

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL CENTRO HISTÓRICO  
DE SANGOLQUÍ**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**DIEGO MARCELO BARONA ZALDUMBIDE**

**SANGOLQUÍ, NOVIEMBRE DE 2010**

## RESUMEN

El sismo más fuerte que afectó y dejó una amplia destrucción a la ciudad de Sangolquí fue el 9 de Agosto de 1938, que tuvo una magnitud de 7.1; considerando aquello, el sismo que se trata en el Código Ecuatoriano de la Construcción (C.E.C. - 2000) es más fuerte que el anterior mencionado, razón por la cual es necesario evaluar y calcular la Vulnerabilidad Sísmica de las estructuras del Centro Histórico de Sangolquí; por tal motivo se realizó el estudio para 15 manzanas (176 viviendas) del sector. Las estructuras se las clasificó de acuerdo al número de pisos, a los materiales empleados, al año de construcción y al estado de conservación; además de diferenciarlas según la falla estructural frecuente en caso de tenerla; parámetros que intervienen en la vulnerabilidad sísmica.

Con la información señalada anteriormente se puede realizar una estimación de la vulnerabilidad del Centro Histórico, sin embargo se aplicó el Método del Espectro de Capacidad para confirmar las observaciones y el desempeño que van a presentar frente al sismo considerado en el C.E.C. – 2000.

Mediante la utilización del programa HAZUS (Hazard U.S.), se obtuvo el espectro de capacidad y las curvas de fragilidad, con lo que se calculó el porcentaje de daño en elementos estructurales, no estructurales y contenidos (elementos que pueden caerse), para cada una de las viviendas; se encontró el desempeño los niveles de daño leve, moderado, extensivo y completo. Con esto se elaboró un Mapa de Vulnerabilidad Sísmica para el Centro Histórico de Sangolquí y se puso énfasis en la vulnerabilidad de la Iglesia Matriz.

## ABSTRACT

The hardest earthquake that affected and greatly destroyed Sangolquí city was on August 9<sup>th</sup>, 1938, which had a magnitude of 7.1; considering that, the seism treated in the Ecuadorian Construction Code (C.E.C. - 2000) is harder than the mentioned before, for that reason it is necessary to evaluate and calculate the Seismic Vulnerability of Structures in the Historic Downtown of Sangolquí; consequently the study for 15 blocks (176 housings) from that sector was carried out. The structures were classified according to the number of floors, the materials which were used, the year of construction and the conservation level; in addition they were differenced according the frequent structural failure if it was the case; parameters that intervene in the seismic vulnerability.

With the information mentioned above it is possible to carry out an estimation of the vulnerability of the Historic Downtown; however the Capacity Spectrum Method was applied to confirm the observances and the performance that they will present in presence of the seism considered by the C.E.C. - 2000.

By means of the use of the program HAZUS (Hazard U.S.), the Capacity Spectrum and the Fragility Curves were obtained, with which the damage percentage was calculated in structural elements, non-structural elements and contained elements (those inclined to fall down), for each housing; the performance of the damage levels: slight, moderated, extensive and complete, was found out. With this information, a Seismic Vulnerability Map for the Historic Downtown of Sangolquí was elaborated and we emphasized the vulnerability of the Main Church