esto puede ocasionar un aumento o disminución considerable en la vulnerabilidad, ya que este parámetro tiene un peso de importancia alta en el cálculo del índice.

En la Tabla 16 y la Figura 80 se muestran los resultados de si hay o no la presencia de losas en la estructura, porque en la mayoría de las estructuras de un piso no hay presencia de losas, sino, la cubierta, es un material diferente a losa en concreto, como es el caso de eternit. Como se observa en todas las edificaciones en mampostería no presentan losa, dado que, todas son de un piso y solo presentan la cubierta en eternit o laminas metálicas.

existencia de losa		Nº
si	29,03%	9
no	70,97%	22
	total	31

Tabla 6: Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



Gráfico 7 Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

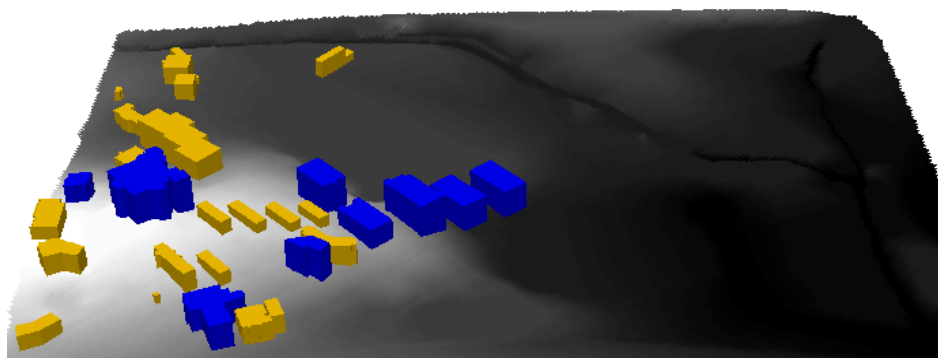


Imagen 66: Existencia De Losa En La Edificación. Sede Puerta Roja.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2

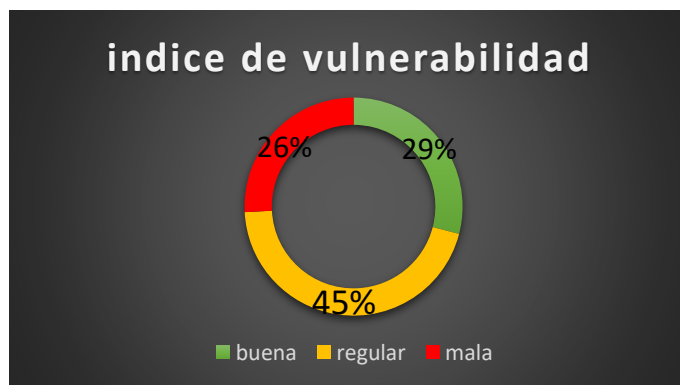
11.3.7 Índice de Vulnerabilidad.

Este parámetro se evaluó por medio del método del índice de Vulnerabilidad, que ha sido explicado en el capítulo anterior, tanto para las estructuras en mampostería No Estructural, como para las de hormigón armado. La encuesta se hizo haciendo levantamientos en edificaciones en Mampostería No Estructural y se utilizaron los planos Estructurales y Arquitectónicos de 7 estructuras en Hormigón Armado.

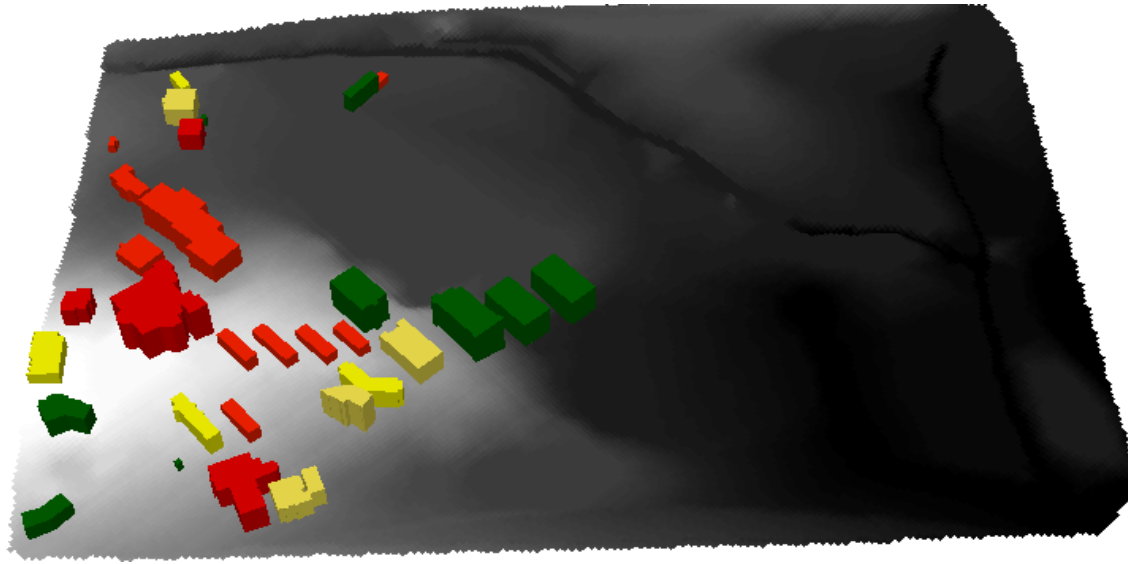
En la Tabla 14 y las Figuras 77 y 78 se expresan los datos obtenidos:

calificación		Nº
buena	29,03%	9
regular	45,16%	14
mala	25,81%	8
	TOTAL	31

Tabla 7: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



*Grafico 8: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*



*Imagen 67: Calificación De La Vulnerabilidad Obtenida Según El Método Del Índice De Vulnerabilidad
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcMap 10.3.2*

11.3.8 Existencia de terraplenes cercanos

Este parámetro influye de manera considerable en la vulnerabilidad de la estructura, sobre todo en el caso donde las cimentaciones puedan quedar expuestas debido al deslizamiento o grietas en el suelo debido a un movimiento telúrico.

En las figuras y tabla se muestra el resultado de la encuesta sobre este parámetro en la sede puerta roja. Como se puede observar en la imagen (GIS), la mayoría de estructuras con terraplenes cercanos se encuentran en los perímetros donde las cotas empiezan a decrecer, en total un 38,71% de las edificaciones tienen terraplenes cercanos

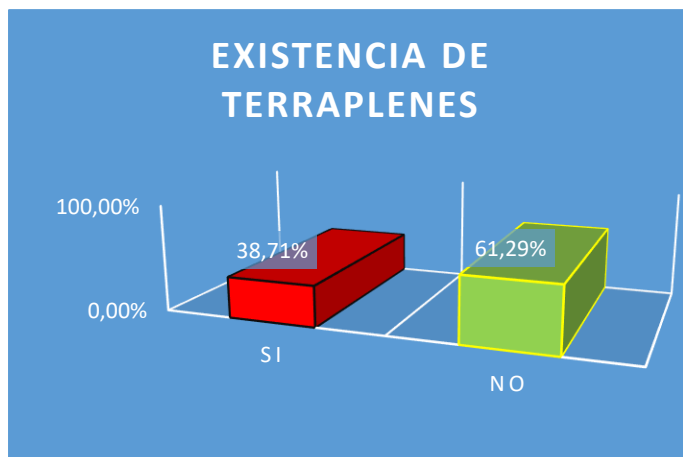


Grafico 9: existencia de terraplenes cerca de la estructura.
Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013

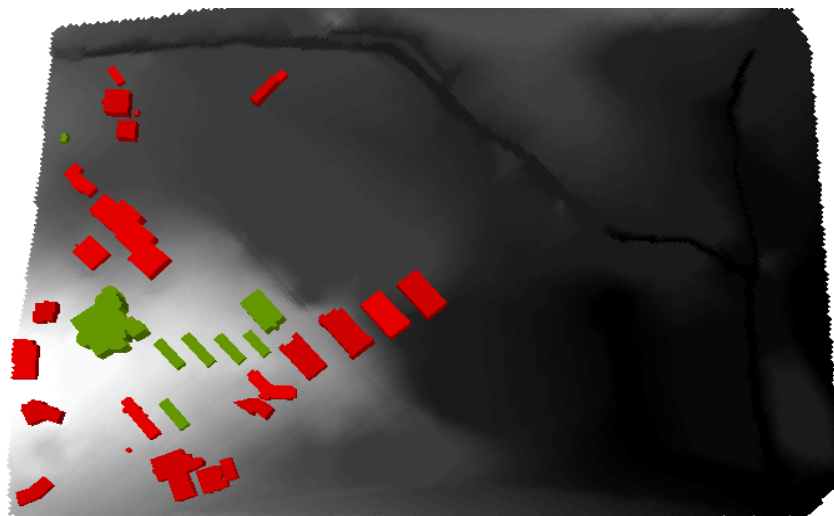


Imagen 68: existencia de terraplenes cerca de la estructura.
Fuente: datos obtenidos por el autor. ArcMap 10.3.2

11.3.9 Elementos de baja ductilidad

La importancia de este parámetro es que generalmente en el proceso de diseño de la estructura no se tienen en cuenta con este comportamiento, es decir, son elementos productos del proceso constructivo, un ejemplo muy común de estos elementos las columnas cuyos muros confinados entre ellas cuentan con ventanales que generan el efecto columna corta, generando esto una concentración de esfuerzos en los elementos de baja ductilidad y de esta forma haciéndolos vulnerables frente a un sismo.

En las figuras y tabla se observan los resultados obtenidos sobre este parámetro, se puede ver que las edificaciones que no padecen esta patología en su mayoría

obedecen a cafeterías y otras estructuras en donde el pórtico no tiene muros confinados.

baja ductilidad		Nº
si	83,87%	26
no	16,13%	5
total		31

Tabla 8: porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja

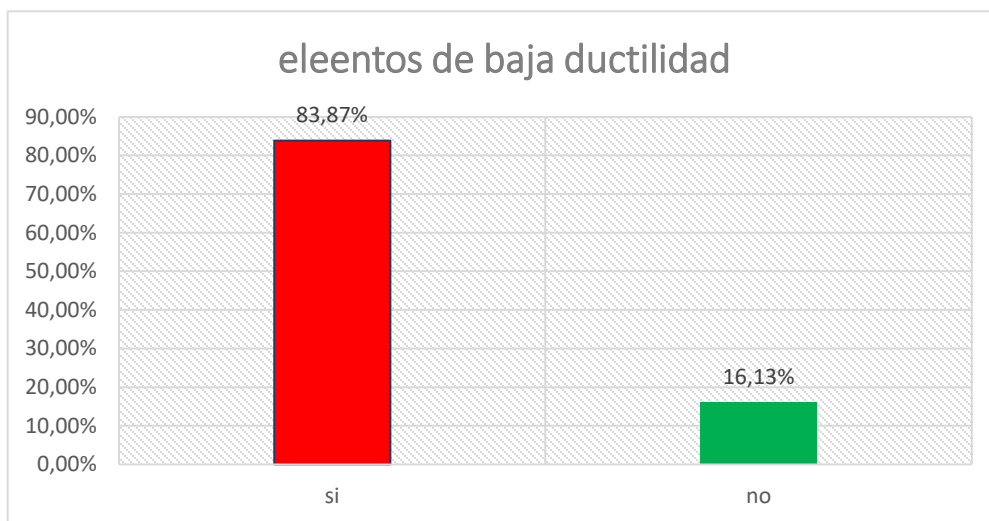


Gráfico 10: porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja

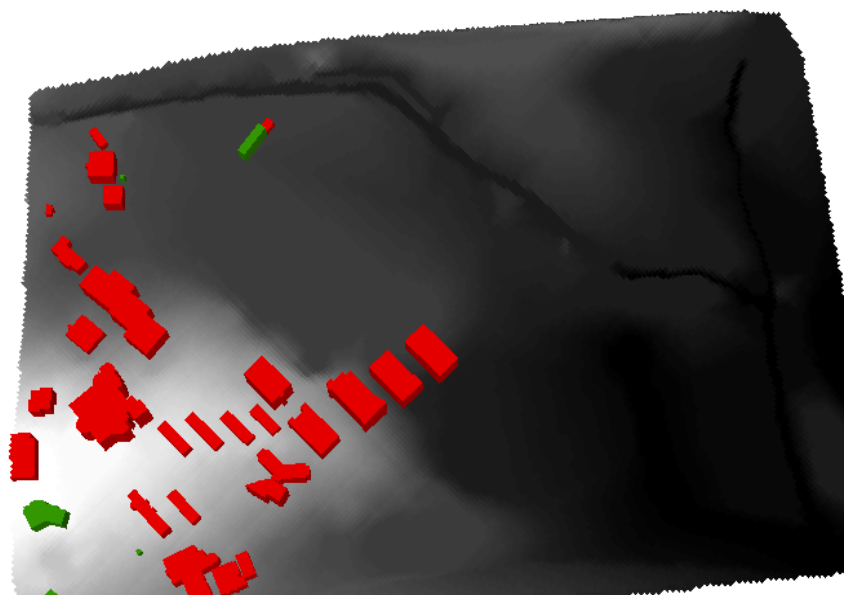


Imagen 69 : porcentaje de elementos de baja ductilidad. Sede puerta roja. ArcMap 10.3.2

11.4 Sede ciencias de la salud

11.4.1 Estado de la estructura

El estado de la estructura, se refiere a las condiciones actuales de la edificación. Este punto es subjetivo, es decir, es criterio del encuestador. De la base de dato de ArMap el resultado es el siguiente:

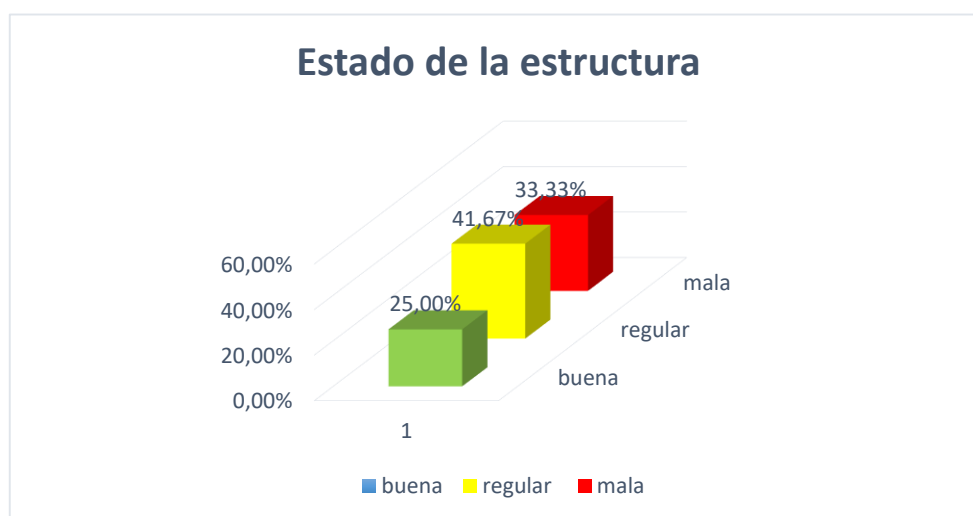


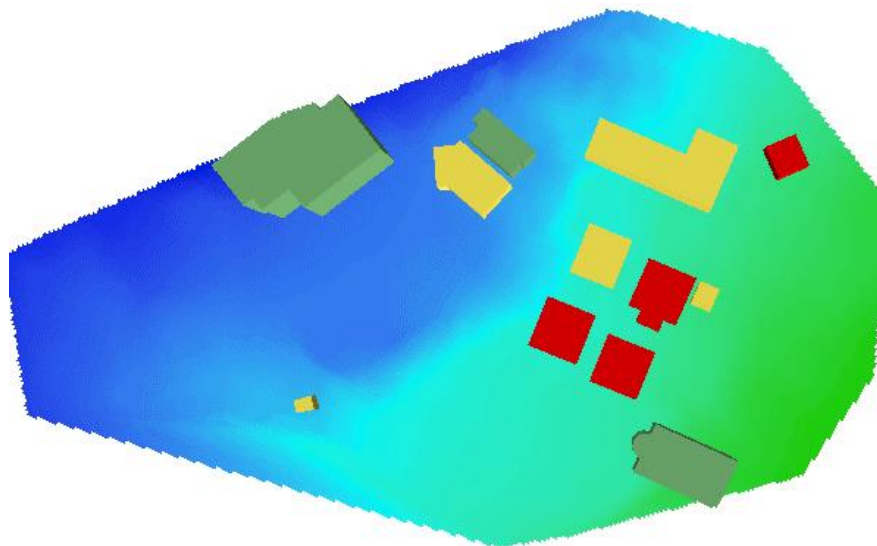
Grafico 11 Estado De Las Estructuras. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

estado de la estructura		Nº
buena	25,00%	3
regular	41,67%	5
mala	33,33%	4
total		12

Tabla 9: Estado De Las Estructuras. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

Como se puede observar el 25% de las estructuras se consideran que están en buen estado, en comparación con el 33% que se consideran en mal estado. Como se había mencionado, este punto de vista es subjetivo para esta primera encuesta. Ya para la segunda encuesta, que es para determinar el Índice de Vulnerabilidad de cada estructura, si se entra en detalle, pero de esto se tratará más adelante. En la Figura se observa el resultado de este punto en el ArScene, en la que las estructuras en rojo representan mal estado, las Verdes buen estado y las naranjas regular

estado. En la base se ve un modelo de elevaciones del terreno siendo las partes más claras las que representan las cotas mayores.



*Imagen 70: Estado de las estructuras sede ciencias de la salud.
Fuente: datos obtenidos por el autor*

11.4.2 Estado de la cubierta

El tipo de cubierta es un parámetro muy utilizado en los estudios de Vulnerabilidad sísmica en el mundo, ya que esta representa un parte importante en el comportamiento estructural, dándole o quitándole rigidez. También son de mucha importancia, debido a su comportamiento como elementos no estructurales, como el caso de las cubiertas en eternit, ya que de su proceso de colocación, depende de que se caigan o no sobre el piso que están cubriendo, causando daños considerables y hasta pérdidas de vidas humanas.

En la imagen se indican las estadísticas mostradas para este caso, en la que se observan los porcentajes de estabilidad e inestabilidad.

estado de la cubierta		Nº
estable	100,00%	12
inestable	0,00%	0
TOTAL		12

*Tabla 10: Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud.
Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013*

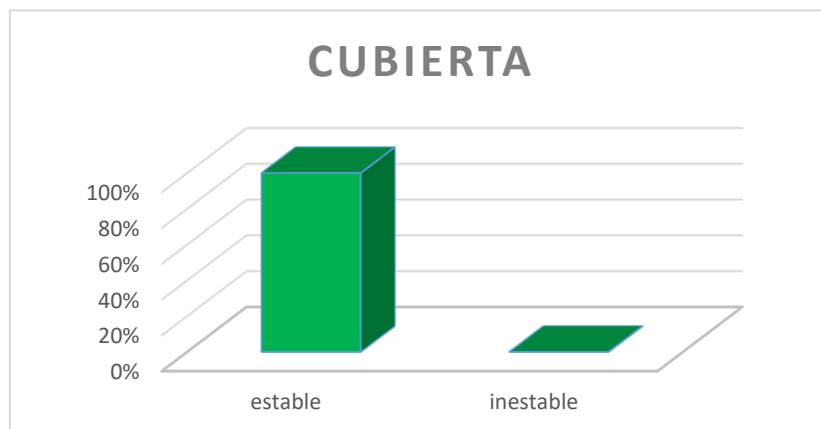


Grafico 12 Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud.
Fuente: datos obtenidos por el autor. Excel 2013

En la figura se observa que todas las estructuras presentan cubiertas estables.

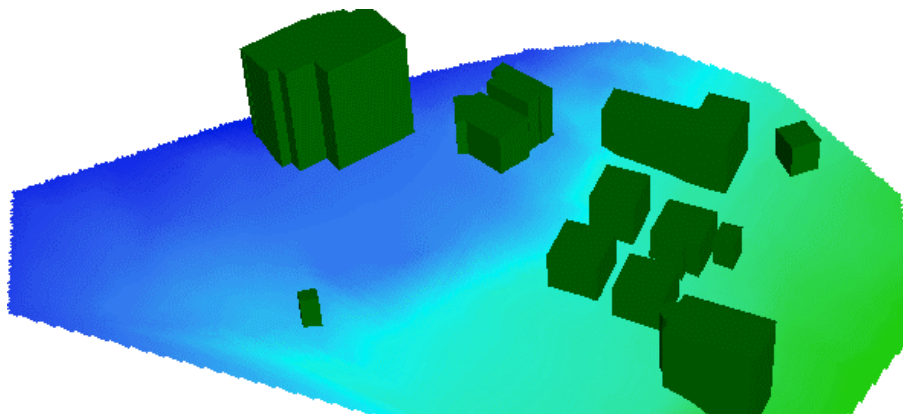


Imagen 71 Estado de la cubierta. Sede ciencias de la salud.
Fuente: datos obtenidos por el autor. ArcScene 10.2.2

11.4.3 Tipo de estructura

El tipo de estructura es uno de los parámetros más importantes para aplicar el método del índice de Vulnerabilidad, ya que, como se había mencionado en el capítulo anterior, este método solo se puede aplicar a estructuras de mampostería No estructural y a estructuras de Hormigón Armado, siendo las encuestas diferentes para cada uno de los dos casos.

Como se puede observar en la Tabla 11 e imagen 71 los dos tipos de estructuras se encuentran casi en un 75% con un sistema estructural en mampostería No reforzada y el 25% a porticada

TIPO DE SISTEMA RESISTENTE		Nº
MAMPOSTERÍA	75,00%	9
HORMIGÓN	25,00%	3
TOTAL		12

Tabla 11: Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

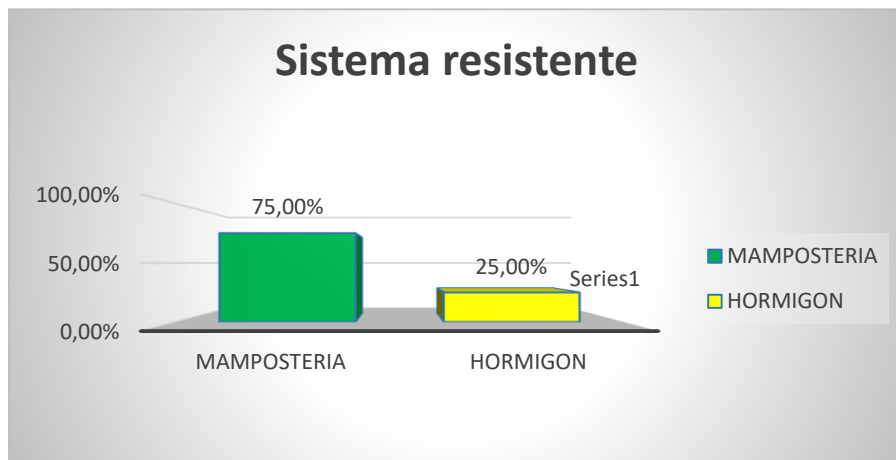


Grafico 13 Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

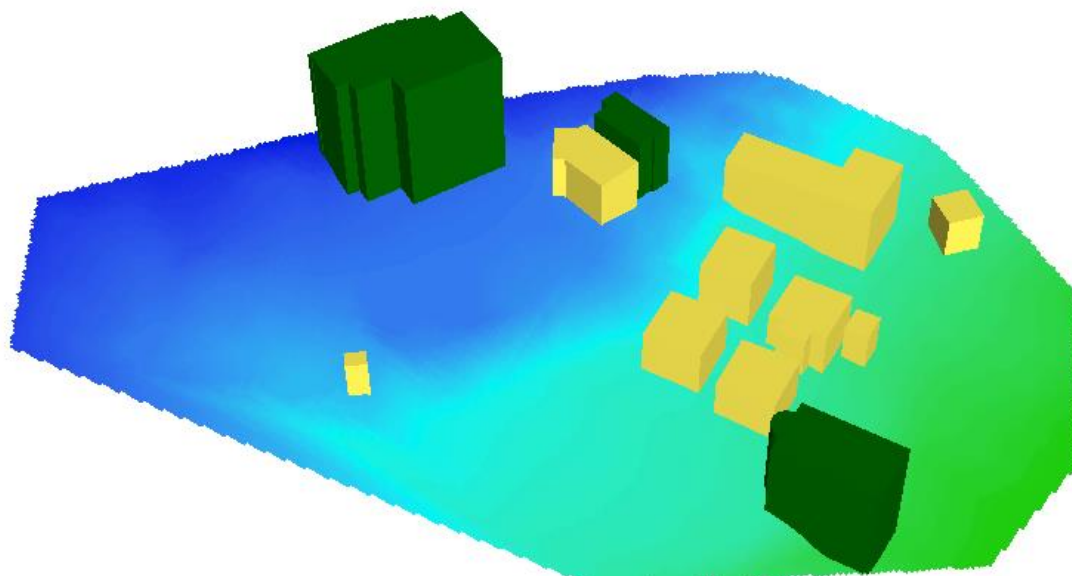


Imagen 72 Tipo De Sistema Resistente. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

11.4.4 Uso de la estructura

Una de las características que se tuvieron en cuenta en este estudio fue el uso de la estructura. Esto con el fin de conocer las actividades en la que se presentan en las estructuras para conocer las cargas a las que está sometida la estructura.

Como se observa en la tabla y figura el mayor porcentaje es de uso académico, es decir, salones de clases o laboratorios. Seguido por las estructuras para uso de la administración de la universidad seguido de estructuras en mayor número como las de uso mixto (académico y administrativo), cafeterías bodegas y demás.

uso de la estructura		Nº
administrativo	16,67%	2
académico	41,67%	5
cafetería	8,33%	1
mixtos	25,00%	3
sin uso	8,33%	1
total		12

Tabla 12: Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

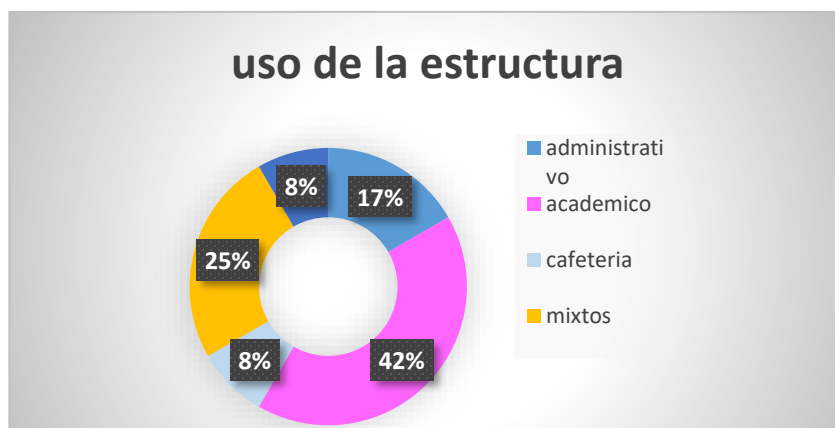


Grafico 14 Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

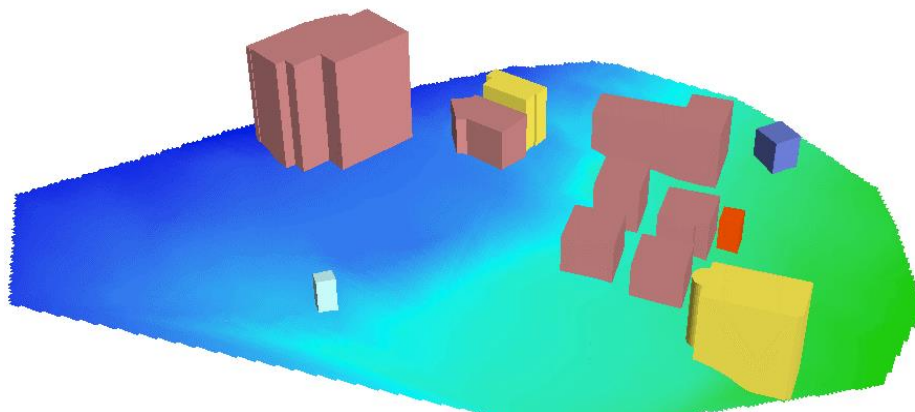


Imagen 73 Uso De La Edificación. Sede Ciencias De La Salud.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

11.4.5 Configuración en planta

Con los planos obtenidos en la oficina de planeación de la Universidad De Sucre, se puede observar claramente cada uno de los lotes y áreas construidas, así como su configuración en planta, el cual es otro de los parámetros que se tienen en cuenta en la determinación de la Vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Como se puede ver en la Tabla 13 y la Figura 74, del total de las estructuras la configuración en planta está distribuida de forma tal que la calificación de buena y regular es el doble de la configuración considerada mala.

CONFIGURACION EN PLANTA		Nº
buena	41,67%	5
regular	25,00%	3
mala	33,33%	4
total		12

Tabla 13: Configuración En Planta De Las Estructuras. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

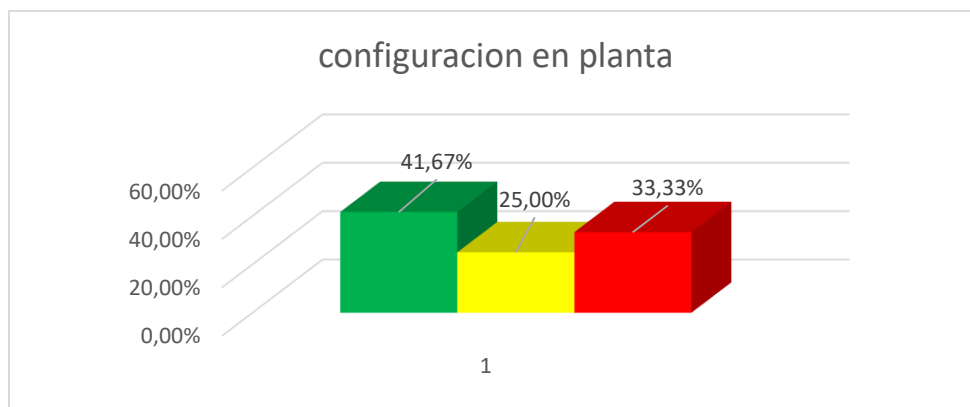
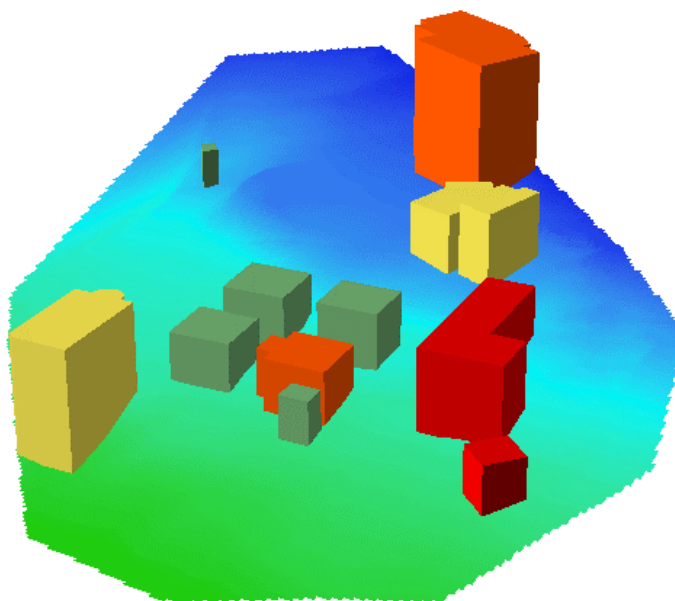


Grafico 15 Configuración En Planta De Las Estructuras. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



*Imagen 74 configuración en planta de las estructuras. Ciencias de la salud
fuente: datos obtenidos por el autor. ArcSene 10.2.2*

11.4.6 Presencia de losa

La losa o forjado horizontal, es algo que influye mucho en el índice de vulnerabilidad de la estructura. Todo depende de cómo este trabajando la losa o forjado junto al sistema estructural y como se encuentra ligado a esta. Esto puede ocasionar un aumento o disminución considerable en la vulnerabilidad, ya que este parámetro tiene un peso de importancia alta en el cálculo del índice.

En la Tabla 14 e imagen 75 se muestran los resultados de si hay o no la presencia de losas en la estructura, porque en la mayoría de las estructuras de un piso no hay presencia de losas, sino, la cubierta, es un material diferente a losa en concreto, como es el caso de eternit. Como se observa la todas las edificaciones en mampostería no presentan losa, dado que, todas son de un piso y solo presentan la cubierta en eternit o laminas metálicas. Este comportamiento es repetido al igual que en la

sede puerta

existencia de losa		Nº
si	25,00%	3
no	75,00%	9
	total	12

Tabla 14: Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



Grafico 16 Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

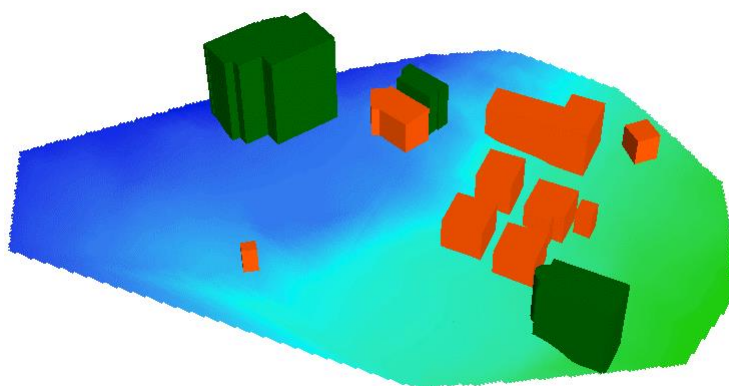


Imagen 75 Presencia De Losa En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

11.4.7 Índice de vulnerabilidad

Este parámetro se evaluó por medio del método del índice de Vulnerabilidad, que ha sido explicado en el capítulo anterior, tanto para las estructuras en mampostería No Estructural, como para las de hormigón armado. La encuesta se hizo haciendo levantamientos en edificaciones en Mampostería No Estructural y se utilizaron los planos Estructurales y Arquitectónicos de 7 estructuras en Hormigón Armado.

En la Tabla 14 y las Figuras 77 y 78 se expresan los datos obtenidos:

calificación		Nº
buena	8,33%	1
regular	83,33%	10
mala	8,33%	1
	TOTAL	12

Tabla 15: Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

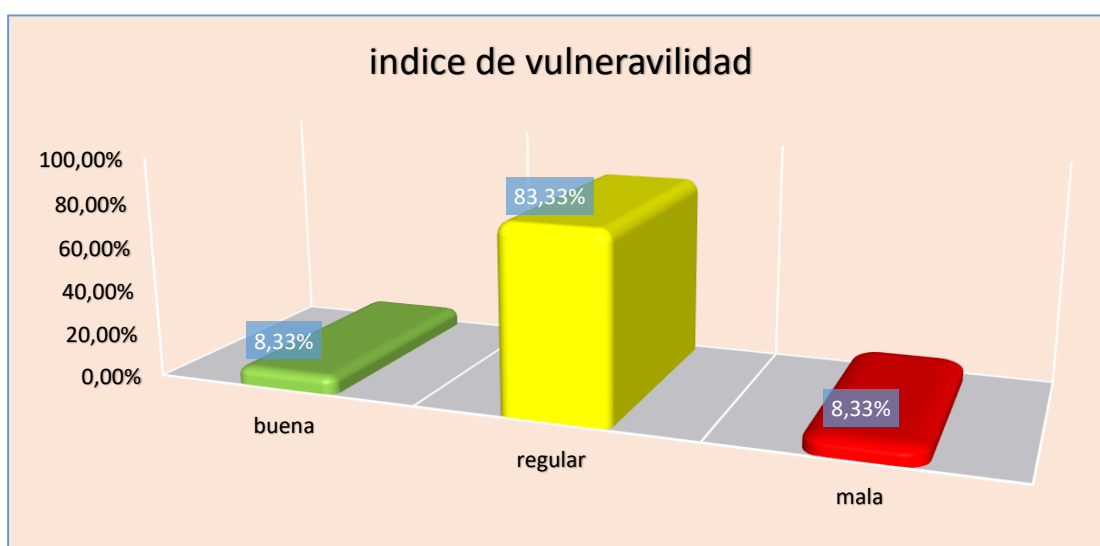


Grafico 17 Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

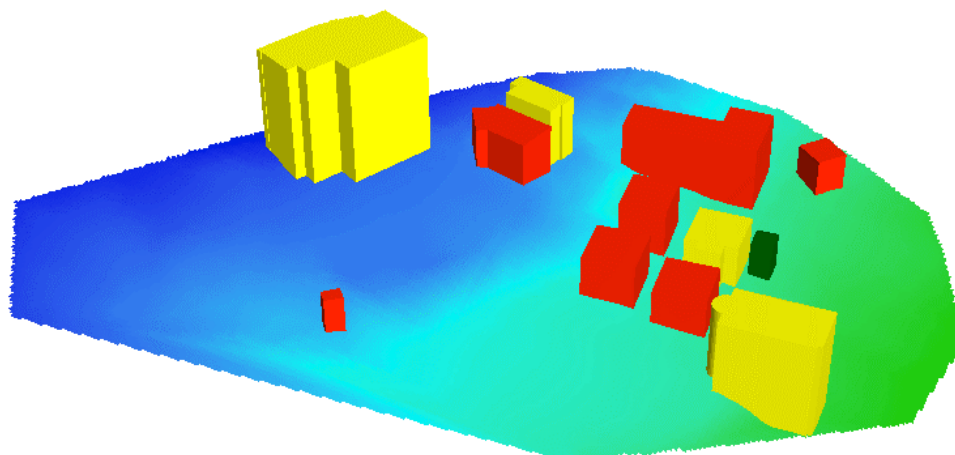


Imagen 76 Resultado Del Índice De Vulnerabilidad De Las Estructuras. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

11.4.8 presencia de terraplenes

Este parámetro influye de manera considerable en la vulnerabilidad de la estructura, sobre todo en el caso donde las cimentaciones puedan quedar expuestas debido al deslizamiento o grietas en el suelo debido a un movimiento telúrico.

terraplenes		Nº
si	50,00%	6
no	50,00%	6
total		12

Tabla 16: Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

En las figuras y tabla se muestra el resultado de la encuesta sobre este parámetro en la sede puerta roja. Como se puede observar en la imagen (GIS), el 50% de las estructuras está cercano a un terraplén mientras que el otro 50% no es cercano a un terraplén.

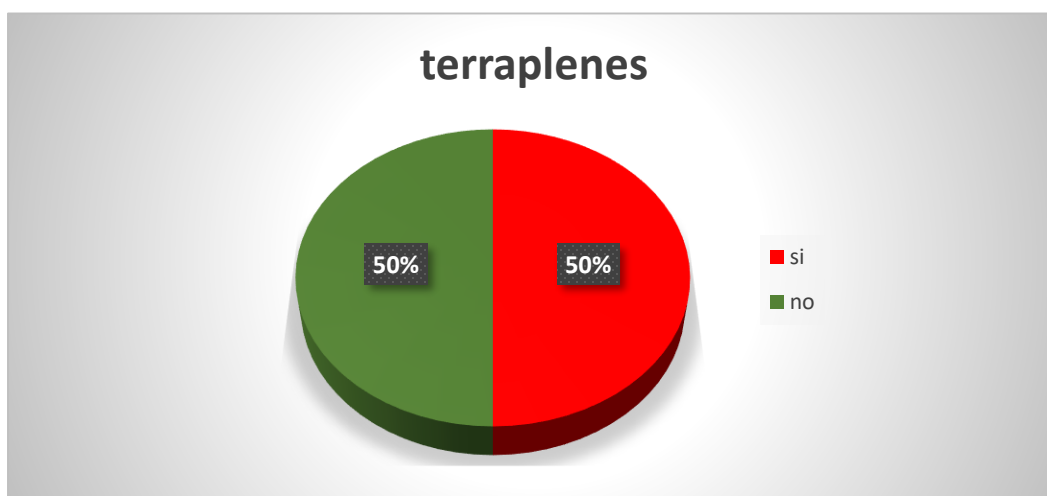


Grafico 18 Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

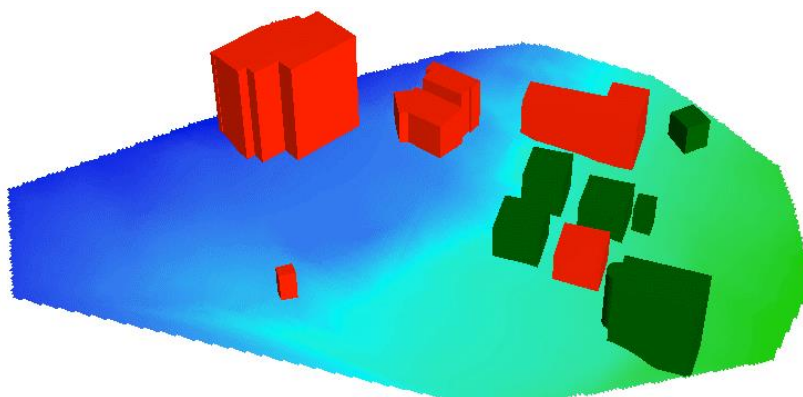


Imagen 77 Terraplenes Cercanos A La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

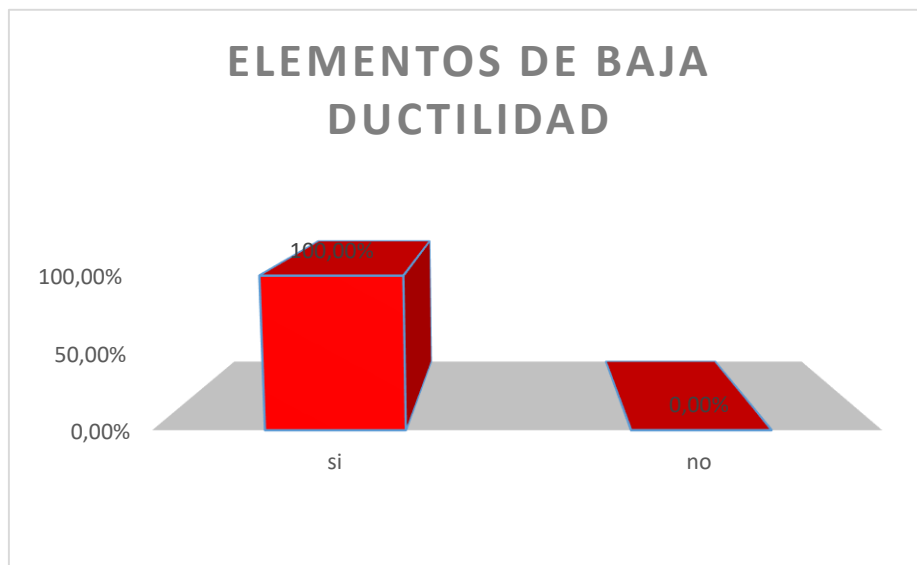
11.4.9 Elementos de baja ductilidad

La importancia de este parámetro es que generalmente en el proceso de diseño de la estructura no se tienen en cuenta con este comportamiento, es decir, son elementos productos del proceso constructivo, un ejemplo muy común de estos elementos las columnas cuyos muros confinados entre ellas cuentan con ventanales que generan el efecto columna corta, generando esto una concentración de esfuerzos en los elementos de baja ductilidad y de esta forma haciéndolos vulnerables frente a un sismo.

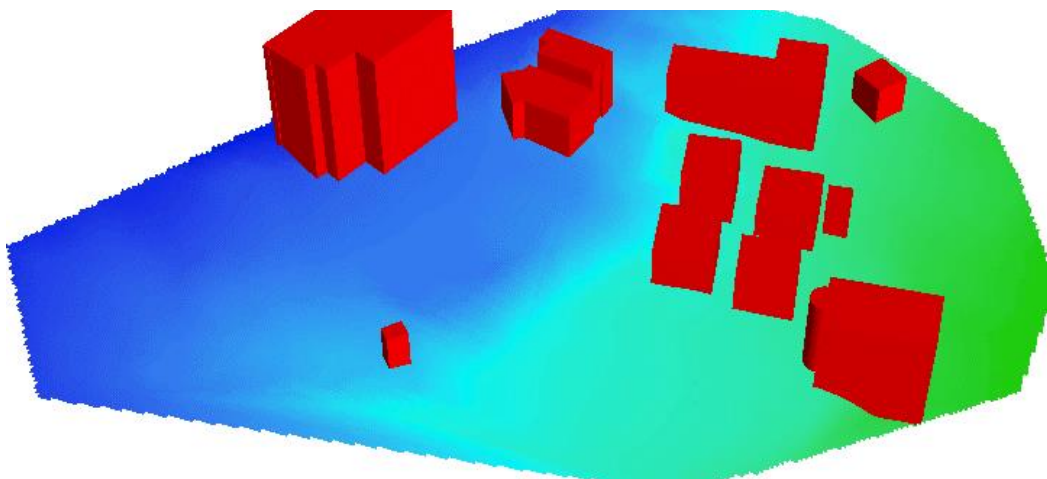
Como se demuestra en la siguiente tabla e imágenes el 100% de las estructuras presentan elementos de baja ductilidad.

baja ductilidad		Nº
si	100,00%	12
no	0,00%	0
	total	12

Tabla 17: Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



*Grafico 19 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*



*Imagen 78 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Ciencias De La Salud
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. AecScene 10.2.2*

11.5 Sede granja los pericos

11.5.1 Estado de la estructura

El estado de la estructura, se refiere a las condiciones actuales de la edificación. Este punto es subjetivo, es decir, es criterio del encuestador. De la base de dato de ArMap el resultado es el siguiente:

estado de la estructura		Nº
buena	6,25%	1
regular	50,00%	8

mala	43,75%	7
	total	16

Tabla 18: Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

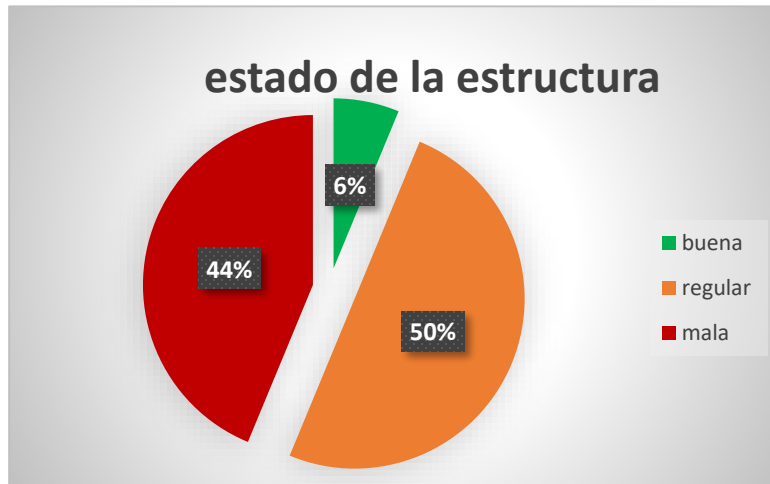


Grafico 20 Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

Como se puede observar el 6% de las estructuras se consideran que están en buen estado, en comparación con el 44% que se consideran en mal estado. Es decir, de las sedes encuestadas esta sede tiene el mayor porcentaje de estructuras en mal estado y el menor en buen estado.

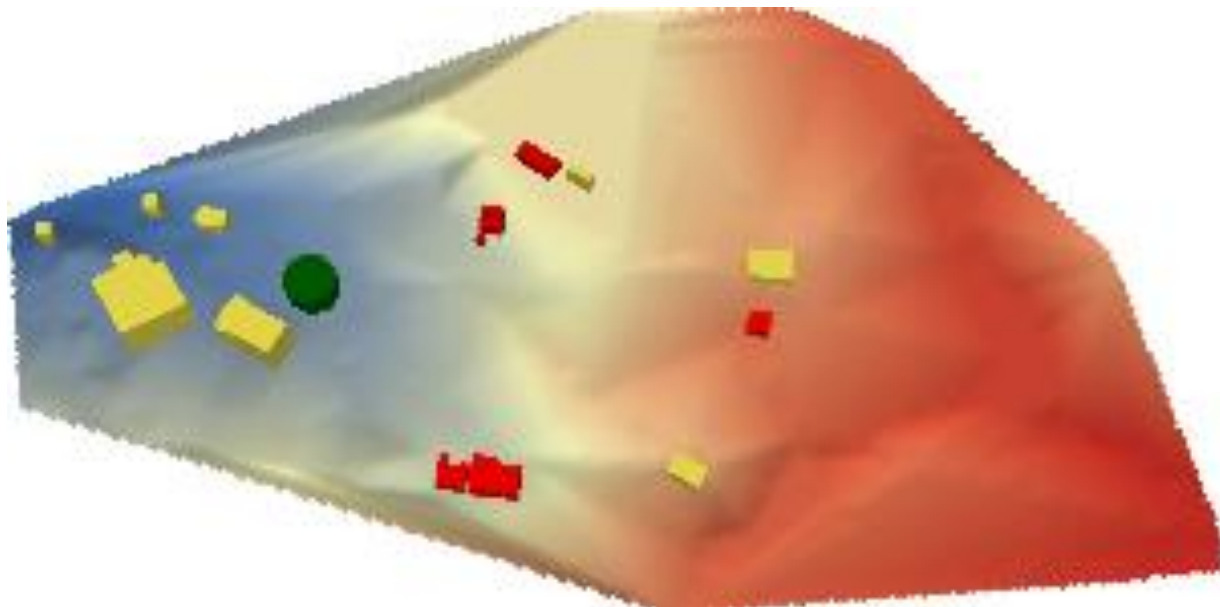


Imagen 79 Estado De La Edificación. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArScene 10.2.2

11.5.2 Estado de la cubierta

El tipo de cubierta es un parámetro muy utilizado en los estudios de Vulnerabilidad sísmica en el mundo, ya que esta representa un parte importante en el comportamiento estructural, dándole o quitándole rigidez. También son de mucha importancia, debido a su comportamiento como elementos no estructurales, como el caso de las cubiertas en eternit, ya que de su proceso de colocación, depende de que se caigan o no sobre el piso que están cubriendo, causando daños considerables y hasta pérdidas de vidas humanas.

En la imagen se indican las estadísticas mostradas para este caso, en la que se observan los porcentajes de estabilidad e inestabilidad.

estado de la cubierta		Nº
estable	62,50%	10
inestable	37,50%	6
TOTAL		16

Tabla 19: Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

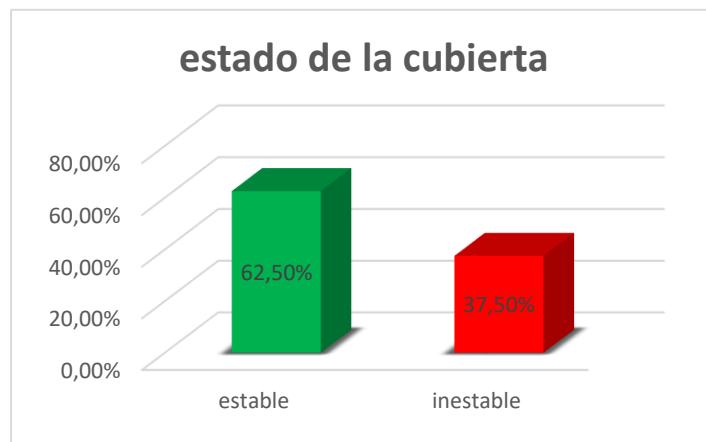


Grafico 21 Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2012

En la figura se observan 6 de 16 estructuras con cubiertas inestables, cubiertas generalmente conformadas por madera y láminas de Asbesto Cemento.

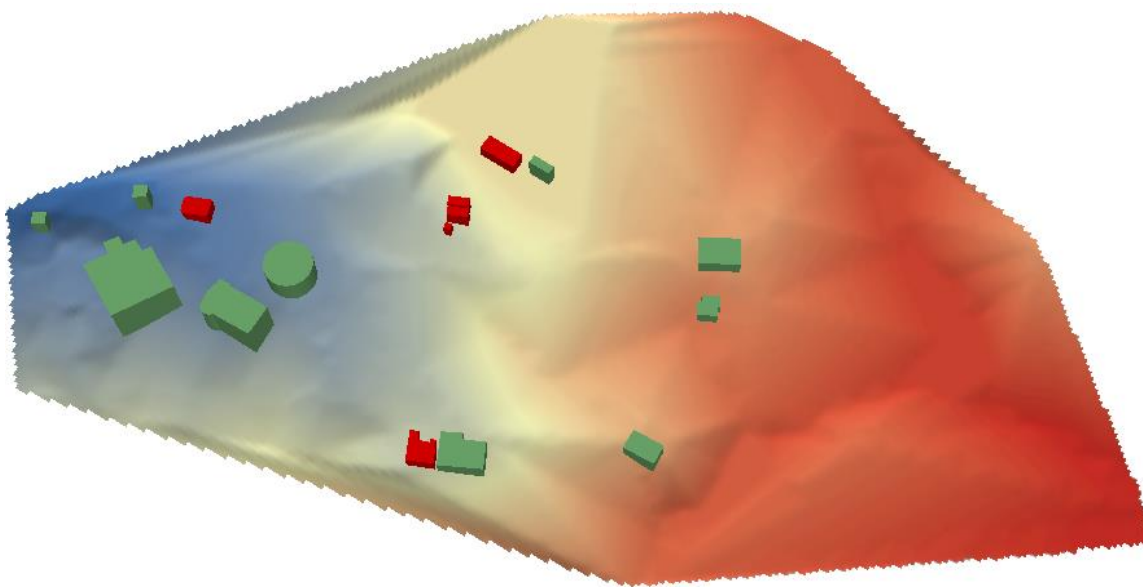


Imagen 80 Estado De La Cubierta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Arcscene 10.2.2

11.5.3 Tipo de estructura

El tipo de estructura es uno de los parámetros más importantes para aplicar el método del índice de Vulnerabilidad, ya que, como se había mencionado en el capítulo anterior, este método solo se puede aplicar a estructuras de mampostería

No estructural y a estructuras de Hormigón Armado, siendo las encuestas diferentes para cada uno de los dos casos.

Las estructuras con sistema resistente en mampostería No estructural predominan con un 69% frente al 31% en hormigón armado

TIPO DE SISTEMA RESISTENTE		Nº
MAMPOSTERÍA	68,75%	11
HORMIGÓN	31,25%	5
TOTAL		16

Tabla 20: Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



Grafico 22 Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

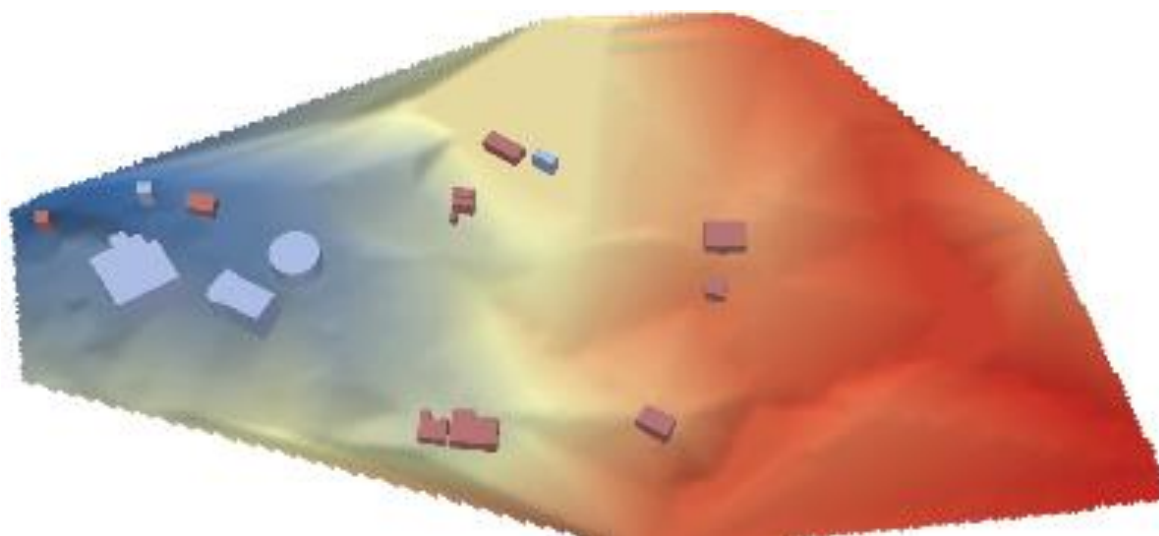


Imagen 81 Tipo De Sistema Resistente De La Edificación. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

11.5.4 Uso de la estructura

Una de las características que se tuvieron en cuenta en este estudio fue el uso de la estructura. Esto con el fin de conocer las actividades en la que se presentan en las estructuras para conocer las cargas a las que está sometida la estructura.

Como se observa en la tabla y figura el mayor porcentaje es de uso académico, es decir, salones de clases o laboratorios. Seguido por las estructuras para uso de la administración de la universidad seguido de estructuras en mayor número como las de uso mixto (académico y administrativo), cafeterías bodegas y demás.

uso de la estructura		Nº
administrativo	12,50%	2
académico	25,00%	4
cafetería	6,25%	1
pollos	6,25%	1
aprisco	6,25%	1
mixtos	6,25%	1
bodega	12,50%	2
tanque elevado	6,25%	1
vivar	6,25%	1
laboratorios	6,25%	1
vivar	6,25%	1
total		16

Tabla 21: Uso De La Edificación. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

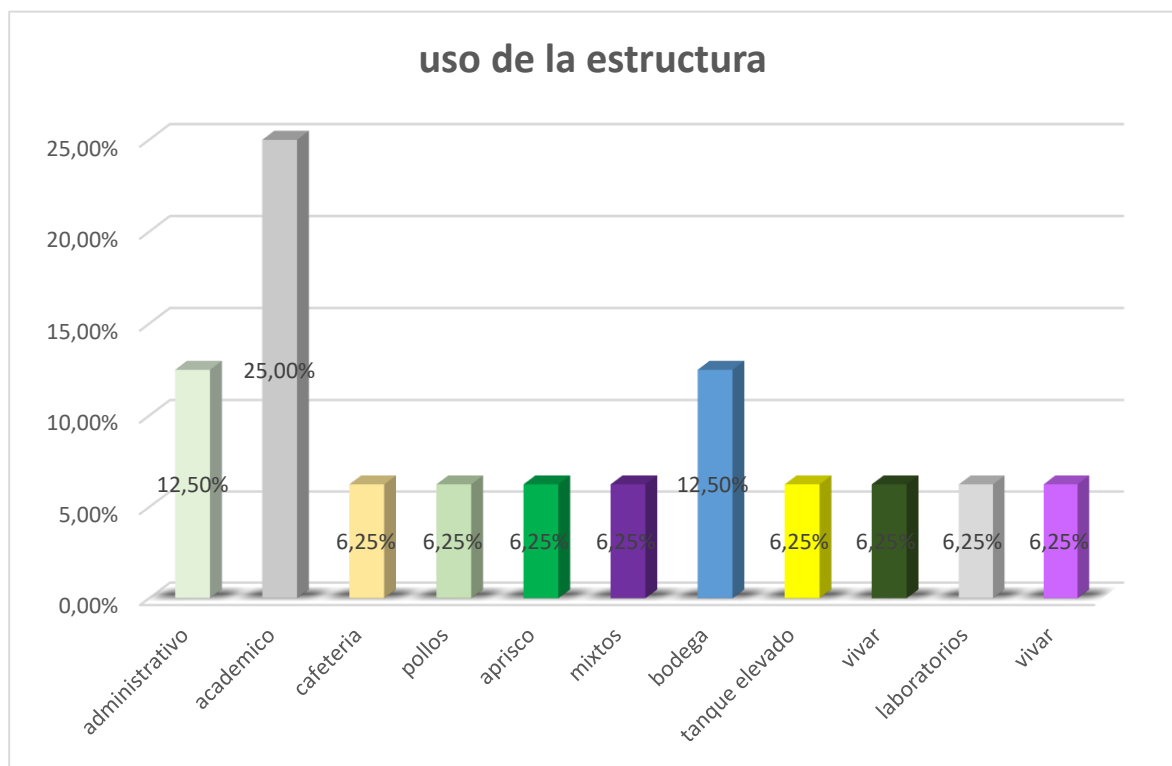


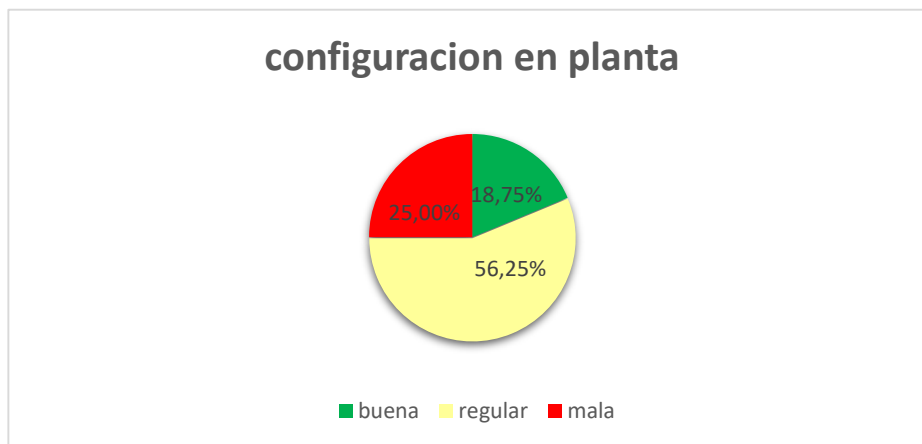
Grafico 23 Uso De La Edificación. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

CONFIGURACIÓN EN PLANTA

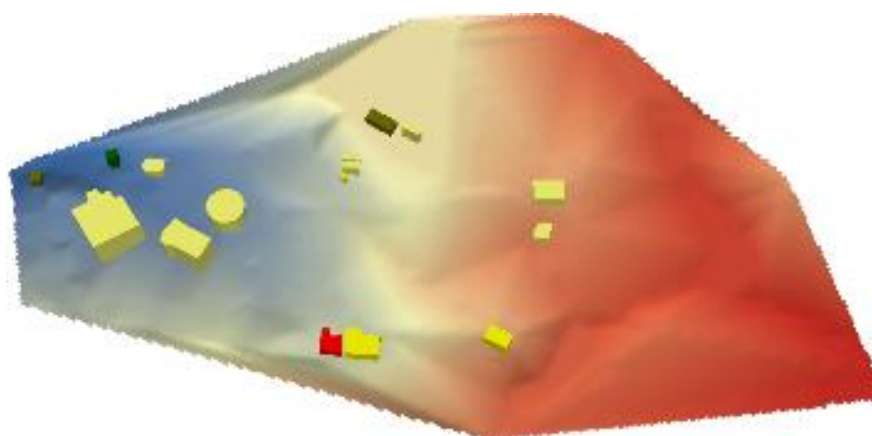
Con los planos obtenidos en la oficina de planeación de la Universidad De Sucre, se puede observar claramente cada uno de los lotes y áreas construidas, así como su configuración en planta, el cual es otro de los parámetros que se tienen en cuenta en la determinación de la Vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Como se puede ver en la Tabla 22 y la Figura 82, del total de las estructuras la configuración en planta está distribuida de forma tal que la calificación de buena, regular o mala corresponde casi al tercio del total.

CONFIGURACION EN PLANTA		Nº
buena	18,75%	3
regular	56,25%	9
mala	25,00%	4
total		16

Tabla 22: Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



*Grafico 24 Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*



*Imagen 82 Calificación De La Configuración En Planta De La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2*

11.5.5 Presencia de losa

La losa o forjado horizontal, es algo que influye mucho en el índice de vulnerabilidad de la estructura. Todo depende de cómo este trabajando la losa o forjado junto al sistema estructural y como se encuentra ligado a esta. Esto puede ocasionar un aumento o disminución considerable en la vulnerabilidad, ya que este parámetro tiene un peso de importancia alta en el cálculo del índice.

Siendo que la mayoría de estructuras en la sede presentan un sistema resistente de mampostería No estructural y estas a su vez no presentan losas de entre piso (al ser de un piso solo presentan cubierta). Tenemos que 13 de las 16 estructuras de la sede no presentan losa o forjado horizontal.

existencia de losa		Nº
si	18,75%	3
no	81,25%	13

	total	16
--	-------	----



*Grafico 25 Presencia De Losa En La Estructura. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*

11.5.6 Índice de vulnerabilidad

Este parámetro se evaluó por medio del método del índice de Vulnerabilidad, que ha sido explicado en el capítulo anterior, tanto para las estructuras en mampostería No Estructural, como para las de hormigón armado. La encuesta se hizo haciendo levantamientos en edificaciones en Mampostería No Estructural y se utilizaron los planos Estructurales y Arquitectónicos de 7 estructuras en Hormigón Armado.

En la Tabla 24 y la Imagen 83 se expresan los datos obtenidos:

calificación		Nº
buena	12,50%	2
regular	50,00%	8
mala	37,50%	6
TOTAL		16

*Tabla 24: Determinación Del Índice De Vulnerabilidad. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*

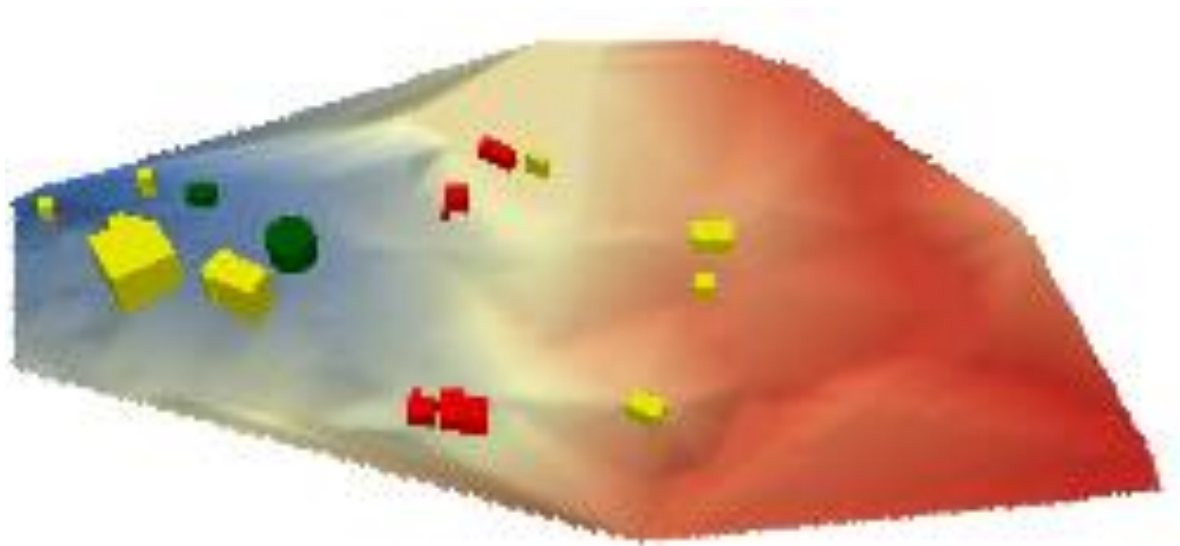
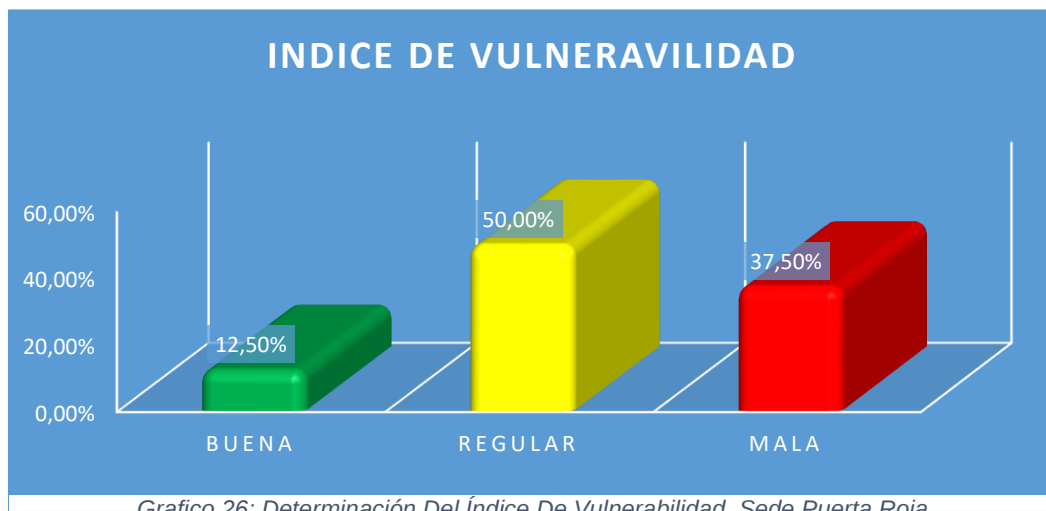


Imagen 83 : Determinación Del Índice De Vulnerabilidad. Sede Puerta Roja
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2

11.5.7 Presencia de terraplenes

Este parámetro influye de manera considerable en la vulnerabilidad de la estructura, sobre todo en el caso donde las cimentaciones puedan quedar expuestas debido al deslizamiento o grietas en el suelo debido a un movimiento telúrico.

En las figuras y tabla se muestra el resultado de la encuesta sobre este parámetro en la sede puerta roja. Como se puede observar en la imagen (GIS), la mayoría de estructuras con terraplenes cercanos se encuentran en los perímetros donde las cotas empiezan a decrecer, en total un 38,71% de las edificaciones tienen terraplenes cercanos

terraplenes		Nº
si	75,00%	12
no	25,00%	4
total		16

Tabla 25: Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

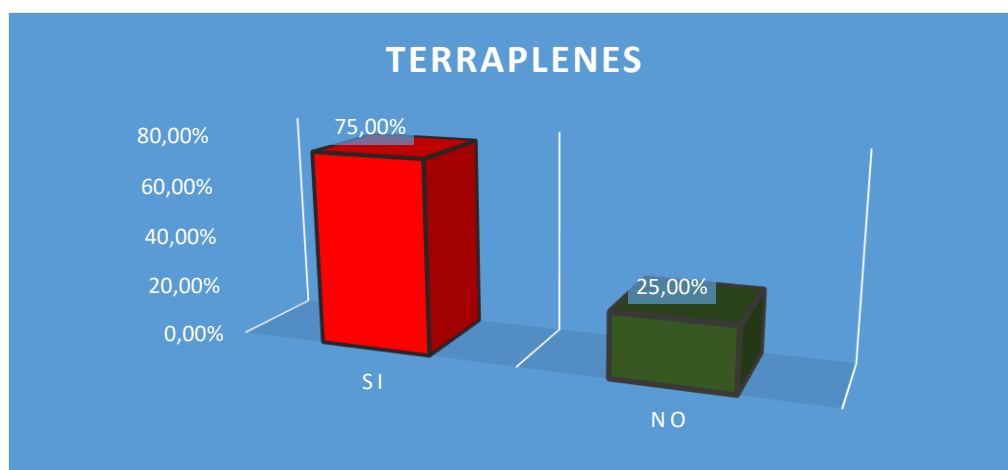


Grafico 27: Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013

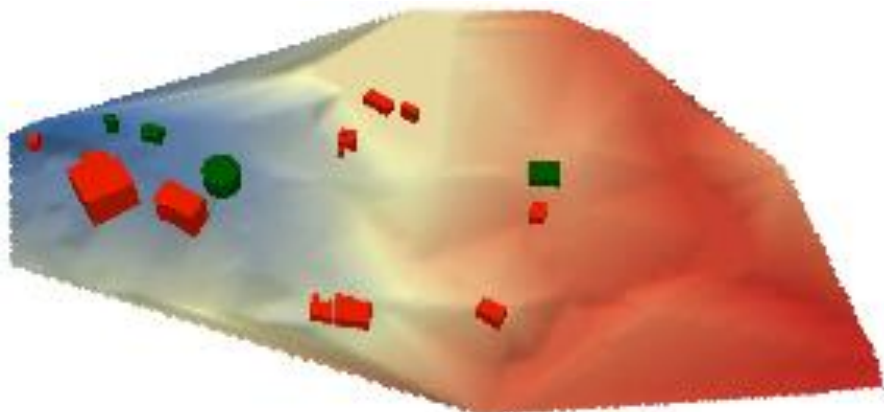


Imagen 84 Presencia De Terraplenes. Sede Puerta Verde.
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene. 10.2.2

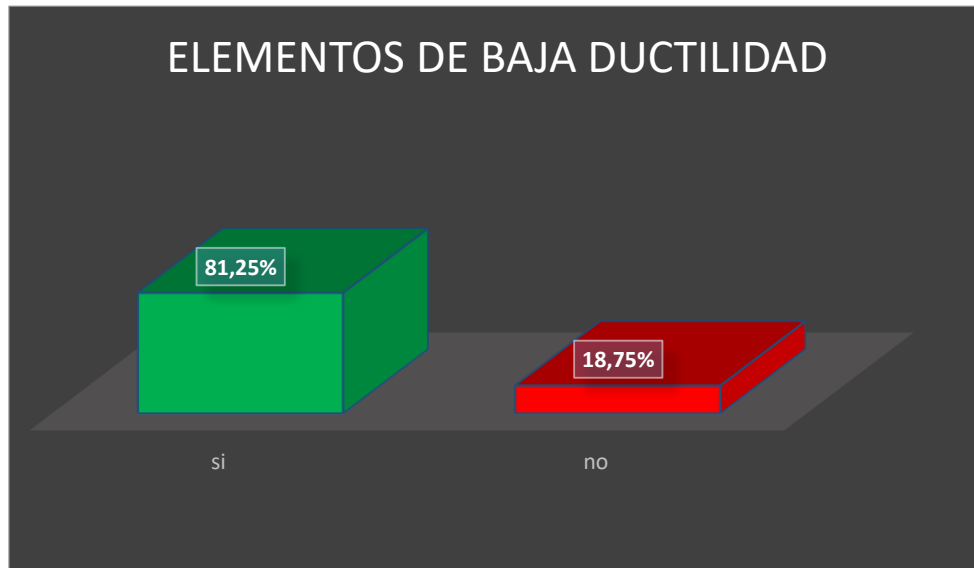
11.5.8 Elementos de baja ductilidad

La importancia de este parámetro es que generalmente en el proceso de diseño de la estructura no se tienen en cuenta con este comportamiento, es decir, son elementos productos del proceso constructivo, un ejemplo muy común de estos elementos las columnas cuyos muros confinados entre ellas cuentan con ventanales que generan el efecto columna corta, generando esto una concentración de esfuerzos en los elementos de baja ductilidad y de esta forma haciéndolos vulnerables frente a un sismo.

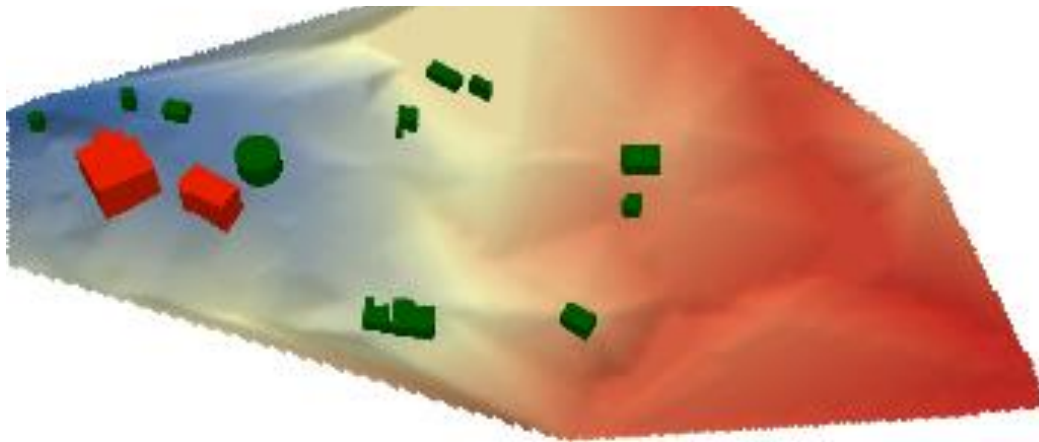
En las figuras y tabla se observan los resultados obtenidos sobre este parámetro, se puede ver que las edificaciones que no padecen esta patología en su mayoría obedecen a cafeterías y otras estructuras en donde el pórtico no tiene muros confinados.

baja ductilidad		Nº
si	81,25%	13
no	18,75%	3
total		16

Tabla 26: Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013



*Grafico 28 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. Excel 2013*



*Imagen 85 Presencia De Elementos De Baja Ductilidad En La Estructura. Sede Puerta Verde
Fuente: Datos Obtenidos Por El Autor. ArcScene 10.2.2*

12. CORRELACION ENTRE EL INDICE DE VULNERABILIDAD Y EL INDICE DE DAÑO PARA ESTRUCTURAS EN CONCRETO REFORZADO.

Para llevar cabo la correlación entre el índice de vulnerabilidad y el índice de daño se tomara el bloque de laboratorios de ciencias básicas al cual se le realizara un estudio como se describió en ítems anteriores, luego se compararan los resultados por ambos métodos.

				19
$I_v = 10 \left(\frac{\sum_{i=1}^{11} KiWi + 1}{4} \right)$	Iv =	50,0	Vulnerabilidad	
			Mala	Rango: entre 0 y 100

Imagen 86: índice de vulnerabilidad de laboratorios ciencias básicas
fuente: obtenida por el investigador

Tabla 8. Correlaciones entre índice de Vulnerabilidad y el índice de daño para estructuras en Hormigón armado.

Fuente: datos del estudio.

Correlaciones entre índice de Vulnerabilidad y daño en %					
	a	b	c	d	R
Aa=0.065	0	0.008723	-0.00022905	2.2006E-06	0.78
Aa=0.125	0	0.01228414	-0.00025021	2.4981E-06	0.84
Aa=0.15	0	0.01175541	-0.00017065	1.7852E-06	0.84

$$D(\%) = a + b * Iv + c * Iv^2 + d * Iv^3$$

Imagen 87: correlaciones entre índice de vulnerabilidad y daño e porcentaje
fuente: caballero, 2007

$$D(\%) = 0 + 0,01228414(50) - 0,00025021(50)^2 + 2,4982E - 06 (50)^3$$

$$D = 30,1\%$$

En la siguiente sección se realizará el estudio de vulnerabilidad a la estructura a partir de las características mecánicas de los materiales utilizados y las cargas a las cuales están sometidos sus elementos.

12.1 Descripción del proyecto

A continuación, se presentan las memorias técnicas del estudio de Vulnerabilidad y patología estructural del bloque de LABORATORIOS DE CIENCIAS BASICAS de la Universidad De Sucre, sede puerta roja, en el que se presentan los criterios que deben seguirse para poder modificar el sistema estructural de la edificación, cumpliendo así con el capítulo A.10 de la NSR-10.

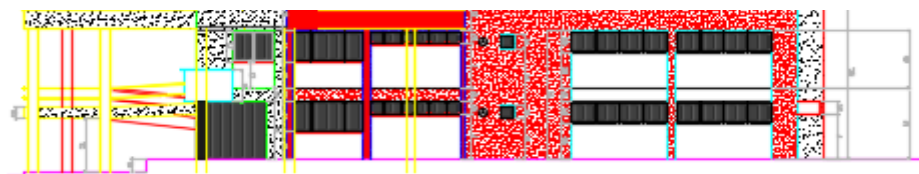
La estructura corresponde a unas edificaciones de 2 Niveles. A la estructura se le hizo el análisis sísmico cumpliendo con las especificaciones de la NSR 10, así como todos los cálculos estructurales. A continuación, se detalla el procedimiento realizado, y los resultados obtenidos del análisis y diseño estructural.

La estructura nueva se plantea con unos espacios arquitectónicos tal cual se muestran en el plano mostrado a continuación.



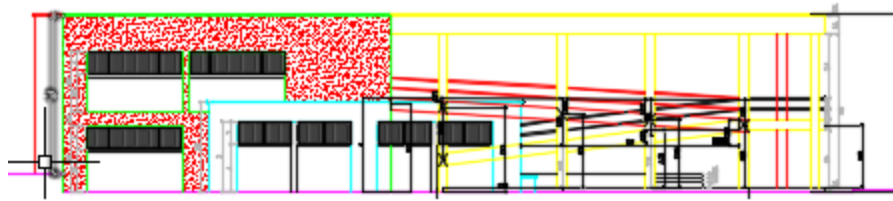
Fachada principal

*Imagen 88: fachada principal, bloque laboratorios ciencias básicas
fuente: planos obtenidos en planeación*



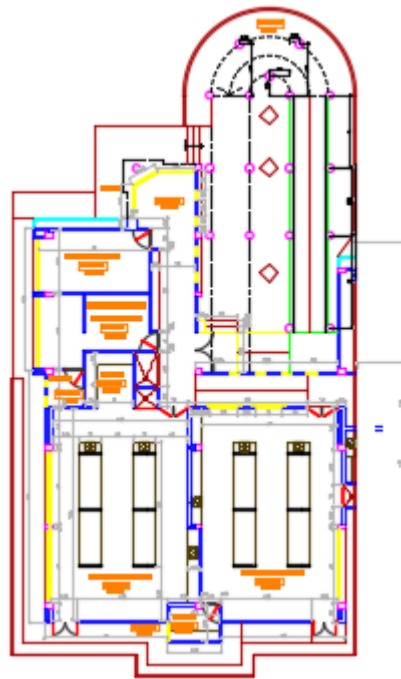
Fachada lateral izquierda

*Imagen 89: fachada lateral izquierda:
fuente: planos obtenidos en planeación*



Fachada lateral derecha

*Imagen 90: fachada lateral derecha
fuente: planos obtenidos en planeación*



Planta arquitectónica primer piso- tomada para el análisis

*Imagen 91: planta arquitectónica primer piso-tomada para el análisis (aportada)
fuente: planos obtenidos en planeación*

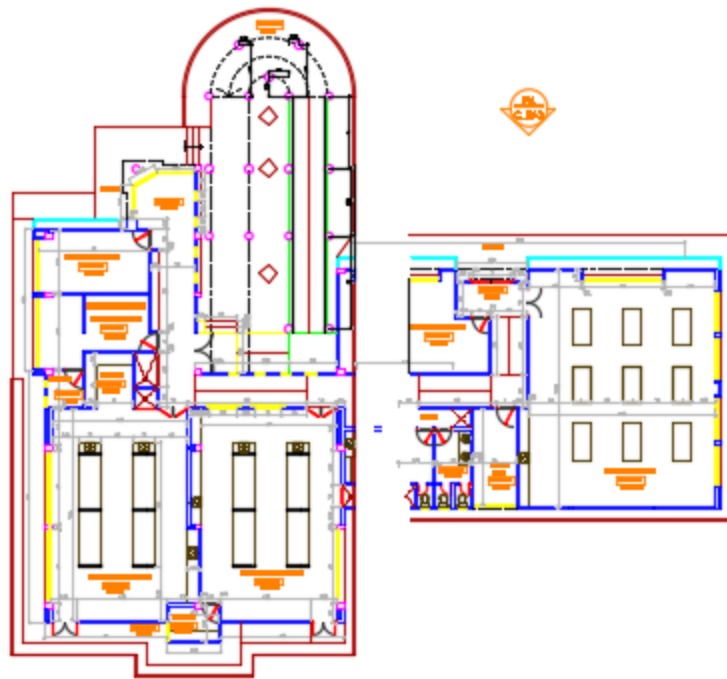


Imagen 92: planta arquitectónica primer piso-(aporticada separada de mampostería No reforzada
fuente: planos obtenidos en planeación

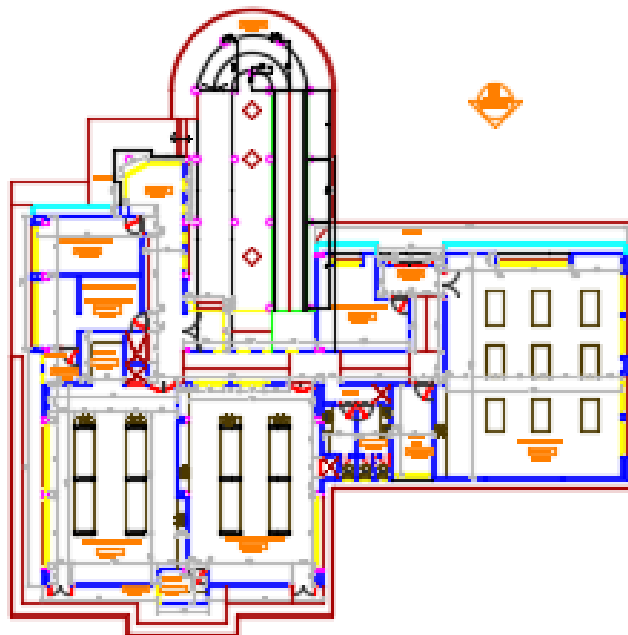
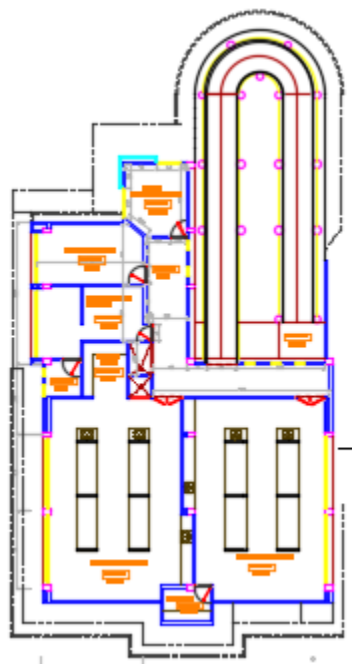
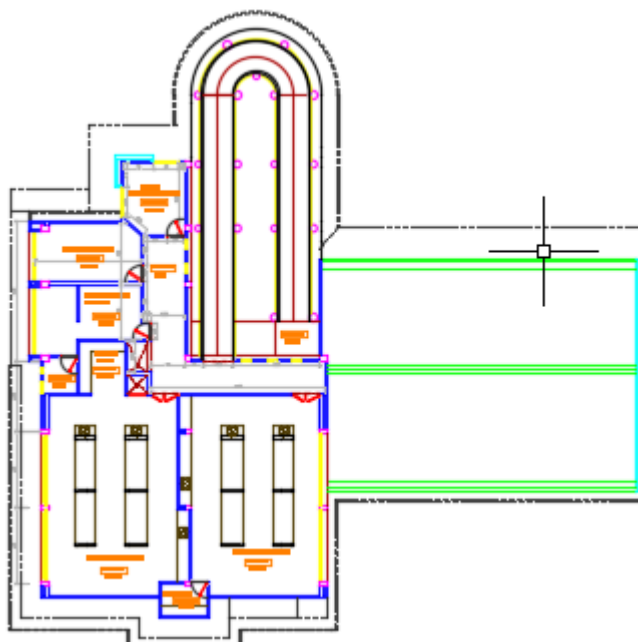


Imagen 93: planta primer piso-estado actual
fuente: planos obtenidos en planeación



*Imagen 94: planta arquitectónica segundo piso
fuente: planos obtenidos en planeación*



*Imagen 95: planta arquitectónica primer piso
fuente: planos obtenidos en planeación*

12.2 OBJETO, PROPOSITO Y ALCANCE DEL ESTUDIO:

El objeto de este estudio es dar los parámetros necesarios, por medio de una inspección patológica, para evaluar la Vulnerabilidad sísmica de los LABORATORIOS DE CIENCIAS BASICAS de la Universidad De Sucre, sede puerta roja. El propósito es que la estructura, sea capaz de resistir temblores pequeños sin daño, temblores moderados sin daño estructural, pero con algún daño en elementos no estructurales, y un temblor fuerte sin colapso.

Se utilizarán los requisitos dados en el título A de la Norma NSR 10, en la parte de “evaluación e intervención de edificaciones construidas antes de la vigencia del reglamento”, necesarios para llevar a cabo la evaluación del comportamiento sísmico de la intervención, reparación o refuerzo de las estructuras en estudio. Cabe resaltar que este estudio se realiza debido al desarrollo de la investigación DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS ESTRUCTURAS EN LAS SEDES DE LA UNIVERSIDAD DE SUCRE, APLICANDO EL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD. La edificación en primera instancia deja evidenciar la mezcla de dos sistemas resistentes (a porticada y mampostería No estructural). Lo cual no es permitido por la NSR-10, además es notorio la irregularidad que se presenta al estar la rampa adosada a la estructura. En los muros de mampostería divisorios y de perímetro podemos notar algunas grietas capilares y humedades en la base de los mismos, además, los muros no presentan el confinamiento adecuado, dado que no presentan la junta necesaria con el sistema resistente.

De aquí sale el alcance de este estudio, el cual es determinar el grado de Vulnerabilidad en que se encuentra la edificación y dar recomendaciones al respecto teniendo en cuenta los resultados del estudio.

- PROCEDIMIENTO DE EVALUACION Y DISEÑO:

➤ Información Preliminar:

Paso 1: De acuerdo al objeto del estudio, la estructura a intervenir hace parte de los siguientes Alcances que se encuentran en la Norma:

- **Vulnerabilidad Sísmica**

Por lo que se puede decir que la estructura a analizar se encuentra dentro del alcance y se sigue con los siguientes pasos.

Paso 2: Con respecto a la información existente de la estructura en estudio, tanto en planos existentes y procedimientos constructivos, fue posible contar con los planos en su mayoría tanto arquitectónicos como estructurales, no se encontró información alguna del procedimiento de diseño o estudio de suelos propio de la estructura.

12.3 Información previa:

En general, se puede concluir que la calidad de la construcción de buena a regular, debido a que fueron empleadas algunas prácticas que no son permitidas por la NSR-10, como es el caso antes mencionado en los muros de mampostería no estructural. Con respecto a las losas de entre pisos no se evidencia problemas estructurales, aunque de igual forma se realiza exploración de esta teniendo en cuenta el tipo de losa, dimensiones y resistencias, así como su distribución de refuerzos

Paso 3: Estado del sistema estructural: Con respecto al estado del sistema estructural general de la estructura se tienen las siguientes conclusiones, del trabajo de campo realizado:

Con Respecto a la **calidad del Diseño y la construcción de la estructura original**, se realizaron unos ensayos de los materiales de los elementos existentes para conocer la resistencia, la distribución de refuerzos se conoce dado que se contó con los planos estructurales, para modelarla y ver cómo es su comportamiento ante las diferentes solicitaciones. El ensayo que se realizó fue con el esclerómetro en los elementos estructurales representativos de cada parte del sistema estructural, además se hicieron múltiples reconocimientos visuales y mediciones de campo para comprobar que se haya construido como se proyectó en el diseño.

A continuación, se describe los datos obtenidos, con base al plano mostrado a continuación de los lugares de los ensayos, sondeos y apiques realizados:

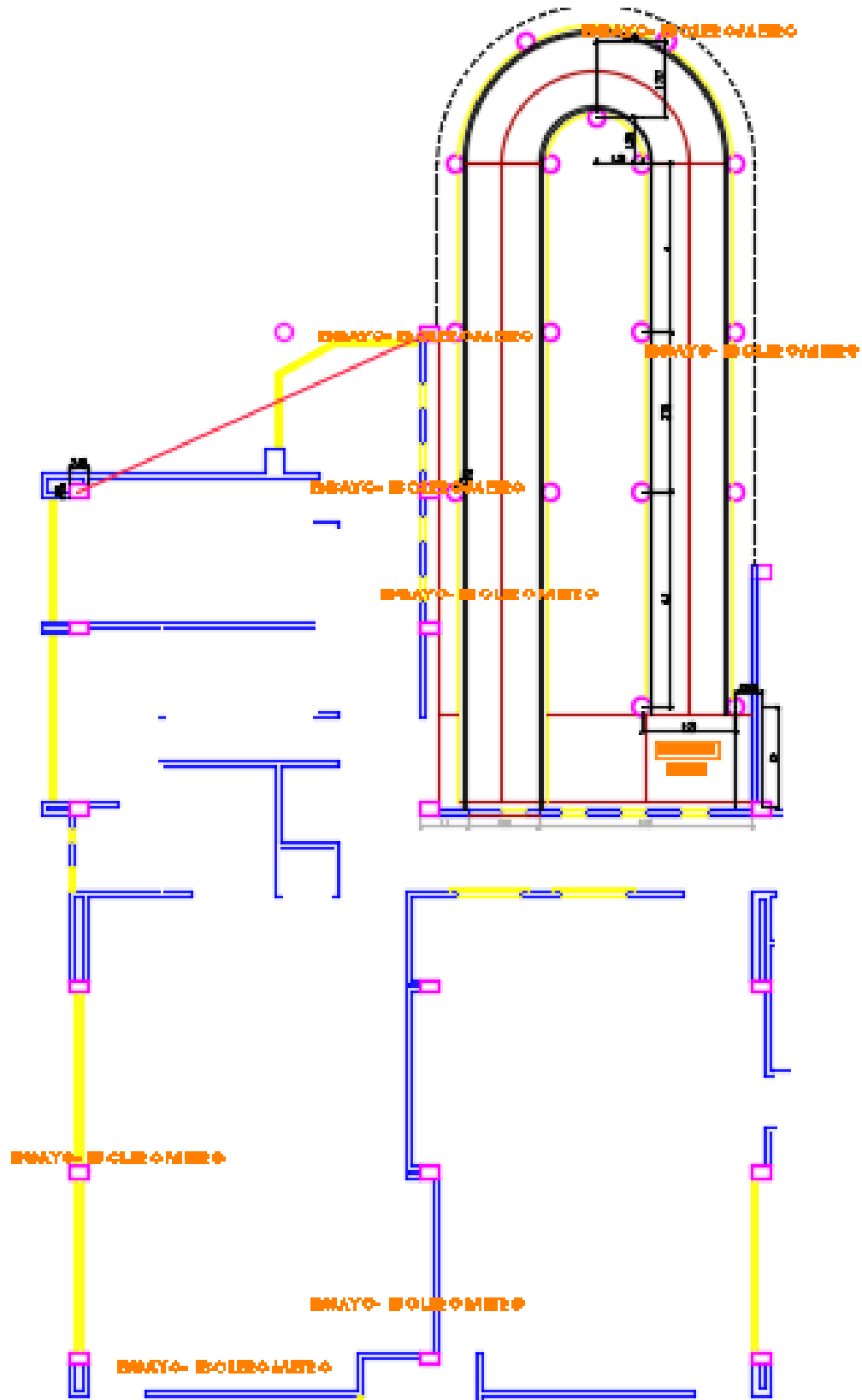
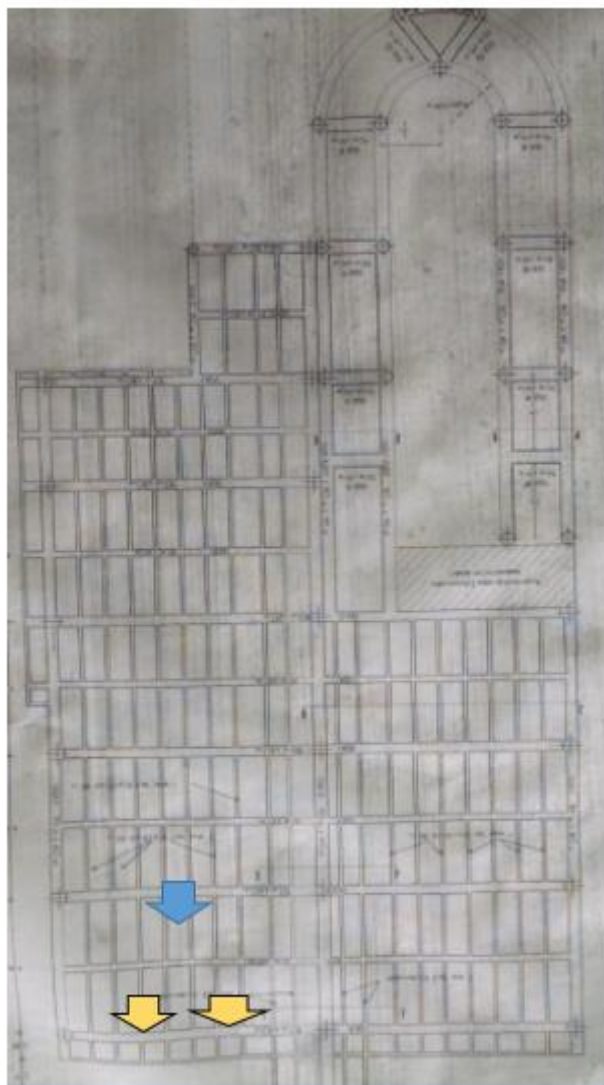


Imagen 96:planta primer piso- ubicación de ensayos de esclerómetro
fuente: obtenida por el autor

En la losa el ensayo fue realizado donde se muestran los puntos en la siguiente imagen



*Imagen 97: ubicación de los ensayos de esclerómetro
fuente: obtenida por el autor*

CIMENTACIÓN: Con la información obtenida se sabe que se cuenta con zapatas de áreas variables con una profundidad de desplante alrededor de los 1,6m y espesor que varía de 30cm a 40cm en cada zapata para todos los casos en la edificación. A continuación, se presenta un corte típico de las zapatas del edificio

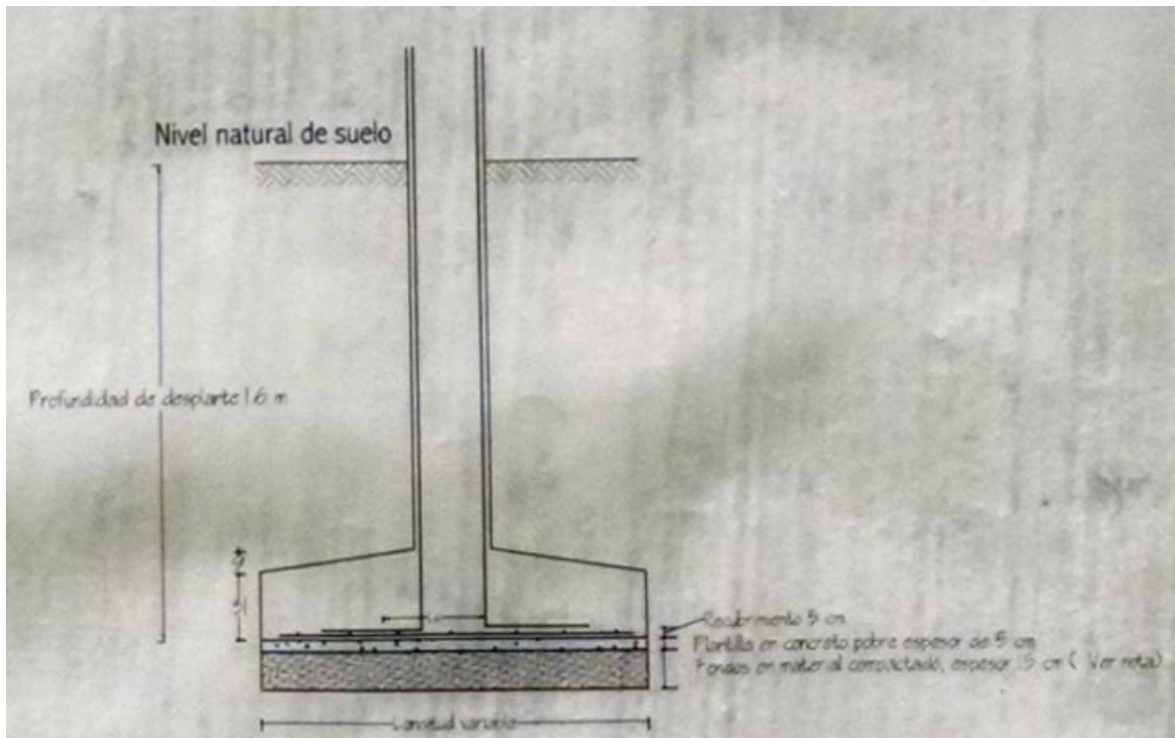


imagen 98: corte típico de zapata
fuente: planos estructurales

MUROS 1ER NIVEL Y 2DO NIVEL: comprenden mampostería en bloques abujardado en una sola cara 0,15. Trabados por las columnas existentes, se evidencian fallas y fusilamientos capilares en las paredes que denotan algún tipo de sobre esfuerzo en la estructura. La siguiente imagen ilustra el estado y material de los muros



imagen 99: tipos de muros
fuente: tomada por el autor

COLUMNAS: Se observaron en los estudios y levantamientos que los elementos que figuran como columnas corresponden a elementos en concreto de secciones de 30x45 cm², con 12 varillas #5, entre otras, como se ilustra en la siguiente imagen.

Presentan refuerzo principal en barras de acero corrugado, y barras de refuerzo transversal corrugadas.

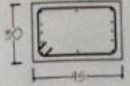
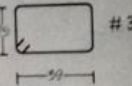
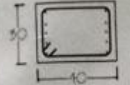
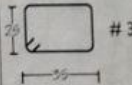
ELEMENTO	SECCION	GEOMETRIA	REFUERZO PRINCIPAL	ESTRIBOS	UBICACION
COLUMNA 1	Cuadrada		12 # 5	 # 3, L=140 cm	1A- 1B - 1C - 1D 3A- 3B - 3C - 3D - 3E - 3F
COLUMNA 2	Cuadrada		10 # 5	 # 3, L=130 cm	2A- 2B - 2C
COLUMNA 3	Cuadrada		8 # 4	 # 3, L=110 cm	2G
COLUMNA 4	Circular		8 # 4	 # 3, L=90 cm	2'G

imagen 100: configuración general de columnas
fuente: plano estructural

PLANTILLA DE PISO: se encontró una plantilla en concreto simple con piso en baldosas, no se observan agrietamientos en los pisos interiores, los pisos exteriores se denotan con fallas muy visibles, específicamente en la terraza donde se han separado de la estructura principal denotando un asentamiento.

RAMPA: el estado de la estructura es buena, no se observan grietas ni fisuras, material en concreto.

LOSA ENTREPISO: La losa de entrepiso se encuentra formada por una losa aligerada en concreto reforzado. La altura de la losa de entre pisos y la de cubierta es de 30 cm, con vigas de 30 cm de ancho, y la dimensión de los nervios es de 10 cm de ancho por 30 cm de alto.

12.4 DIMENSIONES ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

CIMENTACIONES:

TIPO DE ZAPATA	CANTIDAD	SECCION		MEDIDAS	ALTURAS (cm)	DESCRIPCION	
		PLANTA	CORTE			REFUERZO	PESO/Acero
A	3	Cuadrada	Trapezoidal	1.2 x 1.2	Inicial 30-Final 40	11# 4 L=1.1 ambas direcciones	24
A'	2	Cuadrada	Trapezoidal	1.0 x 1.0	Inicial 30-Final 40	9# 4 L=1.0 ambas direcciones	17.89
B	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.8 x 1.8	Inicial 30-Final 40	15 # 4 L=1.4 ambas direcciones	38.72
C	1	Cuadrada	Trapezoidal	2.0 x 2.0	Inicial 30-Final 40	20 # 4 L=1.9 ambas direcciones	75.44
D	1	Cuadrada	Trapezoidal	2.1 x 2.1	Inicial 30-Final 40	22 # 4 L= 2.0 ambas direcciones	87.47
E	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.9 x 1.9	Inicial 30-Final 40	18 # 4 L=1.8 ambas direcciones	64.41
F	2	Cuadrada	Trapezoidal	1.5 x 1.5	Inicial 30-Final 40	12# 4 L=1.4 ambas direcciones	33.4
G	2	Cuadrada	Trapezoidal	1.4 x 1.4	Inicial 30-Final 40	11# 4 L=1.3 ambas direcciones	26.42
H	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.6 x 1.6	Inicial 30-Final 40	11# 4 L=1.5 ambas direcciones	32.08
I	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.6 x 1.6	Inicial 30-Final 40	13# 4 L=1.4 ambas direcciones	36.18
J	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.3 x 1.3	Inicial 30-Final 40	11# 4 L=1.2 mbas direcciones	26.24
K	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.4 x 1.4	Inicial 30-Final 40	10 # 4 L=1.3 mbas direcciones	25.84
L	1	Cuadrada	Trapezoidal	1.4 x 2.0	Inicial 30-Final 40	10 # 4 L=1.3 mbas direcciones	25.84

imagen 101: Dimensiones de zapatas
fuente: plano estructural

TIPO DE ZAPATA	CANTIDAD	SECCION		MEDIDAS	ALTURAS (cm)	DESCRIPCION	
		PLANTA	CORTE			REFUERZO	PESO/Acero
R ₁	2	Cuadrada	Trapezoidal	1.1 x 1.1	Inicial 30-Final 40	10# 4 L=1.0 ambas direcciones	24
R ₂	5	Cuadrada	Trapezoidal	1.2 x 1.2	Inicial 30-Final 40	11 # 4 L=1.1 ambas direcciones	17.89
R ₃	1	Trapezoidal	Trapezoidal	1.3 x 1.3	Inicial 30-Final 40	13 # 4 L=1.2 ambas direcciones	38.72
R ₄	6	Trapezoidal	Trapezoidal	1.4 x 1.4	Inicial 30-Final 40	14 # 4 L=1.3 ambas direcciones	38.72
R ₅	1	Trapezoidal	Trapezoidal	1.5 x 1.5	Inicial 30-Final 40	14 # 4 L=1.4 ambas direcciones	38.72

imagen 102: Dimensiones de zapatas
fuente: plano estructural

COLUMNAS y VIGAS:

Columnas: altura libre de columnas 3.11 m. para 1er nivel y 2.90 m. para el 2do nivel

INFORMACION DE COLUMNAS - BLOQUE DE DOS PISOS

PRIMER PISO

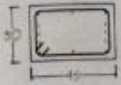
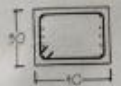
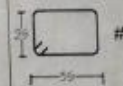
ELEMENTO	SECCION	GEOMETRIA	REFUERZO PRINCIPAL	ESTRIBOS	UBICACION
COLUMNA 1	Cuadrada		12 # 5		1A- 1B - 1C - 1D 3A- 3B - 3C - 3D - 3E - 3F
COLUMNA 2	Cuadrada		10 # 5		2A- 2B - 2C
COLUMNA 3	Cuadrada		8 # 4		2G
COLUMNA 4	Circular		8 # 4		2'G

imagen 103: dimensiones de columnas
fuente: plano estructural

SEGUNDO PISO

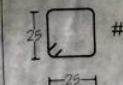
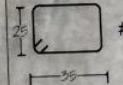
COLUMNA 5	Cuadrada		6 # 4		1A- 1B - 1C 2A- 2B - 2C 3A- 3B - 3C - 3E - 3F
COLUMNA 6	Cuadrada		10 # 5		1D- 2D - 3D 2A

imagen 104: dimensiones de columnas
fuente: plano estructural

INFORMACION DE COLUMNAS - RAMPA DE ACCESO					
ELEMENTO	SECCION	GEOMETRIA	REFUERZO PRINCIPAL	ESTRIBOS	DIAMETRO COLUMNA
COLUMNA R ₁ Zona inferior de rampas	Circular		9 # 5	 # 3, L=105 cm	Ø 35 cm
COLUMNA R ₂ Zona sobre rampa	Circular		6 # 5	 # 3, L=90 cm	Ø 30 cm

imagen 105: dimensiones de columnas
fuente: plano estructural

- V1 = sección (0.30X0.60) m
Refuerzo principal = 8 barra de 5/8" corrugada (4 arriba y 4 abajo)
Refuerzo Transversal = estribos 3/8" en barra corrugada cada 10 y 20 cm.
- V2 = sección (0.35X0.60) m
Refuerzo principal = 8 barra de 5/8" corrugada (4 arriba y 4 abajo)
Refuerzo Transversal = estribos 3/8" en barra corrugada cada 10 y 20 cm.
- V3 = sección (0.40X0.60) m
Refuerzo principal = 8 barra de 5/8" corrugada (4 arriba y 4 abajo)
Refuerzo Transversal = estribos 3/8" en barra corrugada cada 10 y 20 cm.
- **LOSA DE ENTREPISO:**
 - Losa Aligerada= 35 cm de espesor losa principal y 5 cm en acabados. Losa secundaria encontrada sobre losa principal con espesor de 5 cm y 1 cm en acabados. Espesor total de losa (41 cm). Espaciamiento de centro a centro de nervios de 82 cm en promedio.
 - Refuerzo de los nervios: Una barra de 1/2" arriba y una abajo.
- **MAMPOSTERÍA:**
 - Mampostería 1er Nivel= Anchos de muro principales 0.15 metros, anchos de muros divisorios 0.12 metros.
 - Mampostería 2do Nivel= Anchos de muro principales 0.15 metros, anchos de muros divisorios 0.12 metros. Columnas y machones como elemento de rigidez en mampostería, viga de confinamiento superior de ancho de muro x 0.12 m

12.5 REGISTRO FOTOGRAFICO GENERAL DEL ESTUDIO



*imagen 106: esclerómetro SilverSchmidt
fuente: tomada por el autos*



*imagen 107: pueba de esclerometría: losa primer nivel
fuente: tomada por el autor*



imagen 109: lectura de resultados
fuente: tomada por el autor



imagen 108: prueba de esclerometria en losa
fuente: tomada por el autor



imagen 110: prueba de esclerometria en nervios de losa
fuente: tomada por el autor



*imagen 112: limpieza de zona de prueba en columnas
fuente: tomada por el autor*



*imagen 111: prueba de esclerometria en columnas
fuente: tomada por el autor*



imagen 113: prueba en columnas
fuente: tomada por el autor



imagen 114. Prueba en columnas de rampa
fuente: tomada por el autor



imagen 116: prueba en columnas de rampa
fuente: tomada por el autor



imagen 115: esclerometria en losa de rampa



*imagen 117: esclerometria en vigas losa de
rampa
fuente: tomada por el autor*



*imagen 118. Esclerometría en vigas losa
de
rampa
fuente: tomada por el autor*

12.6 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Nro DE SERIE	NOMBRE	UBICACIÓN DEL ELEMENTO	PROMEDIO DE GOLPE	NRO DE GOLPES	RESISTENCIA SEGÚN CURBA BASE DE LA TESIS DEL TESIS ING. ALVARO OROZCO
4160	LOSA	PRIMER PISO	43,2	16	17,5 Mpa
4191	losa	PRIMER PISO	45,7	12	20Mpa
4176	viga	viga A CON EJE 2-2"	51	12	26,5Mpa
4201	viga	VIGA a CON EJE 2-2"	42,5	12	17Mpa
4214	VIGA	VIGA a CON EJE 2"-3	49,1	10	23,5mPA
4228	c/mna estructura	columna 2E	57,9	12	36Mpa
4244	c/mna estructura	columna 2F	57,9	12	36Mpa
4257	c/mna rampa	columna 1F	43,3	12	17,5Mpa
4270	c/mna rampa	columna 5M	50,6	12	26Mpa
4281	losa rampa	primera pendiente	43,4	12	18Mpa
4317	losa rampa	primera pendiente	45,6	10	20Mpa
4329	losa rampa	descanso	55,2	10	31,5Mpa
4293	vigas rampa	viga longitudinal R	42,1	10	16,5Mpa
4305	vigas rampa	viga longitudinal R	42,7	12	17 Mpa
4339	vigas rampa	viga transversal	53,9	12	18Mpa

Tabla 27: resultados del ensayo de esclerómetro en los elementos de la estructura
fuente: obtenida por el autor

12.7 EVALUACION DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE:

12.7.1 Pasos 4 al paso 10: Solicitaciones equivalentes y análisis elástico de la estructura:

La estructura se analiza con los resultados obtenidos del levantamiento estructural y de los ensayos de resistencia del concreto realizados.

12.8 DISEÑO ESTRUCTURAL

A las estructuras se le realizó el análisis sísmico cumpliendo con las especificaciones de la NSR 10, así como todos los cálculos estructurales. Para el análisis estructural se usó el siguiente programa bajo las consideraciones de la norma Colombiana.

- ETABS 2016. V2.1

Los materiales utilizados en el análisis son los siguientes:

- Concreto: de acuerdo a los resultados de Las correlaciones con el esclerómetro para cada elemento.
- Acero de refuerzo:
Fy=420MPa. Y para diámetros mayores o iguales a la barra de 3/8", de acuerdo a los planos estructurales.

El diseño estructural se realizó con los pasos mostrados el capítulo A de la NSR 10, el cual indica el "*procedimiento de diseño y construcción*", específicamente en el artículo A.1.3.4 que hace parte del diseño estructural. Los pasos a seguir son los siguientes:

PASO 1: PRE DIMENSIONAMIENTO Y COORDINACIÓN CON LOS OTROS PROFESIONALES:

El sistema estructural que se encuentra actualmente es el de pórtico en concreto reforzado. Las dimensiones se escogen de acuerdo al levantamiento estructural realizado.

PASO 2: EVALUACIÓN DE LAS SOLICITACIONES DEFINITIVAS:

Con las dimensiones de los elementos de la estructura definida como resultado del paso número 1, se evalúan ahora todas las solicitaciones que pueden afectar la edificación de acuerdo a los requisitos del título B de la NSR 10. La masa de la edificación se determina con la carga muerta que se presenta en el avalúo de carga. El corte de la losa aligerada, y la planta tipo se muestran a continuación, aclarando que los detalles y escalas se encuentran de una forma más organizada en los planos estructurales.

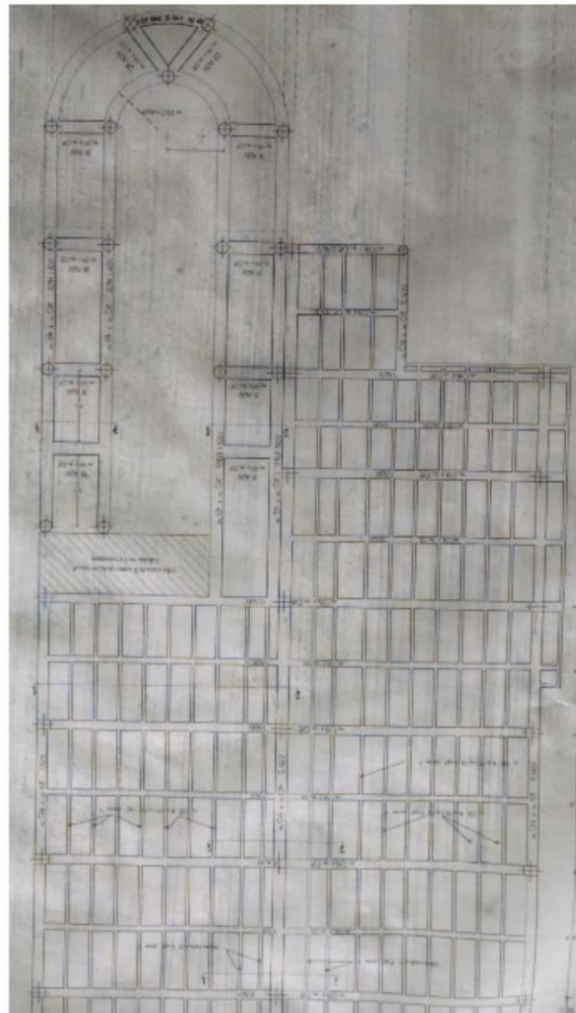
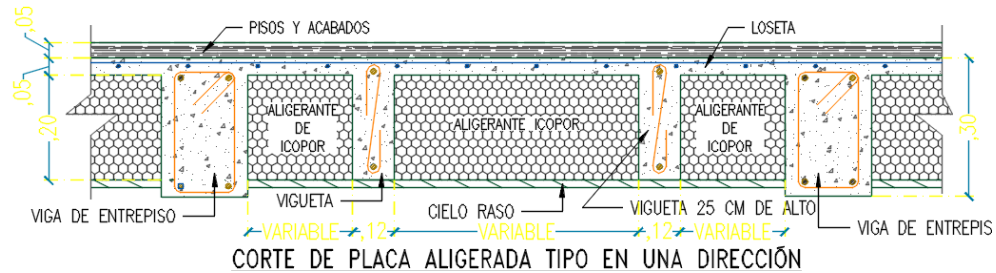


Imagen 119: planta estructural actual
fuente: planos obtenidos en planeación

12.9 AVALUO DE CARGAS Y REVISIÓN DE LOS NERVIOS

12.9.1 LOSA ALIGERADA EN UNA DIRECCION:

□□ CARGA PESO PROPIO (D): Calculado por el programa.

□□ CARGA MUERTA (D): Muros: 1,8 Kn/Mt²

Pisos: 0,6 Kn/Mt²

Relleno (mortero) 0,52 Kn/Mt²

Cielo y tuberías: 0,25 Kn/Mt²

Muebles para laboratorio (fijos): 0,43 Kn/Mt²

$\Sigma \rightarrow 3,5 \text{ Kn/Mt}^2$

12.9.2 CARGA VIVA (L): 4,0 Kn/Mt²

12.9.3 CUBIERTA INCLINADA:

□□ CARGA PESO PROPIO (D): Calculado por el programa.

□□ CARGA MUERTA (D): Teja: 0,12 Kn/Mt²

Tuberías: 0,25 Kn/Mt²

$\Sigma \rightarrow 0,37 \text{ Kn/Mt}^2$

□□ CARGA VIVA (L): 0,50 Un/Mt² (TABLA B.4.2.1-2)

12.10 PASO 3, 4, 5, 6, 7 y 8: OBTENCION DEL NIVEL DE AMENAZA SISMICA Y EL VALOR A_a y A_v , MOVIMIENTOS SÍSMICOS DE DISEÑO, CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURACION Y DEL MATERIAL ESTRUCTURAL EMPLEADO, GRADO DE IRREGULARIDAD Y PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS, Y ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ESTRUCTURA:

Este paso consiste en localizar el lugar donde se construirá la edificación dentro de los mapas de zonificación sísmica dados en el capítulo A.2 del reglamento y en determinar el nivel de amenaza sísmica del lugar, de acuerdo al valor del parámetro A_a obtenido en los mapas; la edificación es de grupo de uso II. Como la edificación en estudio se encuentra en el Municipio de Universidad De Sucre, los datos obtenidos de la norma son:

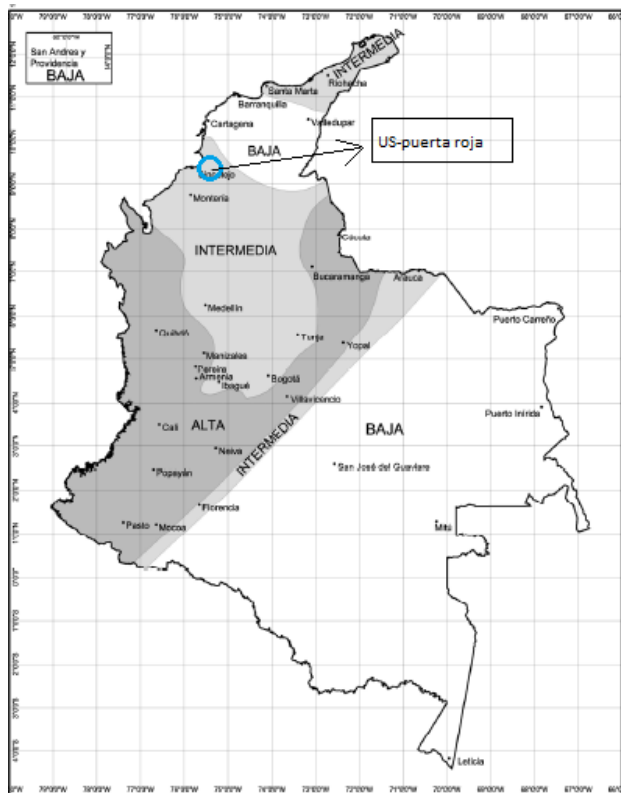


Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de A_v y A_a

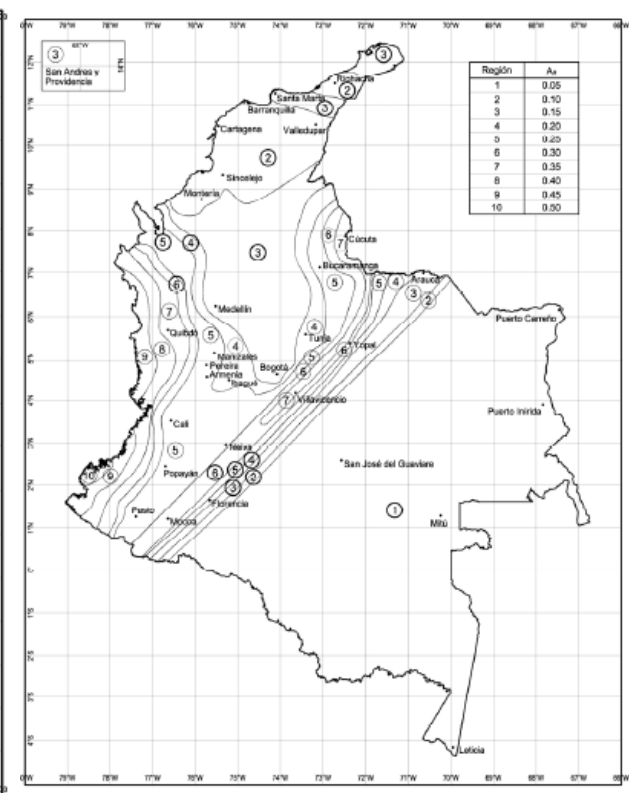


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de A_v

Imagen 120: zona sísmica de la estructura
fuente: NSR-10

De la figura A.2.3-1 El nivel de amenaza sísmica se clasifica como Intermedio.

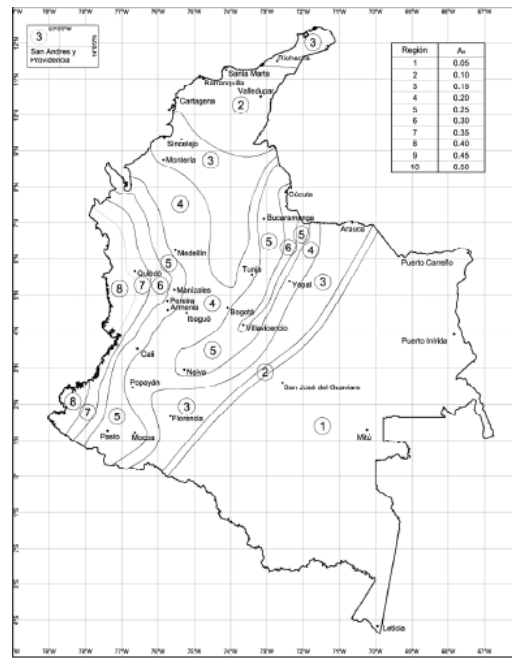


Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de A_v

Imagen 121: DETERMINACION DE A_v de Idiseño
fuente: nsr-10

De las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3, y de la tabla A.2.3-2 de la NSR 10, el municipio de Sincelejo el A_a es de 0.10, y el A_v de 0.15. El perfil de suelo es D.

Departamento de Sucre						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Sincelejo	70001	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Buenavista	70110	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Caimito	70124	0.15	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Chalán	70230	0.10	0.15	Intermedia	0.08	0.04
Coloso	70204	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Corozal	70215	0.10	0.15	Intermedia	0.05	0.04
El Roble	70233	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Galeras	70235	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Guarandá	70265	0.15	0.15	Intermedia	0.06	0.05
La Unión	70400	0.15	0.15	Intermedia	0.05	0.04
Los Palmitos	70418	0.10	0.15	Intermedia	0.05	0.04
Majagual	70429	0.15	0.15	Intermedia	0.04	0.04
Morroa	70473	0.10	0.15	Intermedia	0.07	0.04
Ovejas	70508	0.10	0.15	Intermedia	0.06	0.04
Palmito	70523	0.10	0.15	Intermedia	0.05	0.04
Sampués	70670	0.10	0.15	Intermedia	0.06	0.04
San Benito Abad	70678	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
San Juan Betulia	70702	0.10	0.15	Intermedia	0.05	0.03
San Marcos	70708	0.15	0.15	Intermedia	0.04	0.04
San Onofre	70713	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
San Pedro	70717	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Sincé	70742	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Sucre	70771	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Tolú	70820	0.10	0.15	Intermedia	0.04	0.03
Tolúviejo	70823	0.10	0.15	Intermedia	0.06	0.04

Imagen 122: determinación de valores de diseño.

fuentes: NSR-10

Se definen unos movimientos sísmicos de diseño en el lugar de la edificación, tomado los parámetros anteriores. De igual forma se realizó el chequeo de las irregularidades.

Desde este paso se hará el análisis estructural, para verificar que las derivas presentadas en la estructura, cumplan con lo requerido por la NSR 10, que debe ser, para el caso del sistema de pórticos estructurales, menor del 1% de la altura libre de las columnas entre.

Con ese mismo análisis, se chequea si los elementos cumplen los requisitos de solicitaciones de cargas, en donde se presentan los momentos y cortantes, presentados en los nervios y en los pórticos, que se utilizarán posteriormente para la revisión definitiva estructural y los posteriores chequeos de Índices de Sobre-esfuerzo y de deflexión.

12.11 PASO 9: DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

En las tablas arrojadas por el programa, se observan todos los datos que se presentaron en la estructura, con las cargas aplicadas. Se utilizó como referencia los procedimientos dados en el capítulo A.6. Entre estas tablas está el de los desplazamientos horizontales de los nodos, que en el siguiente paso se indica cómo se chequea que estos estén dentro de lo permitido por la NSR 10, el cual se hará en el paso 10.

12.12 PASO 10: VERIFICACIÓN DE DERIVAS:

El chequeo de derivas, se hace con la tabla de los desplazamientos de los nodos de los niveles consecutivos, teniendo en cuenta que no debe ser mayor del 1% de la luz libre de la altura de las columnas, como se indica en el capítulo A.6 de la NSR 10, por lo que se puede concluir de los resultados, que la parte de las derivas se cumple sin ningún problema.

La tabla de los desplazamientos horizontales, y por lo tanto el de las derivas se muestra a continuación:

12.13 PASO 11: COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES:

Se tienen en cuenta las diferentes combinaciones que están en el capítulo B.2 del reglamento, para obtener las fuerzas internas de diseño de la estructura.

Para el diseño de los elementos definitivos, el efecto causado por el sismo, tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, E , obtenido dividiendo la fuerza sísmica que se determinó anteriormente, con el coeficiente de capacidad de disipación de energía R .

12.14 PASO 12: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. La parte de la revisión, se muestra como se había indicado al principio de este documento, en unas hojas resultantes de los diferentes programas utilizados, que trabajan con los momentos y fuerzas cortantes, obtenidas en el análisis que se realizó con el uso de las diferentes combinaciones. Como resumen general de este procedimiento se realizan las obtenciones de los índices de Vulnerabilidad respectivos.

12.15 PARAMETROS SISMICOS, DE ACUERDO A LA NSR-10 (DMO)

Dirección Y	Dirección	X
Método análisis-	FUERZA HORIZONTAL	
EQUIVALENTE	PORTICOS EN	
Sistema de resistencia sísmica-	DMO INTERMEDIA	
CONCRETO		
Capacidad disipación de energía-		
Coeficiente aceleración horizontal pico		
Efectiva, Aa-	0.10	
Coeficiente velocidad horizontal pico efectiva,		
Av-	0.15	
Coeficiente de importancia-	Grupo de uso III	
(I=1,25)		
Perfil de suelo (según estudio geotécnico)-	C	
Coeficiente de amplificación, Fa-	1.2	
Coeficiente de amplificación, Fv-	1.7	
Coeficiente capacidad disipación energía		
Básico, Ro-	3.5	3.5
Irregularidad en planta	0.9	0.9
Irregularidad en altura	0.9	0.9
Redundancia	1	1
Coeficiente capacidad disipación energía, R-	2.835	2.835
Ct-	0.047	0.047
α -	0.9	0.9
Altura de la edificación, H (Mt)-	7.4	7.4
Periodo fundamental, Ta-		0.2847
To-		0.2125
Tc-		1.02
TI-		4.08
Sa, $(2,5 \cdot Aa \cdot Fa \cdot I) =$		0.375
Peso de la estructura-	CALCULADO POR EL	
PROGRAMA		

La asignación de la carga sísmica se realizara a través del programa. (Ver reporte adjunto)

Conociendo el valor del espectro de diseño con la ayuda del software ETABS 2016 en el cual e modelo la estructura, se lleva a cabo el cálculo, resistencia sísmica y otros parámetros necesarios para la investigación siguiendo los pasos del método de la fuerza horizontal equivalente, descrita en el titulo A.4 de la NSR-10.

el método del umbral de daño, al ser una edificación de dos pisos, se notó que es menos critico que el método escogido(ver anexo). Por lo cual el reporte a continuación obedece a método de la fuerza horizontal equivalente, descrita en el titulo A.4 de la NSR-10.

12.16 PASO 4: COMBINACION DE LAS DIFERENTES SOLICITACIONES:

Se tienen en cuenta las diferentes combinaciones que están en el capítulo B.2 del reglamento, para obtener las fuerzas internas de diseño de las estructuras. Para el diseño de los elementos definitivos, el efecto causado por el sismo, tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, lo cual se logra empleando unos efectos sísmicos reducidos de diseño, E , obtenido dividiendo la fuerza sísmica que se determinó anteriormente, con el coeficiente de capacidad de disipación de energía R .

12.17 PASO 5: REVISIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

Se lleva a cabo de acuerdo con los requisitos propios del sistema de resistencia sísmica y del material estructural utilizado. La parte de la revisión del diseño, se muestra las memorias resultantes de los diferentes programas utilizados, que trabajan con los momentos y fuerzas cortantes, obtenidas en el análisis que se realizó con el uso de las diferentes combinaciones.

Los resultados se muestran a continuación:

VISTA EN EXTRUSION DE ESTRUCTURA



Imagen 124: vista general de la estructura
fuente: obtenida por el autor

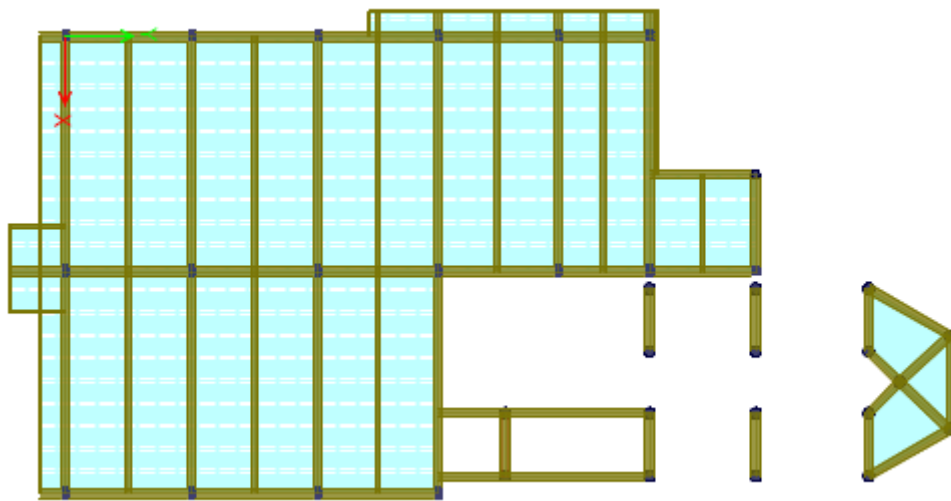


Imagen 123: plata estructural de la estructura
fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016

12.18 RESULTADOS DEL ANALISIS POR MEDIO DEL METODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE.

DERIVAS

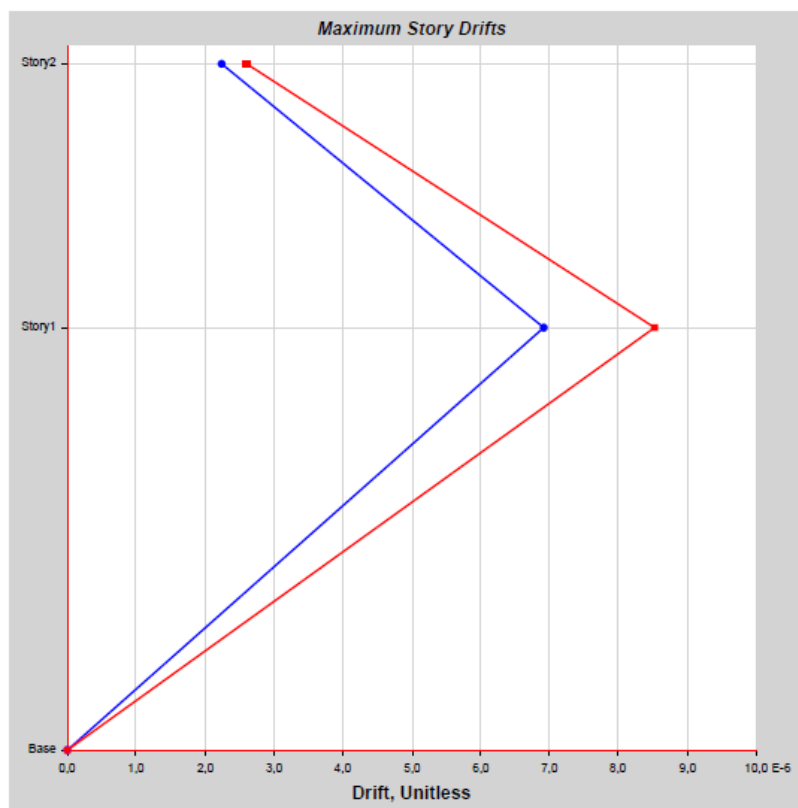


Imagen 125 derivas de la estructura
fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016

Tabulated Plot Coordinates

Story Response Values

Story	Elevation mm	Location	X-Dir	Y-Dir
Story2	7810	Top	0,000002	0,000003
Story1	4810	Top	0,000007	0,000009
Base	0	Top	0	0

Imagen 126: valores de las derivas de la estructura
fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016

12.19 INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE ENTRE-PISO DIRECCION X

vigas de entre piso dirección X				
viga	zona	Is (M+)	Is (M-)	Is (cortante)
B23-VG	inicio	0,21	0,17	0,25
	medio	0,21	0,104	0,2
	fin	0,41	0,29	0,254
B19-Vf	inicio	0,56	0,67	0,82
	medio	0,46	0,28	0,26
	fin	0,64	0,65	0,18
B19-VE	inicio	0,47	0,57	0,81
	medio	0,344	0,27	0,22
	fin	0,64	0,68	0,1
B9-VD1	inicio	0,49	0,6	0,9
	medio	0,41	0,47	0,1
	fin	0,72	0,88	0,8
B10-VD2	inicio	0,98	1,13	1,03
	medio	0,45	0,58	0,17
	fin	0,71	0,82	0,53
B8-VC1	inicio	0,71	0,73	0,4
	medio	0,39	0,26	0,1
	fin	0,72	0,82	0,74

B7-VC2	inicio	0,71	0,82	0,79
	medio	0,28	0,42	0,1
	fin	0,72	0,71	0,43
B6-VB1	inicio	0,722	0,82	0,43
	medio	0,335	0,44	0,1
	fin	0,71	0,86	0,8
B5-VB2	inicio	0,72	0,87	0,85
	medio	0,29	0,43	0,1
	fin	0,76	0,8	0,52
B13-VA1	inicio	0,9	1,21	0,88
	medio	0,39	0,47	0,1
	fin	0,71	1	0,119
B13-VA2	inicio	0,72	0,896	0,76
	medio	0,353	0,45	0,15
	fin	0,95	1,21	0,45

Tabla 28: índices de sobre esfuerzo en vigas de entre piso dirección X
fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016. Excel 2013

INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE ENTRE-PISO DIRECCIÓN Y

vigas de entre piso dirección Y				
viga	zona	Is (M+)	Is (M-)	Is (cortante)
B31-V1	inicio	0,626	0,64	0,36
	medio	0,26	0,21	0,4

	fin	0,411	0,588	0,389
B26-V2	inicio	0,47	0,45	0,674
	medio	0,5	0,42	0,55
	fin	0,34	0,67	0,46
B26-V2	inicio	0,5	0,52	0,426
	medio	0,45	0,57	0,386
	fin	0,67	0,84	0,46

Tabla 29: índices de sobre esfuerzo en vigas de entre piso en dirección Y
fuente: obtenida por el autor.Etabs 2016. Excel 201

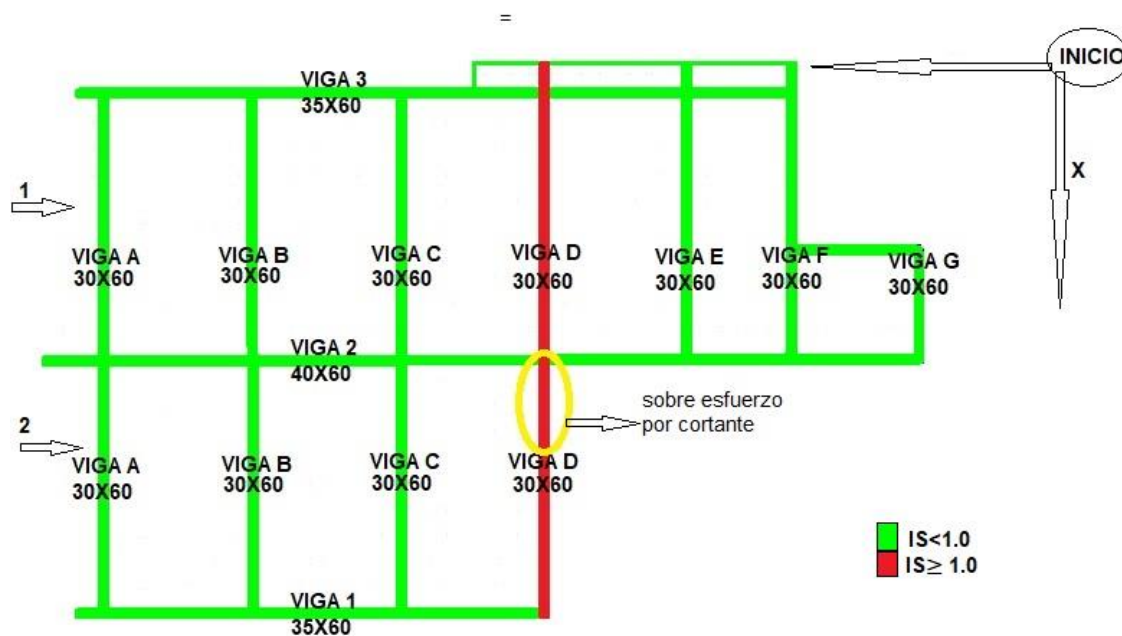


Imagen 127: visualización de resultados-ubicación del sobre esfuerzo por cortante
fuente: obtenida por el autor

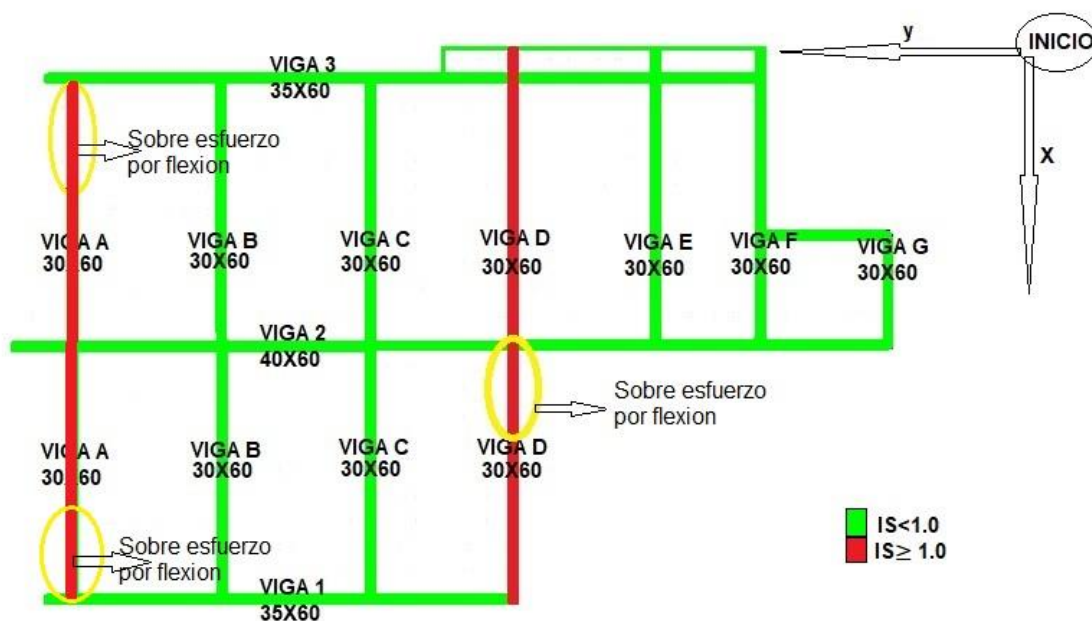


Imagen 128: visualización de resultados-ubicación de sobre esfuerzo por flexión
fuente: obtenida por el autor

12.20 INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE COLUMNAS PRIMER PISO

Label	Story	Section	Location	P	M Major	M Minor	PMM Combo	PMM Ratio or Rebar %
				kN	kN-cm	kN-cm		
C1	Story 2	COLUMNA30*30	Top	10,02 45	46,133	1212,2 86	envolvente	0,2
C1	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	14,43 56	792,78 6	1256,7 01	envolvente	0,2

C2	Story 2	COLUMNA30*30	Top	9,927 2	-75,926	- 444,72 8	envolven te	0,2
C2	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	14,33 82	- 1152,2 16	132,18 7	envolven te	0,2
C3	Story 2	COLUMNA30*30	Top	15,65 27	-172,65	- 1169,3 35	envolven te	0,2
C3	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	20,06 38	- 1076,1 95	1136,2 02	envolven te	0,2
C4	Story 2	COLUMNA30*30	Top	15,99 81	38,779	- 1198,4 19	envolven te	0,2
C4	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	20,40 91	- 1194,3 47	1080,7 47	envolven te	0,2
C5	Story 2	COLUMNA30*40	Top	14,86 98	2041,9 64	1775,8 02	envolven te	0,238
C5	Story 2	COLUMNA30*40	Bottom	21,48 63	- 8785,6 84	- 2029,7 54	envolven te	0,642
C6	Story 2	COLUMNA30*30	Top	13,70 81	-33,228	- 1511,7 65	envolven te	0,2
C6	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	18,11 91	- 752,65 5	1583,2 72	envolven te	0,2
C7	Story 2	COLUMNA30*40	Top	16,32 66	- 2399,7 45	2062,2 34	envolven te	0,278
C7	Story 2	COLUMNA30*40	Bottom	22,94 31	4989,8 45	- 3225,7 25	envolven te	0,49
C8	Story 2	COLUMNA30*30	Top	24,37 45	- 2092,6 39	- 1528,6 48	envolven te	0,2
C8	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	28,78 55	2710,6	1743,4 77	envolven te	0,2
C9	Story 2	COLUMNA30*30	Top	22,76 57	- 1814,4 5	- 1761,1 75	envolven te	0,2
C9	Story 2	COLUMNA30*30	Bottom	27,17 68	2500,5 24	1934,8 69	envolven te	0,2

C10	Story 2	COLUMNA30* 40	Top	45,30 12	3756,2 39	3040,6 04	envolven te	0,412
C10	Story 2	COLUMNA30* 40	Bottom	51,91 77	4839,4 86	- 2766,7 26	envolven te	0,433
C11	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	18,03 51	- 2026,5 64	- 1198,0 69	envolven te	0,2
C11	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	22,44 61	4253,4 36	1649,0 71	envolven te	0,215
C12	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	12,09 91	- 2419,0 02	- 1068,6 51	envolven te	0,24
C12	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	16,51 02	4159,7 09	- 1776,1 34	envolven te	0,215 6
C13	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	0,461 3	- 1218,3 19	- 1323,3 96	envolven te	0,1
C13	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	4,872 4	1533,9 54	1861,8 08	envolven te	0,23
C14	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	6,143 8	- 2418,2 46	- 922,86 2	envolven te	0,26
C14	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	10,55 48	2629,6 32	1152,0 49	envolven te	0,21
C15	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	14,12 07	- 2628,5 17	- 1826,9 03	envolven te	0,21
C15	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	18,53 17	3306,8 73	2032,2 59	envolven te	0,23
C16	Story 2	COLUMNA30* 30	Top	14,59 51	- 2407,6 55	- 1975,5 65	envolven te	0,01
C16	Story 2	COLUMNA30* 30	Bottom	19,00 61	3078,1 91	2186,0 31	envolven te	0,134
C17	Story 2	COLUMNA30* 40	Top	3,583 9	- 3536,2 87	- 2492,7 27	envolven te	0,37
C17	Story 2	COLUMNA30* 40	Bottom	10,20 05	7821,7 93	3049,1 03	envolven te	0,624
C19	Story 2	COLCIR45	Top	- 32,52 63	- 5793,7 97	- 3662,6 58	envolven te	0,665

C19	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 24,73 14	2518,7 2	- 3489,8 83	envolven te	0,421
C20	Story 2	COLCIR45	Top	- 15,47 54	- 5340,6 59	- 2886,8 12	envolven te	0,577
C20	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 7,680 5	2140,6 28	3085,8 05	envolven te	0,356
C21	Story 2	COLCIR45	Top	- 34,51 72	5487,6 91	- 1742,0 13	envolven te	0,568
C21	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 26,72 23	- 700,89 4	- 4302,6 07	envolven te	0,433
C22	Story 2	COLCIR45	Top	- 28,65 86	- 5477,2 3	- 2752,0 2	envolven te	0,598
C22	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 20,86 37	717,18 1	5693,4 1	envolven te	0,554
C23	Story 2	COLCIR45	Top	- 23,49 1	4170,8 25	4908,8 05	envolven te	0,622
C23	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 15,69 61	- 759,21 9	- 503,12 3	envolven te	0,105
C24	Story 2	COLCIR45	Top	- 19,31 63	- 4102,2 67	5652,9 08	envolven te	0,667
C24	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 11,52 14	766,23 2	- 880,65 9	envolven te	0,121
C25	Story 2	COLCIR45	Top	- 11,89 64	3733,5 39	- 4208,7 75	envolven te	0,505
C25	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 19,69 13	- 1356,4 24	- 944,19 5	envolven te	0,132
C26	Story 2	COLCIR45	Top	- 18,11 72	- 3362,5 78	5433,6 99	envolven te	0,608
C26	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 10,32 23	962,25 3	- 1311,8 29	envolven te	0,161

C27	Story 2	COLCIR45	Top	- 23,17 01	3262,5 92	4416,1 67	envolven te	0,533
C27	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 14,82 03	- 1103,9 31	- 1609,6 48	envolven te	0,196
C28	Story 2	COLCIR45	Top	- 11,42 92	- 3267,9 54	- 2295,2 41	envolven te	0,358
C28	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 19,22 41	- 1037,3 27	- 722,88 8	envolven te	0,096
C29	Story 2	COLCIR45	Top	- 16,59 66	- 3189,7 02	- 1293,1 29	envolven te	0,336
C29	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 8,801 7	- 881,39 7	- 2561,4 8	envolven te	0,26
C30	Story 2	COLCIR45	Top	- 6,596 6	- 2635,8 61	- 3004,9 37	envolven te	0,377
C30	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 1,198 3	- 759,38 5	- 1096,7 92	envolven te	0,121
C31	Story 2	COLCIR45	Top	- 6,640 6	- 2725,0 43	- 3354,0 6	envolven te	0,407
C31	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 1,154 3	- 837,55 8	- 1353,2 82	envolven te	0,144
C32	Story 2	COLCIR45	Top	- 11,91 7	- 2191,2 78	- 4077,5 43	envolven te	0,414
C32	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 19,71 2	- 1275,0 94	- 2567,0 97	envolven te	0,243
C33	Story 2	COLCIR45	Top	- 18,29 09	- 2365,2 75	- 4189,9 4	envolven te	0,423
C33	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 26,08 58	- 1401,7 2	- 3129,1 48	envolven te	0,289
C34	Story 2	COLCIR45	Top	- 42,34 13	- 3406,9 5	- 4472,0 95	envolven te	0,565

C34	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 34,54 64	- 1115,0 07	- 1464,1 09	envolven te	0,214
C35	Story 2	COLCIR45	Top	- 15,13 45	3155,8 81	- 4493,1 67	envolven te	0,52
C35	Story 2	COLCIR45	Bottom	- 7,339 6	1106,2 84	- 1402,1 23	envolven te	0,172
C36	Story 2	COLUMNACI R30	Top	1,816 8	1050,8 27	- 1062,4 08	envolven te	0,31
C36	Story 2	COLUMNACI R30	Bottom	5,281 2	- 1243,2 42	1551,1 03	envolven te	0,412

Tabla 30: Índices de sobre esfuerzo-columnas segundo nivel
fuente: obtenida por el autor. Etabs 2016

INDICES DE SOBRE-ESFUERZO VIGAS DE COLUMNAS SEGUNDO PISO

Lab el	Stor y	Section	Locati on	P	M Major	M Minor	PMM Combo	PMM Rati o or Reba r %
				kN	kN-cm	kN-cm		
C1	Story 1	COLREC30*45	Top	72,853 7	24644,7 45	- 16187,8 74	envolve nte	2,27 1
C1	Story 1	COLREC30*45	Bottom	83,567 4	- 24033,1 32	16806,8 3	envolve nte	2,29 1
C2	Story 1	COLREC30*45	Top	103,01 81	35917,6 14	15973,5 98	envolve nte	2,71 7
C2	Story 1	COLREC30*45	Bottom	113,73 18	- 37517,9 72	- 16770,4 65	envolve nte	2,84 2
C3	Story 1	COLREC30*45	Top	165,85 03	32744,6 4	16124,0 04	envolve nte	2,57 3
C3	Story 1	COLREC30*45	Bottom	176,56 4	- 33118,6 82	- 16862,5 17	envolve nte	2,64 2
C4	Story 1	COLREC30*45	Top	187,67 67	29123,7 83	16145,1 87	envolve nte	2,41 3

C4	Story 1	COLREC30*45	Bottom	198,39 04	- 28799,0 67	- 16881,0 74	envolve nte	2,45 3
C5	Story 1	COLREC30*45	Top	256,46 89	26973,2 6	16442,2 04	envolve nte	2,32 3
C5	Story 1	COLREC30*45	Bottom	267,18 25	- 26019,0 36	- 17063,8 74	envolve nte	2,33 1
C6	Story 1	COLREC30*45	Top	204,51 46	25684,2 44	- 16411,6 89	envolve nte	2,28 6
C6	Story 1	COLREC30*45	Bottom	215,22 82	- 24532,0 3	16941,8 67	envolve nte	2,27 8
C7	Story 1	COLUMNA30*40	Top	431,90 73	- 36238,8 36	11814,1 74	envolve nte	2,45 3
C7	Story 1	COLUMNA30*40	Bottom	442,62 1	37926,6 29	- 12184,4	envolve nte	2,55 5
C8	Story 1	COLUMNA30*40	Top	596,87 26	- 31047,4 34	11605,4 77	envolve nte	2,14 2
C8	Story 1	COLUMNA30*40	Bottom	607,58 63	32311,7 9	- 12057,4 77	envolve nte	2,23 3
C9	Story 1	COLUMNA30*40	Top	595,79 58	- 26653,8 35	11527,8 32	envolve nte	1,94 1
C9	Story 1	COLUMNA30*40	Bottom	606,50 95	27505,7 03	- 12000,0 95	envolve nte	2,01 5
C10	Story 1	COLREC30*45	Top	410,75 8	- 24636,2 16	- 11914,6 78	envolve nte	1,82
C10	Story 1	COLREC30*45	Bottom	421,47 16	24738,9 94	12130,6 56	envolve nte	1,83 7
C11	Story 1	COLREC30*45	Top	188,98 78	- 26594,3 59	- 11474,4 82	envolve nte	1,94 5
C11	Story 1	COLREC30*45	Bottom	199,70 15	25127,6 13	11884,5 36	envolve nte	1,91 1
C12	Story 1	COLREC30*45	Top	125,20 92	- 25053,3 27	- 11332,9 28	envolve nte	1,89 1

C12	Story 1	COLREC30*45	Bottom	135,92 29	24325,7 41	- 11851,7 81	envolve nte	1,89 7
C13	Story 1	COLUMNA30*30	Top	122,98 87	- 7217,52 4	- 7743,71 5	envolve nte	0,05 02
C13	Story 1	COLUMNA30*30	Bottom	134,59 52	7391,00 4	7978,94 6	envolve nte	0,05 31
C14	Story 1	COLREC30*45	Top	75,417 4	- 35353,3 63	9201,70 1	envolve nte	2,28 3
C14	Story 1	COLREC30*45	Bottom	86,131 1	37395,4 75	- 9591,52 5	envolve nte	2,40 3
C15	Story 1	COLREC30*45	Top	145,62 22	- 31938,3 54	9084,89	envolve nte	2,01 7
C15	Story 1	COLREC30*45	Bottom	156,33 59	32823,2 86	- 9522,56 6	envolve nte	2,07 4
C16	Story 1	COLREC30*45	Top	167,88 43	- 27366,3 69	- 9083,29 3	envolve nte	1,79 5
C16	Story 1	COLREC30*45	Bottom	178,59 8	27911,5 69	- 9512,15 9	envolve nte	1,84 9
C17	Story 1	COLREC30*45	Top	27,758 5	- 21419,6 87	- 9055,75 5	envolve nte	1,59 5
C17	Story 1	COLREC30*45	Bottom	38,472 2	22815,9 7	9444,90 6	envolve nte	1,68
C19	Story 1	COLCIR45	Top	4,9236	- 4835,83 1	6871,40 9	envolve nte	0,77 2
C19	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 125,33 38	416,309	- 21245,5 22	envolve nte	2,08 4
C20	Story 1	COLCIR45	Top	6,9479	- 4870,89 3	- 6988,85 6	envolve nte	0,77 6
C20	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 135,15 45	- 450,193	- 21813,1 24	envolve nte	2,14 6
C21	Story 1	COLCIR45	Top	- 47,217 9	2507,63 6	- 12167,6 75	envolve nte	1,19 6

C21	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 38,796 4	- 3792,71 2	16626,3 26	envolve nte	1,61 2
C22	Story 1	COLCIR45	Top	- 28,092 4	5930,19 5	10845,7 81	envolve nte	1,16 1
C22	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 53,478 3	3744,73 6	15293,0 63	envolve nte	1,50 4
C23	Story 1	COLCIR45	Top	- 51,066 1	4055,46 8	- 11677,2 45	envolve nte	1,19 9
C23	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 41,298 5	- 5440,43 8	14126,7 12	envolve nte	1,43 6
C24	Story 1	COLCIR45	Top	- 49,357 2	- 3976,53	- 9879,83 9	envolve nte	1,03 9
C24	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 39,589 5	5316,26 3	12098,4 04	envolve nte	1,25 6
C25	Story 1	COLCIR45	Top	5,3123	6591,79 1	- 8718,09 9	envolve nte	1,00 1
C25	Story 1	COLCIR45	Bottom	16,408 1	- 8204,01 6	11384,3 88	envolve nte	1,28 2
C26	Story 1	COLCIR45	Top	- 68,710 8	- 7452,22 6	- 4707,48 1	envolve nte	0,89 7
C26	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 57,615	8539,27 9	7796,22 6	envolve nte	1,12 7
C27	Story 1	COLCIR45	Top	- 150,23 09	9811,95 6	11828,7 24	envolve nte	1,60 7
C27	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 139,13 51	- 10947,9 69	- 14155,2 96	envolve nte	1,80 3
C28	Story 1	COLCIR45	Top	2,2377	- 9200,54 1	- 14705,2 17	envolve nte	1,58 5
C28	Story 1	COLCIR45	Bottom	13,333 5	9524,42 4	17010,7 86	envolve nte	1,77 3
C29	Story 1	COLCIR45	Top	- 50,512 1	7832,16 6	15188,0 22	envolve nte	1,61 8

C29	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 39,416 3	- 9061,05 4	- 18652,7 84	envolve nte	1,95 8
C30	Story 1	COLCIR45	Top	- 40,247 7	- 6364,60 4	- 15312,1 66	envolve nte	1,57 9
C30	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 28,456 4	- 7615,94 4	- 17200,4 82	envolve nte	1,77 2
C31	Story 1	COLCIR45	Top	- 45,605 5	- 6219,31	- 14189,2 55	envolve nte	1,48 3
C31	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 33,814 2	- 7452,13 5	- 16130,7 04	envolve nte	1,68
C32	Story 1	COLCIR45	Top	- 21,953 1	- 8380,86 5	- 13502,7 85	envolve nte	1,47 6
C32	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 9,5202	- 9614,82 1	- 15538,7 94	envolve nte	1,69 3
C33	Story 1	COLCIR45	Top	- 9,1427	- 8198,04	- 13424,0 8	envolve nte	1,44 9
C33	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 3,2902	- 9465,82 1	- 15331,1 36	envolve nte	1,65 6
C34	Story 1	COLCIR45	Top	- 34,568 4	- 1115,00 7	- 1464,10 9	envolve nte	0,21 4
C34	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 20,147 8	- 4028,16 3	- 5423,41 9	envolve nte	0,64 7
C35	Story 1	COLCIR45	Top	- 7,3547	- 1106,28 4	- 1402,12 3	envolve nte	0,17 2
C35	Story 1	COLCIR45	Bottom	- 7,0658	- 3986,25 4	- 5703,61 9	envolve nte	0,63 6
C36	Story 1	COLUMNACI R30	Top	- 276,71 23	- 3204,03 6	- 4833,53 9	envolve nte	1,18 8
C36	Story 1	COLUMNACI R30	Bottom	- 285,82 8	- 3331,14 7	- 4667,62 7	envolve nte	1,19 9

Tabla 31: Índices de sobre esfuerzo en columnas de primer nivel
fuente: obtenido por el autor. Etabs 2013

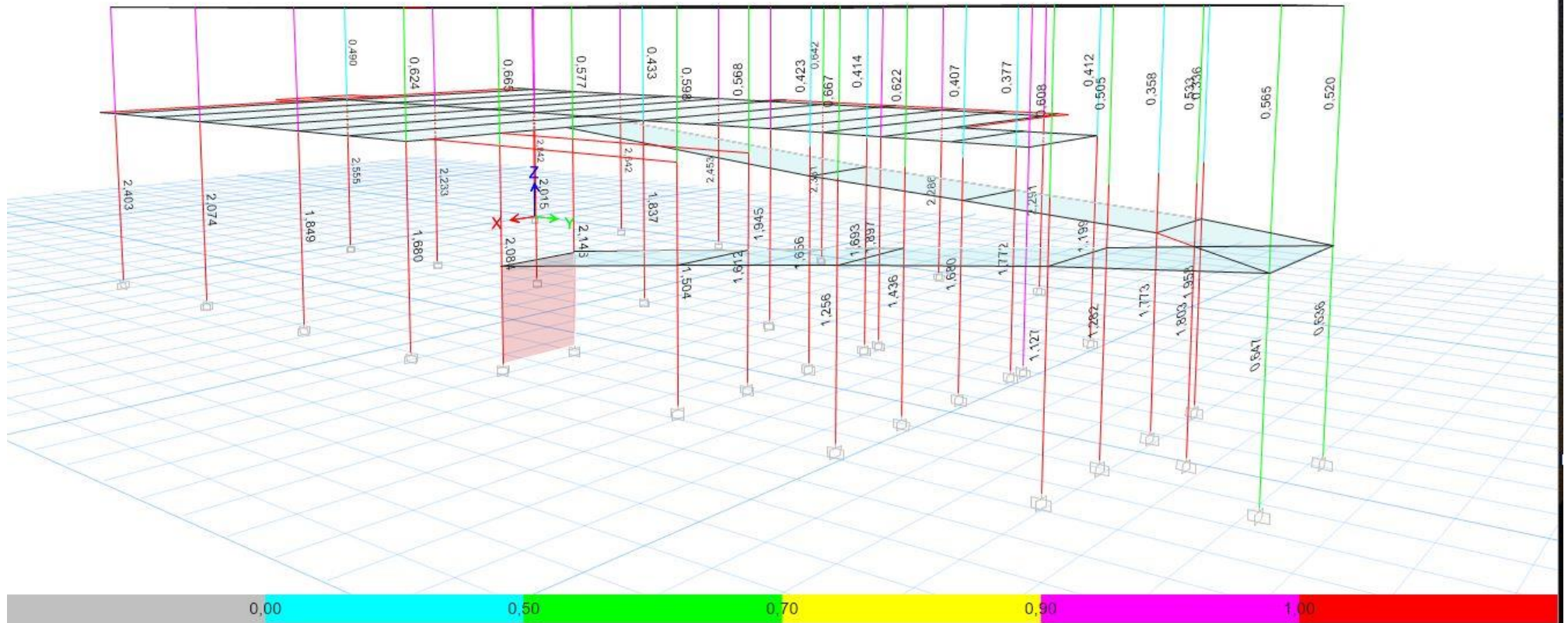


Imagen 129: visualización de resultados- índices de sobre esfuerzo en columnas
fuente: Etabs 2016

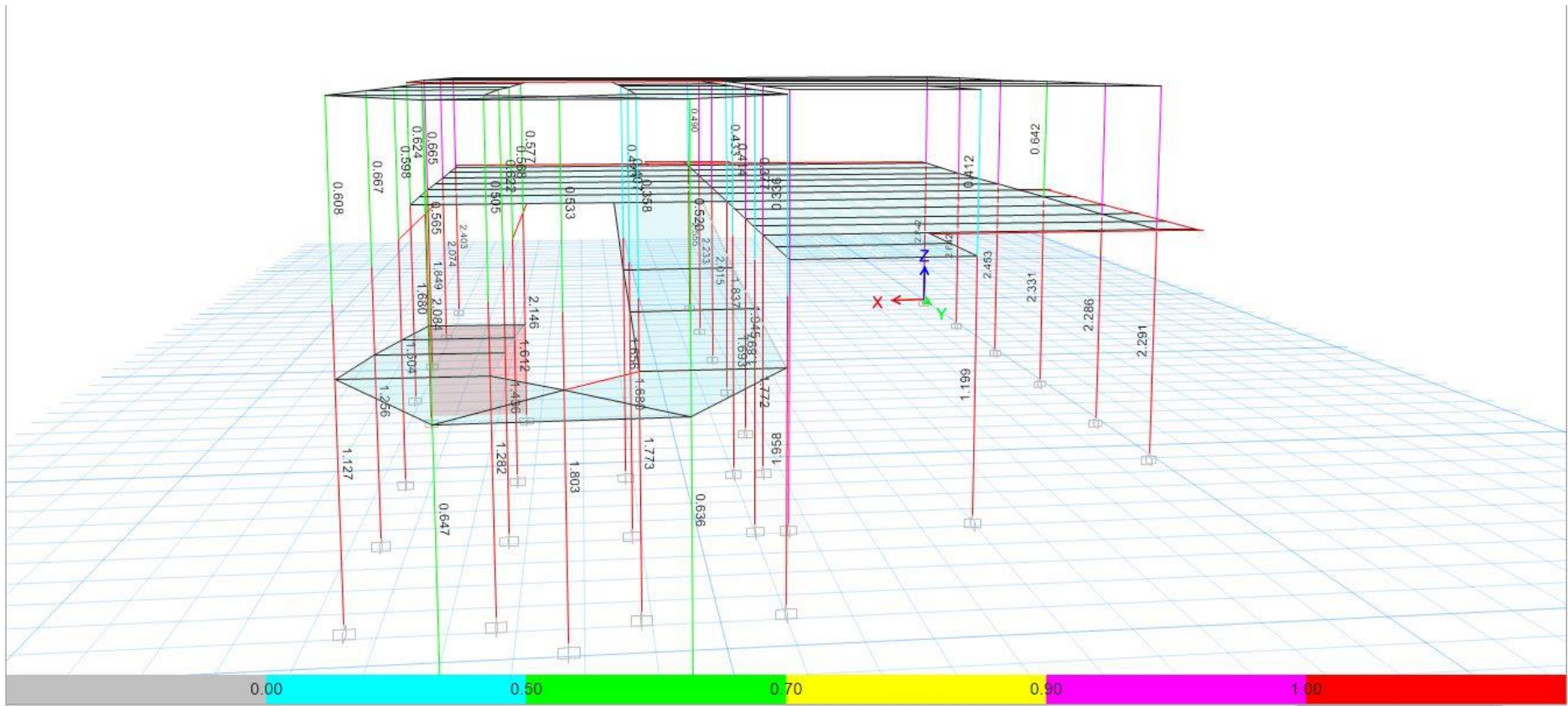


Imagen 130: visualización de resultados-índices de sobre esfuerzo columnas
fuente: Etabs.2016

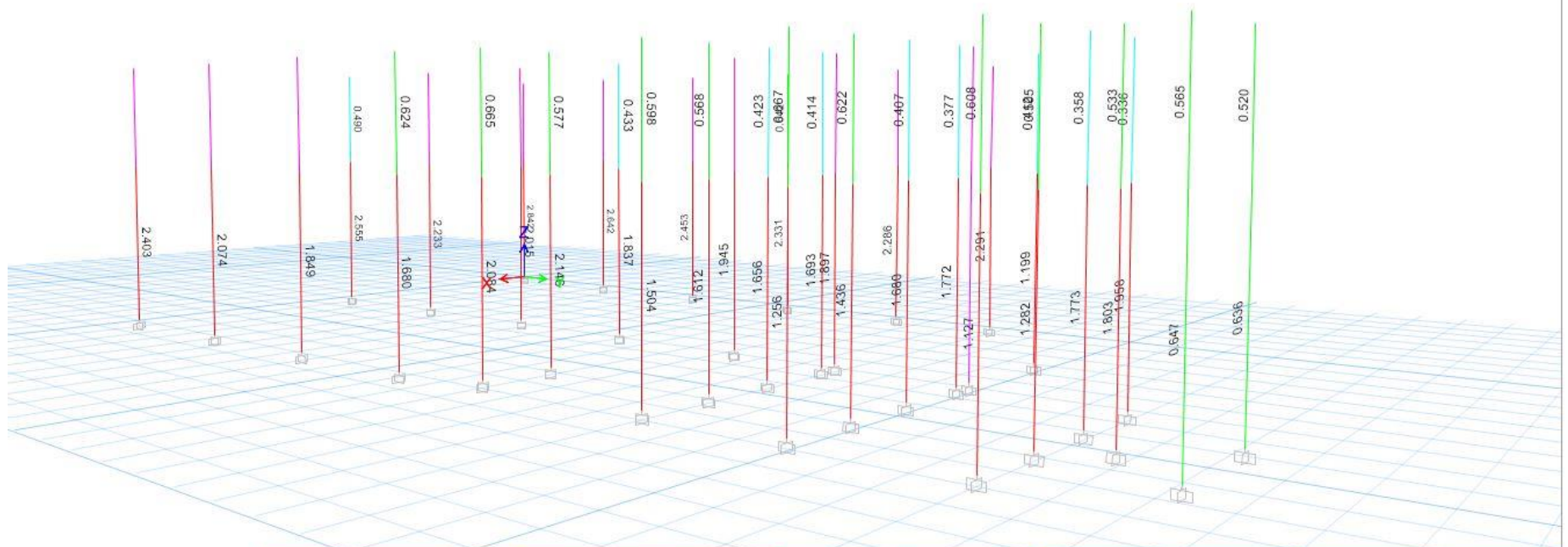


Imagen 131: visualización de resultados-índices de sobre esfuerzo en columnas
fuente: Etabs 2016

12.21 INDICES DE FLEXIBILIDAD.

Los índices de vulnerabilidad fueron determinados como cociente entre ñas derivas causadas por las solicitaciones de cargas verticales y horizontales y las máximas permitidas por la norma colombiana sismo resistente para pórticos en concreto. En la siguiente tabla se aprecian los desplazamientos de los pórticos de la edificación.

INDICES DE FLEXIVILIDAD					
Deriva total			H piso	Deriva permitida	If
Piso 1	Dirección X	0,083	4,81	0,0481	1,725
Piso 2	Dirección Y	0,069	3	0,03	2,3

Tabla 32: índices de flexibilidad en la estructura
fuente: datos obtenidos por el autor

12.22 ANALISIS DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

12.22.1 Índices de sobre esfuerzo:

Como se puede evidenciar en las tablas anteriores de índices de sobre esfuerzo, tenemos un total de 36 columnas en el segundo piso y 36 en el primero, además, 3 vigas en dirección Y y 7 en dirección X; de las cuales el análisis en el software ETABS 2016 genera que: para las solicitudes por momentos y cortantes en las vigas de entre piso y columnas el 42% de los elementos presenta índices mayores que uno, además, en las columnas se presenta un índice promedio de 0,996856429, es decir, muy cercano al 100% de su capacidad, lo cual indica que hay un gran número de columnas que están por encima de su resistencia de diseño; en especial las columnas que hacen parte de la rampa, lo cual puede deberse al cambio de norma entre el diseño en 2002 y la norma actual, en la cual se presenta un incremento de la carga viva para los espacios como lo es la rampa(ver anexos).

El índice de sobre esfuerzo de la estructura corresponde a un valor de 2,842, correspondiente a la columna C2 en su parte inferior del primer piso, dado que esta columna se hace responsable de la mayor carga en la estructura, el valor sugiere que algunos elementos en cuestión casi triplican la resistencia efectiva de la estructura, lo cual puede ser de gran perjuicio frente a un posible evento sísmico.

12.22.2 INDICES DE FLEXIBILIDAD

Con base en los resultados se puede decir que los pórticos en dirección X e Y presentan índices de flexibilidad mayores a la unidad, superando así el máximo permitido por la norma, por el método del umbral de daño al ser menos crítico, ninguna de las derivas supera el 0,4% permitido por la norma

Para la estructura analizada el índice de deflexión corresponde a las derivas horizontales obtenidas para los elementos columnas este valor corresponde a 2,3, lo cual es un valor bastante elevado para la estructura, sobrepasando por más del doble el máximo permitido por la norma NSR-10.

En general los máximos valores de índices de sobre esfuerzo y flexibilidad están ubicados en el primer nivel de la estructura, presentándose solicitaciones mucho mayores a la resistencia efectiva, por lo cual en un posible evento sísmico considerable podemos esperar que los elementos de este nivel se vean muy afectados por las fuerzas actuantes.

12.23 VULNERABILIDAD SEGÚN EL MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Grado De Seguridad	D (%)	Descripción	Calificación
Sin Riesgo	0%	Sin Daño	Buena
Riesgo Leve	0% - 1%	No Requiere Reparación	Buena
Riesgo Ligero	1% -10%	Daño Menor Localizado En Algunos Elementos Que No Siempre Requiere Reparación	Buena
Riesgo Moderado	10%-30%	Daño Menor Localizado En Muchos Elementos Que Deben Ser Reparados	Regular
Riesgo Fuerte	30%-60%	Daño Extensivo Que Requiere Reparaciones Mayores	Mala
Riesgo Severo	60%-99%	Daño Grave Generalizado Que Puede Significar Demolición	Mala
Destrucción	99%-100%	Destrucción Total	Mala

Tabla 33: porcentaje de vulnerabilidad según D (%)
fuente: ATC-13

En relación con el método utilizado para el análisis de la estructura, se encontró que el 43% de los elementos presenta índices de sobre esfuerzos mayor a la unidad

Según la tabla y los resultados obtenidos, podemos ubicar según ambos métodos el nivel de vulnerabilidad en una situación de seguridad sub-estándar.

Si tomamos el grado de daño por el método de los índices de sobre esfuerzo, y según la ecuación:

$$D(\%) = a + b * Iv + c * Iv^2 + d * Iv^3$$

Podemos notar que el $Iv = 65,2$. Es decir un poco por encima de encontrado por medio del índice de vulnerabilidad (53) pero dentro del rango del grado de seguridad y la misma calificación de vulnerabilidad.

Siendo que los resultados son cercanos, a continuación se presenta el grado de daño de cada edificación obedeciendo a método del índice de vulnerabilidad y los resultados obtenidos en ello.

<i>Iv</i>	<i>Correlación D(%)</i>	<i>Nombre Edf</i>	<i>Calificación</i>	<i>Tpo Stma Res</i>	<i>Ubicación</i>
53	32	Biblioteca	Mala	Hormigón	Sede Puerta Roja
37,5	24,1	Bloque 1	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
12,5	11,9	Bloque 2	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
17,5	15,2	Bloque 3	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
15	13,6	Bloque 4	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
15	13,6	Bloque 5	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja

15	13,6	Cafeteria V	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
10	10	Caf New Hor	Buena	Hormigón	Sede Puerta Roja
50	30,1	Rectoria	Mala	Hormigón	Sede Puerta Roja
37,5	24,1	Fitoquímica	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
42,5	26,2	Biociencia	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
36,7	23,7	Cultivos Veg	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
52,5	31,7	Ciencias Bscs	Mala	Hormigón	Sede Puerta Roja
15	13,6	Musica	Buena	Hormigón	Sede Puerta Roja
35	23,1	Sla Prof New	Regular	Hormigón	Sede Puerta Roja
Iv	Correlación D(%)	Nombre Edf	Calificación	Tpo Stma Res	Ubicación
91,25	31,6	Admisiones	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
141,25	44,5	Bloque N	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
81,25	28,8	Bloque D	Regular	Mampostería	Sede Puerta Roja
105	35,4	Bloque G	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
143,5	45,1	Bloque H	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
118,75	39	Bloque I	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
106,25	35,7	Caf New Mp	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja

242,5	68,6	Vivero	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
65	23,9	Grafitis	Regular	Mampostería	Sede Puerta Roja
171,25	51,6	Jefatura	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
85	29,9	Lab Geologia	Regular	Mampostería	Sede Puerta Roja
181,25	53,9	Musanga	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
166,25	50,4	Sla Prof Viej	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
103,75	35	Bodegas Labs	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
103	34,8	Porteria	Mala	Mampostería	Sede Puerta Roja
65	23,9	Gezeus	Regular	Mampostería	Sede Puerta Roja
Índice De Vulnerabilidad	Correlación (D%)	Nombre De Edificación	Calificación	Tipo De Sistema Resistente	Ubicación
35	23,1	Bloque M + Auditorios	Regular	Hormigón	Sede Puerta Blanca
35	23,1	Edi. Baños+Sala De Asesorias	Regular	Hormigón	Sede Puerta Blanca
35	23,1	Laboratorios- Bloque L	Regular	Hormigón	Sede Puerta Blanca
Índice De Vulnerabilidad	Correlación (D%)	Nombre De Edificación	Calificación	Tipo De Sistema Resistente	Ubicación
78,75	28	Baños Abandonados	Regular	Mampostería	Sede Puerta Blanca
80	28,4	Biblioteca	Regular	Mampostería	Sede Puerta Blanca

65	23,9	Bodega-Baño-Aseo	Regular	Mampostería	Sede Puerta Blanca
112,5	37,4	Cafeteria	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
160	49	Jefaturas	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
103,75	35	Salas De Informatica	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
132,5	42,4	Sala De Prof. Iii Y Iv	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
132,5	42,4	Sala De Prof. I Y Ii	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
100	34	Caseta Vigilante	Mala	Mampostería	Sede Puerta Blanca
Índice De Vulnerabilidad	Correlación D(%)	Nombre De Edificacion	Calificación	Tipo De Sistema Resistente	Ubicación
161,25	49,3	Aprisco	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
87,5	30,6	Bloque P 101-105	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
113,75	37,7	Bloque P 105-106	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
143,75	45,1	Cafeteria	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
100	34	Caseta Vigilante	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
243,75	68,9	Codornices	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
253,75	71,5	Gallinas En Piso	Mala	Mampostería	Sede Granja

					Los Pericos
73,75	26,5	Jefatura	Regular	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
253,75	71,5	Pollos	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
223,75	63,9	Sala De Sacrificio	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
248,75	70,2	Vivar	Mala	Mampostería	Sede Granja Los Pericos
Índice De Vulnerabilidad	Correlación D(%)	Nombre De Edificación	Calificación	Tipo De Sistema Resistente	Ubicación
10	10	Biblioteca	Buena	Hormigón	Sede Granja Los Pericos
37,5	24,1	Bromatología	Regular	Hormigón	Sede Granja Los Pericos
37,5	24,1	Plantas De Op.Unit	Regular	Hormigón	Sede Granja Los Pericos
30	21,1	Tanque Elevado	Regular	Hormigón	Sede Granja Los Pericos
27,5	20,1	Vaquera	Regular	Hormigón	Sede Granja Los Pericos

Tabla 34: coorelacion de vulnerabilidad con ecuaciones adaptadas a la zonade las estructuras de la Universidad De Sucre

fuelle: datos obtenidos por el autor

En la estructura que corresponde a los laboratorios de ciencias basicas, ubicado en la sede puerta roja (resaltado) notamos que el resultado del porcentaje de la estructura afectado utilizando la correlacion con el metodo del indice de vulnerabilidad es cerca del 32%, muy cercano a los resultados obtenidos por medio de la modelacion matematica de dicha estructura(42%),teniendo en cuenta la

diferencia de complejidades de ambos metodos, esto genera gran confianza en el metodo del indice de vulnerabilidad y lo hace una gran herramienta para este tipo de estudios.

13. Conclusiones

Luego de realizada la investigacion y conociendo los resultados se espera que nuevas investigaciones se comiencen a desarrollar apartir de esta. Es por eso que en las recomendaciones y conclusiones se desarrollaran de manera especifica haciendo referencia a la metodologia empleada, zonas de estudio y resultados obtenidos; es posible decir que se logro con total satisfaccion determinar la vulnerabilidad sismica de las estructuras de la Universidad De Sucre por medio del metodo del indice de vulnerabilidad que dio luz del grado de daño que puede ocasionar en las estructuras sollicitaciones sismicas.

- El metodo del indice de vulnarabilidad recoge los factores mas importantes y que afectan mas el comportamiendo sismico de las estructuras, como son los materiales de construccion, altura, tipo de sistema resistente, geologia del lugar, conexión entre elementos, estados de conservacion, etc., lo cual hace que el resultado sea confiable, convirtiendolo asi en una gran alternativa para realizar este tipo de trabajos .
- La base de datos presentada en esta investigacion puede ser utilizada para futuras investigaciones dado que es bastante precisa y con esto contribuir a realizar un sistema integrado de informacion para la gestion del riesgo en la Universidad De Sucre.
- Es importante para la evaluacion de daño disponer de funciones calibradas a la zona de trabajo como la usada en la presente investigacion, dado que pueden variar entre una ciudad y otra por diferentes factores, disponer de esta funcion mejora en gran escala la confiabilidad de los resultados.
- En la realizacion de este tipo de investigaciones es ventajoso utilizar un sistema de informacion geografica(SIG), dado que la base de datos se puede actualizar constantemente y permite asi, relacionar datos alfanumericos con graficos de comprension sencilla y muy utiles para la utilizacion en futuras investigaciones.
- El indice de vulnerabilidad de las edificaciones de la Universidad De Sucre, se ve afectado principalmente por falta de conservacion, estructuracion y configuracion sismica, afectando asi el comportamiento de la estructura; esto se puede evidenciar en los resultados notando que la sede que presenta mayor vulnerabilidad es puerta verde seguida de puerta blanca y por ultimo la sede principal.
- La mayoría de las eidificaciones antiguas, que son principalmente de mamposteria no reforzada, presentaron comportamientos de malos a regulares, esto debido a los estados de conservacion en los cuales se encuentras y el deterioro que presentan sus elementos estructurales y no

estructurales y en algunos se evidencia una mala conexión entre sus elementos, lo cual aumenta el índice de vulnerabilidad de estas estructuras.

- Las zonas de estudio presentan diferentes tipos de suelo, que van desde algunos suelos muy resistentes, como es el caso de la sede ciencias de la salud, hasta suelos muy blandos, como es el caso de los suelos en las partes mas bajas de la sede principal. Esto afecta de manera directa el calculo del índice de vulnerabilidad.
- La mayor parte de las edificaciones nuevas presentan índices de vulnerabilidad bajos, esto deja ver la influencia de un buen diseño, tecnicas de construccion adecuada y los buenos estados de conservacion, contrario a lo que se puede evidenciar con las estrucluras antiguas.
- El cambio de norma es un factor clave en el índice de vulnerabilidad, dado que, al ser las estructuras antiguas diseñadas con una norma que ha sido remplazada, las exigencias de diseño son mayores con la norma actual y las mismas deben ser intervenidas para cumplir con la presente norma NSR-10
- Despues de haber realizado un proceso de recoleccion de informacion, visitas a campo, pruebas de esclerometria, exploraciones en la estructura, se logro generar una base de datos completa del bloque de laboratorios de ciencias basicas ubicado en la sede puerta roja; con lo cual fue posible realizar un analisis del comportamiento sismico de dicha estructura mediante un metodo cualitativo y una modelacion matematica, permitiendo conocer algunas patologias estructurales las cuales pueden afectar la integridad de la estructura frente a un movimiento telurico.
- El metodo del índice de vulnerabilidad arrojó resultados cercanos a la modelacion matematica en cuanto a la vulnerabilidad de la estructura, por lo cual los resultados son precisos y confiables; esto a su vez implica que es necesario corregir las patologias encontradas en la estructura modelada, como es el caso de las columnas del primer cuyas resistencias son menores a las solicitadas.

14. Recomendaciones

- La Universidad De Sucre debe tomar los resultados de este estudio para actualizar sus planes de prevención y mitigación de desastres, tomando como referencia principalmente las zonas que son más vulnerables y tomar acciones, especialmente a las estructuras de mayor antigüedad o alta vulnerabilidad.
- Con los resultados de la presente investigación deben nacer nuevas investigaciones tratando estructuras en específico, especialmente las de alta vulnerabilidad, para conocer las patologías necesarias a corregir.
- El bloque de laboratorios de ciencias básicas ubicado en la Universidad De Sucre Sede Puerta Roja debe ser reforzado en su primer nivel y la rampa, puesto que las solicitaciones son mayores a la resistencia de estos elementos y puede verse afectado en un evento sísmico; además se debe corregir el hecho de que un sistema a porticada se encuentre adosado a un sistema de mampostería no estructural en esta misma estructura, se debe separar cada sistema resistente desde sus cimentaciones, puesto que esto afecta el comportamiento de la estructura en posibles movimientos telúricos.

15.Trabajos citados

- AIS. (2010). ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. *Norma colombiana sismo resistente (NSR-10)*.
- Baquero, E. (2003). sismicidad histórica en Colombia. *evista geográfica venezolana*, 6.
- BARBAT, A., & YEPEZ, F. (1995). *Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería*. Monografía CIMNE IS-12.
- Boletad, P. (2015). *A first text on Geographic Information Systems, Second Edition*. White Bear Lake.
- CABALLERO, A. (2007). DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA POR MEDIO DEL MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD EN LAS ESTRUCTURAS UBICADAS EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE SINCELEJO, UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. (TESIS DE MAESTRIA). UNIVERSIDAD DEL NORTE, SINCELEJO.
- CANAS, J., & BANDA, B. (1994). *Sismicidad y peligrosidad sísmica*. BARCELONA, ESPAÑA: CIMNE.
- CANAS, J., CAICEDO, C., BARBAT, A., & AGUIAR, R. (1994). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios*. España: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Castrillón, c., Martínez, M., Puentes, M., & Sánchez, M. (2015). conocimiento local y riesgo por tsunami en Guapi, Cauca. *Departamento Administrativo de Ciencia y Tecnología – Colciencias*.
- DOWRICK, J. (1990). *Diseño de estructuras resistentes a sismos para ingenieros y arquitectos*. mexico: Editorial Limusa.
- Latina, L. R. (2007). *Guía metodológica para la gestión local de la mitigación y manejo de desastres en América Latina*. San José, Costa Rica : IDRC.
- Lazo, R. (2003). ESTUDIO DE LOS DAÑOS DE LOS TERREMOTOS DEL 21 Y 22 DE MAYO DE MAYO DE 1960.
- MENA, U. (2002). Evaluación del Riesgo sísmico en zonas urbanas. (TESIS DOCTORAL). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, & VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007). *manual sobre sismo resistencia*. Bogotá: Comisión asesora permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes.
- Montenegro, Y., Hernandez, M., & Blanco, j. (2013). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica del bloque "X" antiguo y el bloque "A" de la Universidad De Sucre, sede Puerta Roja*. Universidad De Sucre, sincelejo.

Paez Torres. (2010). Colombia no es ajena a la amenaza sísmica. *edición n° 131.Colombia*.

STRUCTURAL ENGINEERS ASSOCIATION OF CALIFORNIA. (1999). *Recommended lateral force requirements and commentary*. San Francisco: SEAOC.

unisucré. (2017). Obtenido de Universidad De Sucre: www.unisucré.edu.co

YEPES, F. (1996). *Modelos de evaluación del comportamiento sísmico no lineal de estructuras de hormigón armado*. ESPAÑA: Monografías de Ingeniería Sísmica CIMNE IS-19.

16. ANEXOS

16.1 CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL UNIVERSIDAD DE SUCRE

Este proyecto busca conocer los diferentes sistemas constructivos y materiales utilizados en las edificaciones de la Universidad De Sucre. La caracterización considera aspectos como la configuración en planta y elevación, los elementos estructurales y no estructurales, el tipo de los materiales, entre otros.

En este estudio sólo se considerarán dos sistemas constructivos, estructuras de concreto reforzado y estructuras de mampostería no reforzada. La información necesaria para la ejecución del mismo se deberá obtener mediante visitas de campo en los barrios asignados, con la utilización del siguiente formato.

Barrio:_____ **Grupo:**_____

Identificación

Numero de la manzana	5 dígitos (00000)	5 dígitos (00000)	5 dígitos (00000)
Dirección o numeración del lote	Carrera X No. R - T	Carrera X No. R - T	Carrera X No. R - T

Información detallada

Numero de pisos sobre el terreno	H	H	H
----------------------------------	---	---	---

Numero de pisos subterráneos	S	S	S
Altura edificación sobre rasante	<i>altura primer piso* H</i>	<i>altura primer piso* H</i>	<i>altura primer piso* H</i>
Pendiente de la cimentación aproximadamente y presencia de terraplenes			
Cornisas, Balcones, parapetos o chimeneas o elementos externos			
Estado de conservación (agrietamiento, deterioro)			
Área del lote	<i>Obtener de planos</i>	<i>Obtener de planos</i>	<i>Obtener de planos</i>
Área construida	<i>Obtener de planos</i>	<i>Obtener de planos</i>	<i>Obtener de planos</i>
Fecha de Construcción	<i>Año. No reparación.</i>	<i>Año. No reparación.</i>	<i>Año. No reparación.</i>
Tipo de Cubierta	<i>Ver Tabla 1</i>	<i>Ver Tabla 1</i>	<i>Ver Tabla 1</i>
Tipo de estructura predominante	<i>Ver Tabla 2</i>	<i>Ver Tabla 2</i>	<i>Ver Tabla 2</i>
Material predominante en muros o paredes	<i>Ver Tabla 3</i>	<i>Ver Tabla 3</i>	<i>Ver Tabla 3</i>
Losa (si la hay).	<i>Ver Tabla 4</i>	<i>Ver Tabla 4</i>	<i>Ver Tabla 4</i>
Material predominante en fachada	<i>Ver Tabla 5</i>	<i>Ver Tabla 5</i>	<i>Ver Tabla 5</i>
Material predominante como piso	<i>Ver Tabla 6</i>	<i>Ver Tabla 6</i>	<i>Ver Tabla 6</i>

Tabla 1. Tipos de cubierta

Láminas onduladas de Fibrocemento (Eternit)	Lámina Galvanizada (Zinc)
Canaleta 43	Lamina de Aluminio
Canaleta 90	Lámina Translucida
Textiles	Losa de Concreto

Tabla 2. Tipos de estructura

Concreto	Acero
----------	-------

Mampostería reforzada	Madera
Mampostería no reforzada	Otros (Especifique) :

Tabla 3. Tipos de muro o paredes

Bloques de cemento	Ladrillo Tolete
Fibrocemento	Madera
Lámina Galvanizada (Zinc)	Otros (Especifique) :

Tabla 4. Tipo losa

Losa maciza en concreto	Metaldeck
Losa en concreto aligerada con bloques	Madera
Losa en concreto aligerada con icopor o casetone	Otro (Especifique):

Tabla 5. Fachada

Obra a la vista	Granito
Pañete en mortero	Piedra Arenisca
Enchape cerámico	Piedra Coralina
	Otro (Especifique):

Tabla 6. Piso

Sin piso	Cerámica
Concreto	Granito fundido
Mosaico	Tablón Vitrificado
Madera	Otro (Especifique):

Tipo y característica del suelo sobre el cual esta cimentada:

- Área potencial de licuefacción:
- Área de susceptibilidad al deslizamiento Estrato socioeconómico:

Tipo de uso de la estructura:

Densidad de ocupantes promedio por días de semanas: mañana:
tarde: noche:

Criterios de diseño sísmico

16.2 ANEXO 2

MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN ARMADO

Desarrollado por el Ingeniero *Alvaro Caballero Guerrero*, con base en la Monografía "Evaluación probabilística de la Vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras de Hormigón armado por medio de simulación" de los autores: F. Yépez, A. H. Barbat y J. A. Canas. España, 1996.

Dirección: IBLIOTECA PUERTA ROJ

No del predio:

Encuestador:	OSCAR MEZA
Fecha:	

Uso:	MULTIPLE

Foto

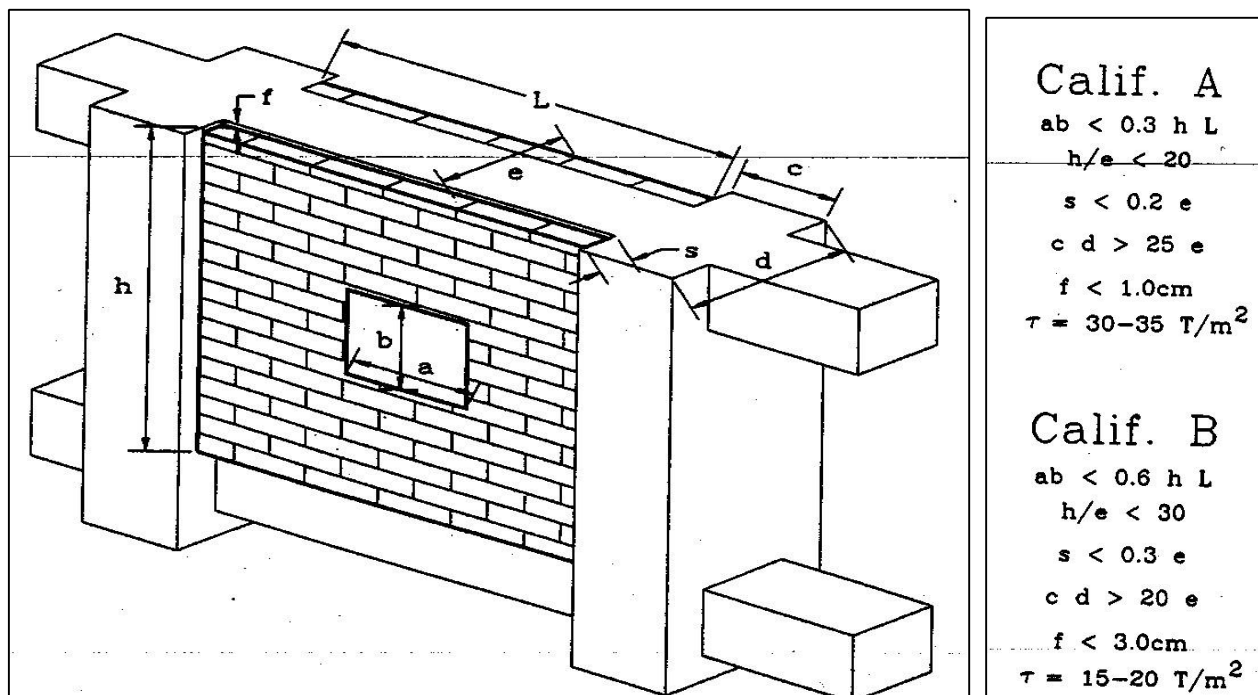
Nota: Introducir información solo en las casillas en gris

Formulario para el levantamiento del Índice de Vulnerabilidad:

a) **Tipo y organización del sistema resistente:**

Descripción:

Nota: Escoger al menos dos tipo de muros críticos de la estructura



Los muros de mampostería están formado por elementos consistentes como ladrillo macizo o se bloques prefabricados o de piedra bien cortada, cuyo material de unión es un mortero de buena

Si o No?

Si

a =	5	m	→ Ancho del espacio hueco del muro de mampostería en metros.
b =	1.5	m	→ Alto del espacio hueco del muro de mampostería en metros.
L =	5	m	→ Longitud del muro que esta dentro del pórtico en metros.
h =	3	m	→ Altura del muro interior en el pórtico en metros.
e =	0.15	m	→ Espesor del muro interior en el pórtico en metros.
s =	0.1	m	→ Distancia en la que el muro sobresale respecto al ancho de la viga.
f =	0	cm	→ Separación entre la viga y la parte superior del muro en cms.
c =	30	cm	→ Ancho de la columna en cms.
d =	30	cm	→ Profundidad de la columna en cms.
$\tau =$	8	T/m ²	→ Resistencia al cortante de los muros de mampostería en T/m ² .

- A) Edificio cuyo sistema resistente principal está constituido por muros de hormigón armado o por una combinación entre pórticos de hormigón armado y muro de mampostería que cumplan con la Fig.

- B) Edificio cuyo sistema resistente principal está constituido por muros de hormigón armado o por una combinación entre pórticos de hormigón armado y muro de mampostería que cumplan con la fig. C) Edificios que no cumplen ni con los requisitos A ni B de la figura.

b) **Calidad del sistema resistente. Tipología estructural.**

Descripción:

A) El hormigón presenta las características siguientes:

- 1) El hormigón presenta buena consistencia, resistencia al rayado y se observa bien ejecutado. No existen zonas con irregularidades y porosidades excesivas.
- 2) El refuerzo de acero es corrugado y no puede ser observado en la superficie de los elementos estructurales.
- 3) Los paneles de mampostería presentan elementos consistentes en buen estado, unidos con mortero resistente que no presenta degradación y se observa resistente al rayado.
- 4) La información disponible acerca de la estructura disminuye o elimina la posibilidad de que se haya utilizado una mano de obra de mala calidad o un procedimiento constructivo deficiente. B) Edificio cuyas características **no se clasifican** como A o como C.

C) Edificio que presenta al menos **dos** de las siguientes características:

- 1) El hormigón es de mala calidad
- 2) El refuerzo de acero se encuentra visible, oxidado o mal distribuido en los elementos estructurales.
- 3) Las juntas de construcción se han construido de manera deficiente.
- 4) Los paneles de mampostería son de mala calidad.
- 5) La calidad del procedimiento constructivo y de ejecución de la estructura es baja.

Opción:

B

c) **Resistencia convencional:**

Descripción:

Hn	12	m	Altura nominal del edificio.
=			
Ct	0,08		Clase de pórticoSe escoge de la
=			tabla

Tabla de
Ct

T = 0,516

Opción:

C

Tipo de suelo:	2
1) Firme o roca	
2) Medio o mala	

To =	0,8
r =	0,6667
Ro =	2,2

R =	2,2
Ao =	0,051
Tt =	250
q =	2,184
C =	2,915

[Ver formulas](#)
17/08/2018

$\alpha =$ 3,312

Número de pisos.

m² Área total en planta en m² m² Área total de las secciones resistentes (Hormigón armado y mampostería) en X m² Área total de las secciones resistentes (Hormigón armado y mampostería) en Y m Altura media de los pisos

[Ver recomendado](#)

[Ver recomendado](#)

T/m³ Peso específico de los elementos del sistema resistente.

T/m² Peso por unidad de área del sistema de pisos.

T/m² Resistencia a cortante del hormigón armado.

T/m² Resistencia a cortante de la mampostería estructural.

m² Área total resistente del hormigón armado. m² Área total resistente de la mampostería No estructural.

N =	2
At =	952
Ax =	51,44
Ay =	48,48
h =	4,7
Pm =	2,4
Ps =	1
Tc =	250
Tm =	8
Ac =	99,92
Ai =	0

No

- A) Si $\alpha \geq 1.5$
- B) Si $0.7 \leq \alpha < 1.5$
- C) Si $\alpha < 0.7$

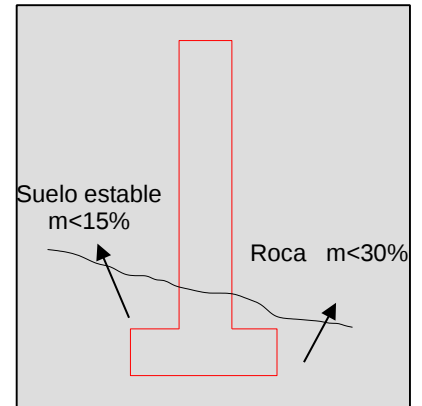
Opción: A

d) Posición del edificio y de la cimentación:

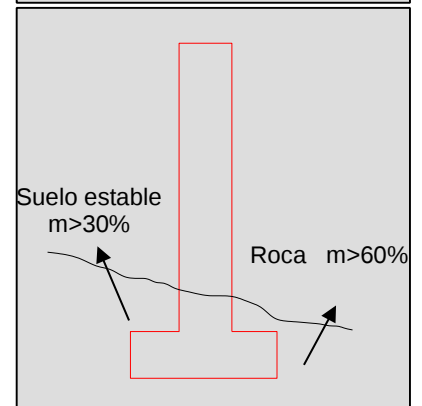
[Descripción:](#)

Nota: Ver alternativas en la parte inferior de este punto

- A) Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior al 15% o bien sobre roca con pendiente no superior al 30 %, no existiendo además terraplenes de tierras no equilibrados.



- B) Edificios que no cumple los requisitos especificados para la clasificación A o C



- c) Edificio cuya cimentación es insuficiente para cualquier tipo de terreno presente en el emplazamiento. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente superior al 30%o bien sobre terreno rocoso con pendiente superior al 60 %. Existe la presencia de empujes no equilibrados debido a terraplenes asimétricamente dispuestos.

Descripción:

Suelo:	1	Rocoso	Opción:	Pendiente: (%)	9,2	Existen terraplenes no equilibrados?: Si o No?
	2	Estable	2			
	3	Blando				
			Opción:	C		

e) **Forjados horizontales (Losas de piso):**

Condiciones:

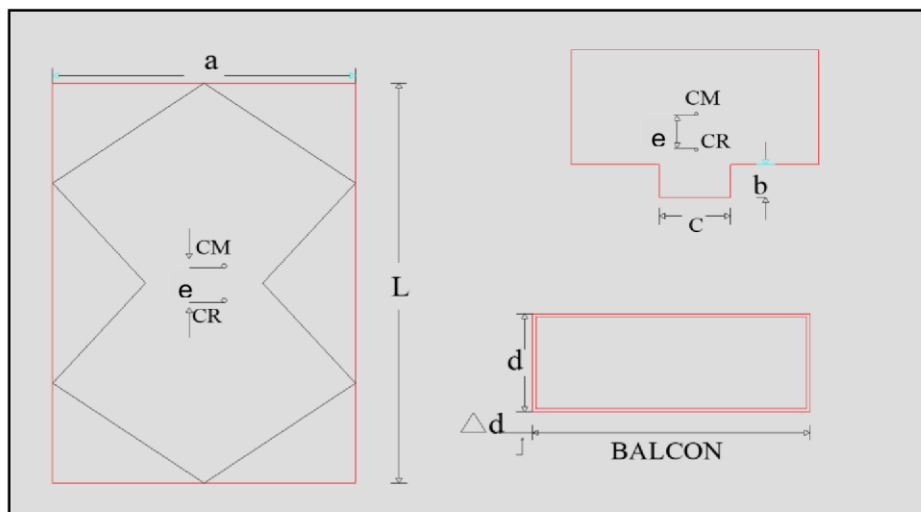
1)	Losa rígida y bien conectada a los elementos resistentes		Opción: 1 o 2	1	36,6
2)	Losa poco rígida con conexiones deficientes.				
Área total de la superficie en planta:		952	m2		
Área de losa:		348,6	m2		

- A) Edificio con losas rígidas y bien conectadas a los elementos resistentes verticales. Estos requisitos deben ser cumplidos en losas que presenten al menos el 70% del área total de la superficie. B) Edificios que no cumplan con los requisitos especificados para las calificaciones A o C.
- C) Edificio con losas poco rígidas con conexiones deficientes y que el área de losas que cumplen los requisitos de la calificación A representan menos del 30% de la superficie total.

Opción: B

f) Configuración en planta:

Descripción:



Planta:	
1)	Rectangular
2)	Irregular

Opción: 1 o 2	
	2

$\beta_1 =$	0,9
$\beta_2 =$	0,063
$\beta_3 =$	0,034
$\beta_4 =$	1,492

% de los elementos que satisfacen $\beta_3 < 0.2$	
	75

Para este caso: $\beta_3 < 0,2$

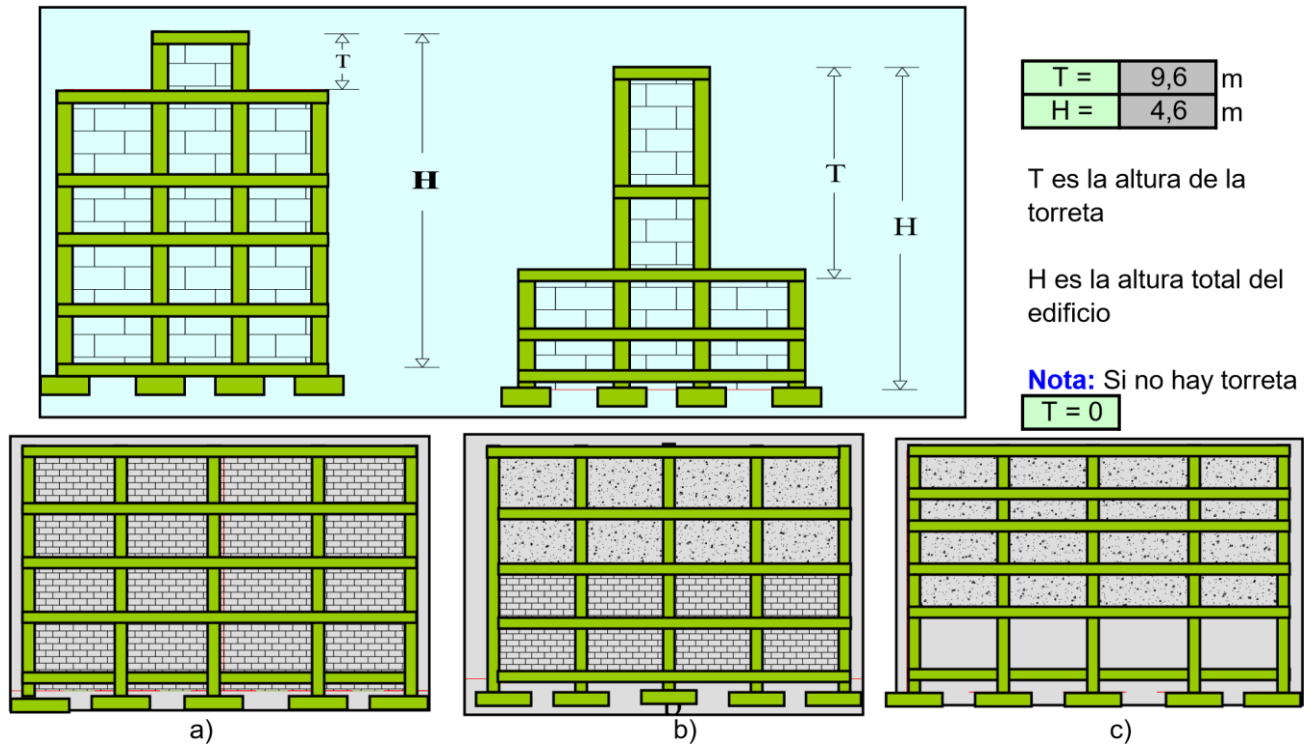
$a =$	43,55	m	→ Dimensión menor del rectángulo.
$L =$	48,4	m	→ Dimensión mayor del rectángulo.
$e =$	2,74	m	→ Excentricidad existente entre en centro de masa y centro de rigidez.
$d =$	43,55	m	→ Dimensión en planta del edificio en la dirección más desfavorable
$\Delta d =$	1,5	m	→ Ancho del balcón
$b =$	6,6	m	→ Longitud de la mayor protuberancia del cuerpo principal.
$c =$	9,85	m	→ Longitud de la mayor protuberancia del cuerpo principal.

- A) Estructura con planta rectangular que cumple los siguientes requisitos:
- 1) El factor β_2 es menor que 0.2
 - 2) Al menos el 70% de los elementos satisfacen que $\beta_3 < 0.2$
 - 3) El factor β_1 es mayor a 0.4
 - 4) Para todos los cuerpos sobresalientes del cuerpo principal del edificio se debe cumplir que $\beta_4 > 0.5$
- B) Edificio que no cumple con los requisitos especificados para las calificaciones A o C
- C) Estructura con planta irregular que cumple con al menos uno de los siguientes aspectos:
- 1) El factor β_2 es mayor que 0.4
 - 2) Menos del 30% de los elementos satisfacen que $\beta_3 > 0.2$
 - 3) El factor β_1 es menor que 0.2 y más del 30% de los elementos verifican que $\beta_3 > 0.2$
 - 4) Existe al menos un cuerpo o protuberancia sobresaliente del cuerpo principal, que cumple $\beta_4 < 0.25$

Opción: B

g) Configuración en altura:

Descripción:



Se presenta cambio de

Todos los pórticos presentan mampostería en toda la altura.

El piso inferior presenta menos mampostería a hormigón, lo que genera un cambio brusco en la rigidez.

"Piso débil"

Tipo de estructura: a, b o c?		a
Mi =	150	T Masa del piso inferior
Ms =	100	Masa del piso superior

Nota: Si no se tiene información dejar iguales

ϕM	50
=	

ϕA	603,4
=	

Diferencia entre Mi y Ms
 Diferencia entre

Ai	952	m ²
=		
As	348,6	m ²
=		

Superficie del piso inferior Ai y As

Superficie del piso superior

$\phi M / M_i =$	33,33	%
$\phi A / A_i =$	63,38	%
$T / H =$	2,087	A)

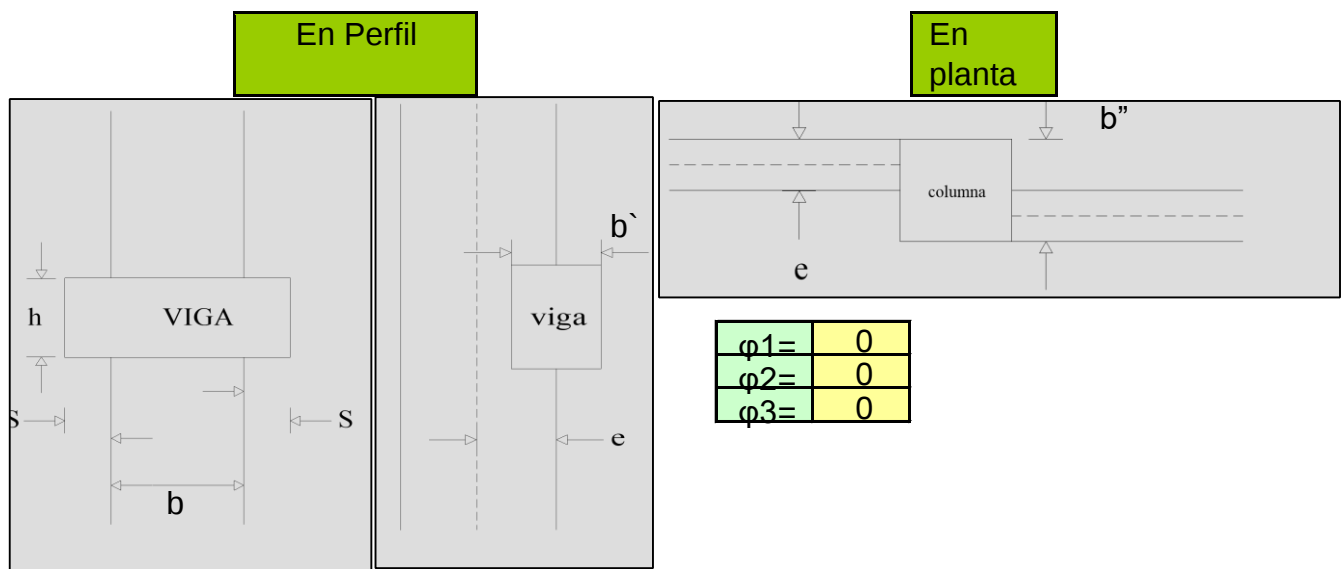
La estructura no presenta variaciones significativas del sistema resistente entre dos pisos consecutivos. La relación T/H es menor que 0.1.

- B) Edificio que no cumple con los requisitos especificados para las calificaciones A o C
- C) Edificio con variaciones en el sistema resistente, tanto en organización y disposición de planta, como en cantidad, calidad y tipo de elementos resistentes utilizados. Edificio con un aumento de masa entre pisos consecutivos superior al 20% y, además, se verifica que $0.1 \leq T/H \leq 0.3$. Edificio sin variaciones significativas del sistema resistente, pero que cumple que $0.3 \leq T/H \leq 0.7$ y además que el aumento de masa entre dos pisos consecutivos es superior a un 40%.

Opción: B

h) Conexión entre los elementos críticos:

Descripción:

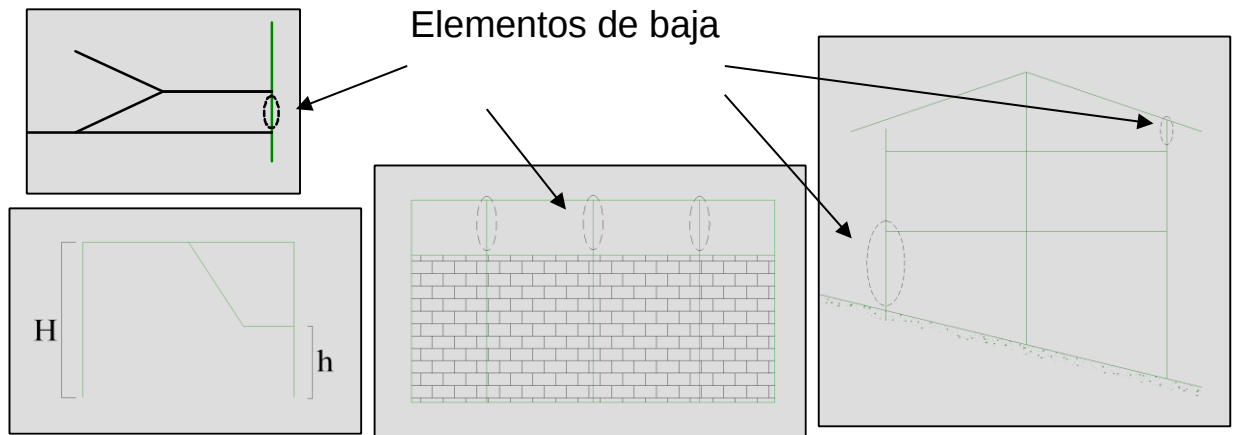


$S =$	0	cm Mayor dimensión de la parte sobresaliente de la viga respecto de la cara de la
$h =$	40	columna cm Altura de la viga
$b =$	30	cm Dimensión de la columna
$e =$	0	cm Excentricidad entre los ejes de las vigas y de las
$b_{\min} =$	30	columnas cm Menor de las dimensiones entre ancho de la
$b'' =$	30	viga y de la columna cm Dimensión de la columna perpendicular a la
dirección de verificación de la conexión		

Opción: A

i) Elementos estructurales de baja ductilidad

[Descripción:](#)



- A) Elementos que no presentan elementos estructurales de baja ductilidad o que no pueden clasificar como B o como C
- B) Edificios que presentan elementos estructurales de baja ductilidad, en los cuales se presentan uno de los siguientes casos:
 - 1) El elemento estructural más corto tiene una altura inferior a la mitad de la altura de los otros elementos (relación h/H) **En la figura $0.25 \leq h/H \leq 0.5$**
 - 2) Existe un único elemento estructural con altura inferior a los $2/3$ de la altura del resto de elementos estructurales, pero dicho elemento requiere de elevada ductilidad.
- C) Edificios que presentan elementos estructurales de baja ductilidad, en los cuales se presentan uno de los siguientes casos:
 - 1) El elemento estructural más corto tiene una altura inferior a la cuarta parte de la altura de los otros elementos **En la figura $h/H \leq 0.25$**
 - 2) Existe un único elemento estructural con altura inferior a los $1/2$ de la altura del resto de elementos estructurales, pero dicho elemento requiere de elevada ductilidad.

Opción:

C

j) **Elementos No estructurales:**Descripción:

- A) Edificios cuyos elementos no estructurales externos están bien conectados al esquema resistente, y cuyos elementos internos son estables aunque no se encuentren conectados fijamente a los elementos estructurales.
- B) Edificios con elementos externos estables pero que no están conectados a la estructura o que presentan una conexión deficiente. Los muros y paneles que se encuentren sobre voladizos tiene toda su base apoyada sobre el elemento similar del piso inferior.
- C) Edificio cuyos elementos no estructurales externos son inestables y se encuentran mal conectados a la estructura, o edificios que no cumplen con los requisitos para calificar como A o como B. Los ejes de los muros y paneles que se encuentran sobre voladizos no coinciden en los diferentes pisos.

k) **Estado de conservación:**Descripción:

- A) Edificios cuyos elementos resistentes principales (como las vigas, columnas, losas, etc.) no presenten fisuraciones y que no exista daños en la cimentación. Así mismo, el edificio no presenta daños graves en elementos no estructurales, garantizando la estabilidad de los mismos bajo la acción de las cargas sísmicas.
- B) Edificio que no cumple con los requisitos especificados para las calificaciones A o C.

Opción:

A

- c) Más de un 30% de los elementos estructurales pertenecientes al esquema resistente principal del edificio se encuentran fisurados, las losas presentan fisuras considerables (mayores a 5 mm) y la cimentación presenta daños

Opción: B

MÉTODO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN ARMADO

Desarrollado por el Ingeniero Alvaro Caballero Guerrero, con base en la Monografía "Evaluación probabilística de la Vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras de Hormigón armado por medio de simulación" de los autores: F. Yépez, A. H. Barbat y J. A. Canas. España, 1996.

Dirección:	
Encuestador:	
Fecha:	

No del predio:	
Uso:	

Foto

Cuantificación del Índice de Vulnerabilidad (Iv)

#	Parámetro	Ki A	Ki B	Ki C	Peso Wi	Ki	Resultado
1	Organización del sistema resistente	0	1	2	4	2	8
2	Calidad del sistema resistente	0	1	2	1	1	1
3	Resistencia convencional	-1	0	1	1	-1	-1
4	Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1	2	2
5	Diafragmas horizontales	0	1	2	1	1	1
6	Configuración en planta	0	1	2	1	1	1
7	Configuración en elevación	0	1	2	2	1	2
8	Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1	0	0
9	Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1	2	2
10	Elementos no estructurales	0	1	2	1	0	0
11	Estado de conservación	0	1	2	2	1	2
							18

$$I_v = 10 \left(\frac{\sum_{i=1}^{11} K_i W_i + 1}{4} \right)$$

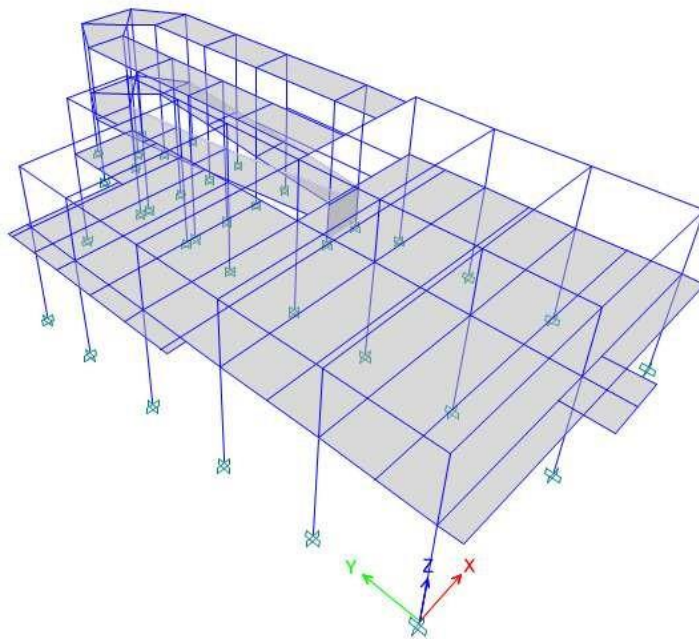
Iv = 47,5

Vulnerabilidad

Mala

Rango: entre

0 y 100

16.3 Anexo 3

Summary Report

Model File: LABSCSCB, Revision 0 17/08/2018

Structure Data

Structure Data

This chapter provides model geometry information, including items such as story levels, point coordinates, and element connectivity.

1.1 Story Data

Table 1.1 - Story Data

Name	Height cm	Elevation cm	Master Story	Similar To	Splice Story
Story2	300	781	Yes	None	No
Story1	481	481	No	Story2	No
Base	0	0	No	None	No

Loads

Loads

This chapter provides loading information as applied to the model.

2.1 Load Patterns

Table 2.1 - Load Patterns

Name	Type	Self Weight Multiplier
Dead	Dead	1
Live	Live	0
sobre peso	Superimposed Dead	0

2.2 Functions

2.2.1 Response Spectrum Functions

Table 2.2 - Response Spectrum Function - User

Name	Period sec	Acceleration	Damping %
ESPECTRO-NSR-10	0	0.375	5
ESPECTRO-NSR-10	0.1	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.2	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.3	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.4	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.5	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.6	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.7	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.8	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	0.9	0.375	
ESPECTRO-NSR-10	1	0.36	
ESPECTRO-NSR-10	1.2	0.3	
ESPECTRO-NSR-10	1.5	0.24	
ESPECTRO-NSR-10	1.7	0.2118	
ESPECTRO-NSR-10	2	0.18	
ESPECTRO-NSR-10	2.5	0.144	
ESPECTRO-NSR-10	3	0.12	
ESPECTRO-NSR-10	3.5	0.1029	
ESPECTRO-NSR-10	4	0.0864	
ESPECTRO-NSR-10	5	0.0553	
ESPECTRO-NSR-10	8	0.0216	
ESPECTRO-NSR-10	11	0.0114	

ESPECTRO-NSR-10	15	0.006144
-----------------	----	----------

2.3 Load Cases

Loads

Table 2.3 - Load Cases - Summary

Name	Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
sobre peso	Linear Static
SISMO X	Response Spectrum
SISMO Y	Response Spectrum
~TorsionSISMO X	Linear Static
~TorsionSISMO Y	Linear Static

Analysis Results

This chapter provides analysis results.

3.1 Structure Results

Table 3.1 - Base Reactions

Load Case/Combo	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-cm	MY kN-cm	MZ kN-cm	X cm	Y cm	Z cm
Dead	0	0	6646.1812	8278664.058	-5424547.638	-1.969E-05	0	0	0
Live	0	0	1722.251	2154444.621	-1437707.909	-5.506E-06	0	0	0
sobre peso	0	0	1105.5586	1017345.531	-771892.448	0	0	0	0
SISMO X Max	2206.4697	1569.0748	11.436	816537.9	1127476.343	2409641.801	0	0	0
SISMO Y Max	1569.0748	2333.9212	5.3956	1210341.314	797542.987	1955353.068	0	0	0
1,4 CM	0	0	10852.4356	13014413.425	-8675016.121	-3.01E-05	0	0	0
MAYORADA	0	0	12057.6893	14602322.901	-9736060.758	-3.461E-05	0	0	0
1,3 CM + CV+ SX Max	2206.4697	1569.0748	11810.9487	15055794.987	-8365603.679	2409641.801	0	0	0
1,3 CM + CV+ SX Min	-2206.4697	-1569.0748	11788.0767	13422719.187	-10620556	-2409641.801	0	0	0
1,3CM +CV +SY Max	1569.0748	2333.9212	11804.9083	15449598.402	-8695537.035	1955353.068	0	0	0
1,3CM +CV +SY Min	-1569.0748	-2333.9212	11794.1171	13028915.773	-10290623	-1955353.069	0	0	0
0,8CM +SX Max	2206.4697	1569.0748	6212.8278	8253345.572	-3829675.726	2409641.801	0	0	0
0,8CM +SX Min	-2206.4697	-1569.0748	6189.9558	6620269.772	-6084628.412	-2409641.801	0	0	0
0,8 CM + SY Max	1569.0748	2333.9212	6206.7874	8647148.986	-4159609.083	1955353.068	0	0	0
0,8 CM + SY Min	-1569.0748	-2333.9212	6195.9962	6226466.357	-5754695.056	-1955353.068	0	0	0
envolvente Max	2206.4697	2333.9212	12057.6893	15449598.402	-3829675.726	2409641.801	0	0	0
envolvente Min	-2206.4697	-2333.9212	6189.9558	6226466.357	-10620556	-2409641.801	0	0	0
DCmpD1	0	0	7751.7397	9296009.59	-6196440.086	-2.15E-05	0	0	0
DCmpD2	0	0	9473.9907	11450454.21	-7634147.996	-2.701E-05	0	0	0
DCmpS1	0	0	10852.4356	13014413.425	-8675016.121	-3.01E-05	0	0	0
DCmpS2	0	0	12057.6893	14602322.901	-9736060.758	-3.461E-05	0	0	0
DCmpC1	0	0	9304.6537	11590129.681	-7594366.694	-2.757E-05	0	0	0
DCmpC2	0	0	7975.4174	9934396.87	-6509457.166	-2.363E-05	0	0	0

Table 3.2 - Response Spectrum Modal Information

Response Spectrum Case	Modal case	Mode	Period sec	Damping Ratio	U1 Acceleration cm/sec ²	U2 Acceleration cm/sec ²	U3 Acceleration cm/sec ²	U1 Amplitude cm	U2 Amplitude cm	U3 Amplitude cm
SISMO X	Modal	1	0.48	0.05	367.749	0	0	-33.2976	0	0
SISMO X	Modal	2	0.415	0.05	367.749	0	0	-33.2191	0	0
SISMO X	Modal	3	0.336	0.05	367.749	0	0	-12.8272	0	0

SISMO X	Modal	4	0.212	0.05	367.749	0	0	2.1363	0	0
SISMO X	Modal	5	0.128	0.05	367.749	0	0	-0.1373	0	0
SISMO X	Modal	6	0.122	0.05	367.749	0	0	0.0225	0	0
SISMO X	Modal	7	0.12	0.05	367.749	0	0	0.0341	0	0

Table 3.2 - Response Spectrum Modal Information (continued)

Response Spectrum Case	Modal case	Mode	Period sec	Damping Ratio	U1 Acceleration cm/sec ²	U2 Acceleration cm/sec ²	U3 Acceleration cm/sec ²	U1 Amplitude cm	U2 Amplitude cm	U3 Amplitude cm
SISMO X	Modal	8	0.116	0.05	367.749	0	0	0.0732	0	0
SISMO X	Modal	9	0.106	0.05	367.749	0	0	0.0411	0	0
SISMO X	Modal	10	0.101	0.05	367.749	0	0	-0.0386	0	0
SISMO X	Modal	11	0.096	0.05	367.749	0	0	0.0011	0	0
SISMO X	Modal	12	0.095	0.05	367.749	0	0	0.001	0	0
SISMO Y	Modal	1	0.48	0.05	0	367.749	0	0	39.8555	0
SISMO Y	Modal	2	0.415	0.05	0	367.749	0	0	-32.3146	0
SISMO Y	Modal	3	0.336	0.05	0	367.749	0	0	10.5187	0
SISMO Y	Modal	4	0.212	0.05	0	367.749	0	0	-0.5592	0
SISMO Y	Modal	5	0.128	0.05	0	367.749	0	0	0.0912	0
SISMO Y	Modal	6	0.122	0.05	0	367.749	0	0	0.1078	0
SISMO Y	Modal	7	0.12	0.05	0	367.749	0	0	0.0993	0
SISMO Y	Modal	8	0.116	0.05	0	367.749	0	0	0.0279	0
SISMO Y	Modal	9	0.106	0.05	0	367.749	0	0	-0.022	0
SISMO Y	Modal	10	0.101	0.05	0	367.749	0	0	-0.0057	0
SISMO Y	Modal	11	0.096	0.05	0	367.749	0	0	0.0045	0
SISMO Y	Modal	12	0.095	0.05	0	367.749	0	0	0.0211	0

3.2 Story Results

Table 3.3 - Story Drifts

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story2	Dead	X	0.000123	13	831.5	2441	781
Story2	Dead	Y	0.000247	41	488.5	2441	781
Story2	Live	X	2.2E-05	13	831.5	2441	781
Story2	Live	Y	3.7E-05	41	488.5	2441	781
Story2	sobre peso	X	2.1E-05	13	831.5	2441	781
Story2	sobre peso	Y	2.4E-05	41	488.5	2441	781
Story2	SISMO X Max	X	0.001629	20	1332.5	1556	781
Story2	SISMO X Max	Y	0.001248	26	1554.5	2841	781
Story2	SISMO Y Max	X	0.001144	20	1332.5	1556	781
Story2	SISMO Y Max	Y	0.001568	35	1058.6	3128.3	781
Story2	1,4 CM	X	0.000202	13	831.5	2441	781

Story2	1,4 CM	Y	0.00038	41	488.5	2441	781
Story2	MAYORADA	X	0.000208	13	831.5	2441	781
Story2	MAYORADA	Y	0.000385	41	488.5	2441	781
Story2	1,3 CM + CV+ SX Max	X	0.001649	20	1332.5	1556	781
Story2	1,3 CM + CV+ SX Max	Y	0.001145	26	1554.5	2841	781
Story2	1,3 CM + CV+ SX Min	X	0.001622	19	1554.5	1556	781
Story2	1,3 CM + CV+ SX Min	Y	0.001351	26	1554.5	2841	781
Story2	1,3CM +CV +SY Max	X	0.001165	20	1332.5	1556	781
Story2	1,3CM +CV +SY Max	Y	0.001478	35	1058.6	3128.3	781
Story2	1,3CM +CV +SY Min	X	0.001142	19	1554.5	1556	781

Table 3.3 - Story Drifts (continued)

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story2	1,3CM +CV +SY Min	Y	0.001657	35	1058.6	3128.3	781
Story2	0,8CM +SX Max	X	0.001637	20	1332.5	1556	781
Story2	0,8CM +SX Max	Y	0.001193	26	1554.5	2841	781
Story2	0,8CM +SX Min	X	0.00162	20	1332.5	1556	781
Story2	0,8CM +SX Min	Y	0.001302	26	1554.5	2841	781
Story2	0,8 CM + SY Max	X	0.001152	20	1332.5	1556	781
Story2	0,8 CM + SY Max	Y	0.001526	35	1058.6	3128.3	781
Story2	0,8 CM + SY Min	X	0.001138	19	1554.5	1556	781
Story2	0,8 CM + SY Min	Y	0.001609	35	1058.6	3128.3	781
Story2	envolvente Max	X	0.001649	20	1332.5	1556	781
Story2	envolvente Max	Y	0.001526	35	1058.6	3128.3	781
Story2	envolvente Min	X	0.001622	19	1554.5	1556	781
Story2	envolvente Min	Y	0.001657	35	1058.6	3128.3	781
Story2	DCmpD1	X	0.000144	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpD1	Y	0.000271	41	488.5	2441	781
Story2	DCmpD2	X	0.000166	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpD2	Y	0.000308	41	488.5	2441	781
Story2	DCmpS1	X	0.000202	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpS1	Y	0.00038	41	488.5	2441	781
Story2	DCmpS2	X	0.000208	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpS2	Y	0.000385	41	488.5	2441	781
Story2	DCmpC1	X	0.000172	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpC1	Y	0.000346	41	488.5	2441	781
Story2	DCmpC2	X	0.000147	13	831.5	2441	781
Story2	DCmpC2	Y	0.000297	41	488.5	2441	781
Story1	Dead	X	2.5E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	Dead	Y	2.6E-05	27	1223.5	2950.6	481

Story1	Live	X	9E-06	35	1058.6	3128.3	481
Story1	Live	Y	1.3E-05	32	892.5	2066	481
Story1	sobre peso	X	3E-06	2	0	0	481
Story1	sobre peso	Y	4E-06	5	0	1316	481
Story1	SISMO X Max	X	0.003924	7	831.5	0	481
Story1	SISMO X Max	Y	0.002647	6	0	1742	481
Story1	SISMO Y Max	X	0.003424	7	831.5	0	481
Story1	SISMO Y Max	Y	0.00386	6	0	1742	481
Story1	1,4 CM	X	3.5E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	1,4 CM	Y	3.5E-05	27	1223.5	2950.6	481
Story1	MAYORADA	X	4.5E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	MAYORADA	Y	3.1E-05	5	0	1316	481
Story1	1,3 CM + CV+ SX Max	X	0.003948	7	831.5	0	481
Story1	1,3 CM + CV+ SX Max	Y	0.002619	6	0	1742	481
Story1	1,3 CM + CV+ SX Min	X	0.0039	7	831.5	0	481
Story1	1,3 CM + CV+ SX Min	Y	0.002676	6	0	1742	481
Story1	1,3CM +CV +SY Max	X	0.003447	7	831.5	0	481
Story1	1,3CM +CV +SY Max	Y	0.003831	6	0	1742	481

Table 3.3 - Story Drifts (continued)

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X cm	Y cm	Z cm
Story1	1,3CM +CV +SY Min	X	0.0034	7	831.5	0	481
Story1	1,3CM +CV +SY Min	Y	0.003888	6	0	1742	481
Story1	0,8CM +SX Max	X	0.003936	7	831.5	0	481
Story1	0,8CM +SX Max	Y	0.002634	6	0	1742	481
Story1	0,8CM +SX Min	X	0.003912	7	831.5	0	481
Story1	0,8CM +SX Min	Y	0.00266	6	0	1742	481
Story1	0,8 CM + SY Max	X	0.003436	7	831.5	0	481
Story1	0,8 CM + SY Max	Y	0.003847	6	0	1742	481
Story1	0,8 CM + SY Min	X	0.003412	7	831.5	0	481
Story1	0,8 CM + SY Min	Y	0.003873	6	0	1742	481
Story1	envolvente Max	X	0.003948	7	831.5	0	481
Story1	envolvente Max	Y	0.003847	6	0	1742	481
Story1	envolvente Min	X	0.003912	7	831.5	0	481
Story1	envolvente Min	Y	0.003888	6	0	1742	481
Story1	DCmpD1	X	2.5E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	DCmpD1	Y	2.5E-05	27	1223.5	2950.6	481
Story1	DCmpD2	X	3.4E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	DCmpD2	Y	2.4E-05	5	0	1316	481
Story1	DCmpS1	X	3.5E-05	35	1058.6	3128.3	481

Story1	DCmpS1	Y	3.5E-05	27	1223.5	2950.6	481
Story1	DCmpS2	X	4.5E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	DCmpS2	Y	3.1E-05	5	0	1316	481
Story1	DCmpC1	X	3.4E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	DCmpC1	Y	3.7E-05	27	1223.5	2950.6	481
Story1	DCmpC2	X	2.9E-05	35	1058.6	3128.3	481
Story1	DCmpC2	Y	3.2E-05	27	1223.5	2950.6	481

Table 3.4 - Story Forces

Story	Load Case/Combo	Location	P kN	VX kN	VY kN	T kN-cm	MX kN-cm	MY kN-cm
Story2	Dead	Top	822.4207	0	0	0	1368338.216	-805954.545
Story2	Dead	Bottom	1099.5448	0	0	0	1900940.526	-1094077.796
Story2	Live	Top	145.3726	0	0	0	323265.678	-177863.401
Story2	Live	Bottom	145.3726	0	0	0	323265.678	-177863.401
Story2	sobre peso	Top	0	0	0	0	0	0
Story2	sobre peso	Bottom	0	0	0	0	0	0
Story2	SISMO X Max	Top	0.9546	284.5387	226.2145	533415.518	1490.994	1064.01
Story2	SISMO X Max	Bottom	0.9546	284.5387	226.2145	533415.518	67323.092	86043.067
Story2	SISMO Y Max	Top	1.9118	187.589	318.4257	379327.236	3001.563	1753.2
Story2	SISMO Y Max	Bottom	1.9118	187.589	318.4257	379327.236	94535.939	56617.842
Story2	1,4 CM	Top	1151.3889	0	0	0	1915673.502	-1128336.363
Story2	1,4 CM	Bottom	1539.3627	0	0	0	2661316.736	-1531708.914
Story2	MAYORADA	Top	1219.501	0	0	0	2159230.944	-1251726.896
Story2	MAYORADA	Bottom	1552.0499	0	0	0	2798353.715	-1597474.797
Story2	1,3 CM + CV+ SX Max	Top	1215.474	284.5387	226.2145	533415.518	2103596.353	-1224540.3

Table 3.4 - Story Forces (continued)

Story	Load Case/Combo	Location	P kN	VX kN	VY kN	T kN-cm	MX kN-cm	MY kN-cm
Story2	1,3 CM + CV+ SX Max	Bottom	1575.7354	284.5387	226.2145	533415.518	2861811.453	-1514121.469
Story2	1,3 CM + CV+ SX Min	Top	1213.5649	-284.5387	-226.2145	-533415.518	2100614.364	-1226668.32
Story2	1,3 CM + CV+ SX Min	Bottom	1573.8262	-284.5387	-226.2145	-533415.518	2727165.27	-1686207.603
Story2	1,3CM +CV +SY Max	Top	1216.4313	187.589	318.4257	379327.236	2105106.921	-1223851.11
Story2	1,3CM +CV +SY Max	Bottom	1576.6926	187.589	318.4257	379327.236	2889024.3	-1543546.694
Story2	1,3CM +CV +SY Min	Top	1212.6077	-187.589	-318.4257	-379327.236	2099103.796	-1227357.51
Story2	1,3CM +CV +SY Min	Bottom	1572.869	-187.589	-318.4257	-379327.236	2699952.422	-1656782.378
Story2	0,8CM +SX Max	Top	658.8911	284.5387	226.2145	533415.518	1096161.567	-643699.626
Story2	0,8CM +SX Max	Bottom	880.5904	284.5387	226.2145	533415.518	1588075.512	-789219.17
Story2	0,8CM +SX Min	Top	656.982	-284.5387	-226.2145	-533415.518	1093179.579	-645827.646
Story2	0,8CM +SX Min	Bottom	878.6812	-284.5387	-226.2145	-533415.518	1453429.329	-961305.303
Story2	0,8 CM + SY Max	Top	659.8483	187.589	318.4257	379327.236	1097672.135	-643010.436

Story2	0,8 CM + SY Max	Bottom	881.5476	187.589	318.4257	379327.236	1615288.36	-818644.395
Story2	0,8 CM + SY Min	Top	656.0247	-187.589	-318.4257	-379327.236	1091669.01	-646516.836
Story2	0,8 CM + SY Min	Bottom	877.724	-187.589	-318.4257	-379327.236	1426216.481	-931880.078
Story2	envolvente Max	Top	1219.501	284.5387	318.4257	533415.518	2159230.944	-643010.436
Story2	envolvente Max	Bottom	1576.6926	284.5387	318.4257	533415.518	2889024.3	-789219.17
Story2	envolvente Min	Top	656.0247	-284.5387	-318.4257	-533415.518	1091669.01	-1251726.896
Story2	envolvente Min	Bottom	877.724	-284.5387	-318.4257	-533415.518	1426216.481	-1686207.603
Story2	DCmpD1	Top	822.4207	0	0	0	1368338.216	-805954.545
Story2	DCmpD1	Bottom	1099.5448	0	0	0	1900940.526	-1094077.796
Story2	DCmpD2	Top	967.7933	0	0	0	1691603.894	-983817.946
Story2	DCmpD2	Bottom	1244.9174	0	0	0	2224206.203	-1271941.197
Story2	DCmpS1	Top	1151.3889	0	0	0	1915673.502	-1128336.363
Story2	DCmpS1	Bottom	1539.3627	0	0	0	2661316.736	-1531708.914
Story2	DCmpS2	Top	1219.501	0	0	0	2159230.944	-1251726.896
Story2	DCmpS2	Bottom	1552.0499	0	0	0	2798353.715	-1597474.797
Story2	DCmpC1	Top	1151.3889	0	0	0	1915673.502	-1128336.363
Story2	DCmpC1	Bottom	1539.3627	0	0	0	2661316.736	-1531708.914
Story2	DCmpC2	Top	986.9048	0	0	0	1642005.859	-967145.454
Story2	DCmpC2	Bottom	1319.4537	0	0	0	2281128.631	-1312893.355
Story1	Dead	Top	5625.5522	0	0	0	6174237.107	-4285415.86
Story1	Dead	Bottom	6646.1812	0	0	-1.969E-05	8278664.058	-5424547.638
Story1	Live	Top	1408.8681	0	0	0	1485946.285	-1060026.199
Story1	Live	Bottom	1722.251	0	0	-5.506E-06	2154444.621	-1437707.909
Story1	sobre peso	Top	1105.5586	0	0	0	1017345.531	-771892.448
Story1	sobre peso	Bottom	1105.5586	0	0	0	1017345.531	-771892.448
Story1	SISMO X Max	Top	11.8231	2165.1249	1515.3525	2295955.131	66636.702	77506.046
Story1	SISMO X Max	Bottom	11.436	2206.4697	1569.0748	2409641.801	816537.9	1127476.343
Story1	SISMO Y Max	Top	6.4071	1544.091	2258.1541	1873839.536	91177.353	50064.427
Story1	SISMO Y Max	Bottom	5.3956	1569.0748	2333.9212	1955353.068	1210341.314	797542.987
Story1	1,4 CM	Top	9423.555	0	0	0	10068215.694	-7080231.632
Story1	1,4 CM	Bottom	10852.4356	0	0	-3.01E-05	13014413.425	-8675016.121
Story1	MAYORADA	Top	10331.5219	0	0	0	11007413.223	-7764811.889
Story1	MAYORADA	Bottom	12057.6893	0	0	-3.461E-05	14602322.901	-9736060.758

Table 3.4 - Story Forces (continued)

Story	Load Case/Combo	Location	P kN	VX kN	VY kN	T kN-cm	MX kN-cm	MY kN-cm
Story1	1,3 CM + CV+ SX Max	Top	10171.1352	2165.1249	1515.3525	2295955.131	10901640.417	-7557020.954
Story1	1,3 CM + CV+ SX Max	Bottom	11810.9487	2206.4697	1569.0748	2409641.801	15055794.987	-8365603.679
Story1	1,3 CM + CV+ SX Min	Top	10147.489	-2165.1249	-1515.3525	-2295955.131	10768367.014	-7712033.047
Story1	1,3 CM + CV+ SX Min	Bottom	11788.0767	-2206.4697	-1569.0748	-2409641.801	13422719.187	-10620556

Story1	1,3CM +CV +SY Max	Top	10165.7192	1544.091	2258.1541	1873839.536	10926181.068	-7584462.573
Story1	1,3CM +CV +SY Max	Bottom	11804.9083	1569.0748	2333.9212	1955353.068	15449598.402	-8695537.035
Story1	1,3CM +CV +SY Min	Top	10152.9049	-1544.091	-2258.1541	-1873839.536	10743826.363	-7684591.427
Story1	1,3CM +CV +SY Min	Bottom	11794.1171	-1569.0748	-2333.9212	-1955353.069	13028915.773	-10290623
Story1	0,8CM +SX Max	Top	5396.7117	2165.1249	1515.3525	2295955.131	5819902.813	-3968340.6
Story1	0,8CM +SX Max	Bottom	6212.8278	2206.4697	1569.0748	2409641.801	8253345.572	-3829675.726
Story1	0,8CM +SX Min	Top	5373.0655	-2165.1249	-1515.3525	-2295955.131	5686629.41	-4123352.693
Story1	0,8CM +SX Min	Bottom	6189.9558	-2206.4697	-1569.0748	-2409641.801	6620269.772	-6084628.412
Story1	0,8 CM + SY Max	Top	5391.2957	1544.091	2258.1541	1873839.536	5844443.464	-3995782.22
Story1	0,8 CM + SY Max	Bottom	6206.7874	1569.0748	2333.9212	1955353.068	8647148.986	-4159609.083
Story1	0,8 CM + SY Min	Top	5378.4815	-1544.091	-2258.1541	-1873839.536	5662088.759	-4095911.074
Story1	0,8 CM + SY Min	Bottom	6195.9962	-1569.0748	-2333.9212	-1955353.068	6226466.357	-5754695.056
Story1	envolvente Max	Top	10331.5219	2165.1249	2258.1541	2295955.131	11007413.223	-3968340.6
Story1	envolvente Max	Bottom	12057.6893	2206.4697	2333.9212	2409641.801	15449598.402	-3829675.726
Story1	envolvente Min	Top	5373.0655	-2165.1249	-2258.1541	-2295955.131	5662088.759	-7764811.889
Story1	envolvente Min	Bottom	6189.9558	-2206.4697	-2333.9212	-2409641.801	6226466.357	-10620556
Story1	DCmpD1	Top	6731.1107	0	0	0	7191582.639	-5057308.309
Story1	DCmpD1	Bottom	7751.7397	0	0	-2.15E-05	9296009.59	-6196440.086
Story1	DCmpD2	Top	8139.9788	0	0	0	8677528.924	-6117334.508
Story1	DCmpD2	Bottom	9473.9907	0	0	-2.701E-05	11450454.21	-7634147.996
Story1	DCmpS1	Top	9423.555	0	0	0	10068215.694	-7080231.632
Story1	DCmpS1	Bottom	10852.4356	0	0	-3.01E-05	13014413.425	-8675016.121
Story1	DCmpS2	Top	10331.5219	0	0	0	11007413.223	-7764811.889
Story1	DCmpS2	Bottom	12057.6893	0	0	-3.461E-05	14602322.901	-9736060.758
Story1	DCmpC1	Top	7875.773	0	0	0	8643931.95	-5999582.204
Story1	DCmpC1	Bottom	9304.6537	0	0	-2.757E-05	11590129.681	-7594366.694
Story1	DCmpC2	Top	6750.6626	0	0	0	7409084.529	-5142499.032
Story1	DCmpC2	Bottom	7975.4174	0	0	-2.363E-05	9934396.87	-6509457.166

Table 3.5 - Story Stiffness

Story	Load Case	Shear X kN	Drift X cm	Stiffness X kN/cm	Shear Y kN	Drift Y cm	Stiffness Y kN/cm
Story2	SISMO X	284.5387	0.3134	907.8777	226.2145	0.2288	988.5289
Story1	SISMO X	2206.4697	1.1631	1897.0073	1569.0748	0.9333	1681.1522
Story2	SISMO Y	187.589	0.2226	842.789	318.4257	0.2911	1093.6929
Story1	SISMO Y	1569.0748	0.985	1592.9506	2333.9212	1.3081	1784.1576

3.3 Modal Results

Table 3.6 - Modal Periods and Frequencies

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	Circular Frequency rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
------	------	------------	-------------------	----------------------------	---

Modal	1	0.48	2.083	13.089	171.3231
Modal	2	0.415	2.41	15.1441	229.3426
Modal	3	0.336	2.976	18.7014	349.7428
Modal	4	0.212	4.711	29.5985	876.0726
Modal	5	0.128	7.798	48.9939	2400.4003
Modal	6	0.122	8.212	51.595	2662.0483
Modal	7	0.12	8.363	52.5458	2761.0658
Modal	8	0.116	8.613	54.1149	2928.4238
Modal	9	0.106	9.474	59.529	3543.7065
Modal	10	0.101	9.949	62.5085	3907.3186
Modal	11	0.096	10.376	65.1933	4250.1644
Modal	12	0.095	10.576	66.4532	4416.0244

Table 3.7 - Modal Participating Mass Ratios (Part 1 of 2)

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ
Modal	1	0.48	0.2798	0.4009	2.212E-06	0.2798	0.4009	2.212E-06
Modal	2	0.415	0.4991	0.4723	0	0.7789	0.8732	2.405E-06
Modal	3	0.336	0.1731	0.1164	0	0.952	0.9896	2.49E-06
Modal	4	0.212	0.0301	0.0021	1.245E-06	0.9821	0.9916	3.735E-06
Modal	5	0.128	0.0009	0.0004	0.0002	0.983	0.992	0.0002
Modal	6	0.122	3.071E-05	0.0007	0.0002	0.9831	0.9927	0.0004
Modal	7	0.12	0.0001	0.0006	0.0004	0.9831	0.9934	0.0008
Modal	8	0.116	0.0004	0.0001	0	0.9835	0.9934	0.0008
Modal	9	0.106	0.0002	0.0001	0.0011	0.9837	0.9935	0.0019
Modal	10	0.101	0.0002	4.311E-06	0.0739	0.9839	0.9935	0.0758
Modal	11	0.096	0	3.1E-06	0.0106	0.9839	0.9935	0.0864
Modal	12	0.095	0	0.0001	0.0003	0.9839	0.9936	0.0867

Table 3.7 - Modal Participating Mass Ratios (Part 2 of 2)

Case	Mode	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	1	0.0002	1.049E-06	0.3418	0.0002	1.049E-06	0.3418
Modal	2	0.0006	0.0006	0.0168	0.0009	0.0006	0.3586
Modal	3	0.0007	0.0019	0.5287	0.0016	0.0025	0.8873
Modal	4	0.0001	0.0075	0.0875	0.0016	0.01	0.9747
Modal	5	0.0001	0.009	0.0006	0.0017	0.019	0.9753
Modal	6	0.0077	4.139E-05	4.678E-05	0.0094	0.0191	0.9753
Modal	7	0.0032	0.001	0.0003	0.0126	0.0201	0.9756
Modal	8	0.0001	0.0051	0.0002	0.0126	0.0252	0.9758
Modal	9	0.0013	0.0087	0.0004	0.0139	0.0339	0.9762
Modal	10	0.0003	0.2951	0.0001	0.0143	0.329	0.9762

Modal	11	0.0006	0.0117	0.0002	0.0149	0.3407	0.9765
Modal	12	0.0052	0.0001	3.796E-05	0.0201	0.3408	0.9765

Table 3.8 - Modal Load Participation Ratios

Case	Item Type	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	99.96	98.39
Modal	Acceleration	UY	99.99	99.36
Modal	Acceleration	UZ	18.03	8.67

Table 3.9 - Modal Direction Factors

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	0.48	0.295	0.41	0	0.295
Modal	2	0.415	0.512	0.486	0	0.002
Modal	3	0.336	0.225	0.161	0	0.615
Modal	4	0.212	0.778	0.023	0	0.199
Modal	5	0.128	0.65	0.047	0.002	0.302
Modal	6	0.122	0.004	0.922	0.001	0.073
Modal	7	0.12	0.055	0.671	0.002	0.271
Modal	8	0.116	0.352	0.003	0	0.645
Modal	9	0.106	0.596	0.069	0.011	0.323
Modal	10	0.101	0.005	0	0.337	0.657
Modal	11	0.096	0.005	0	0.006	0.988
Modal	12	0.095	0	0.684	0.001	0.314

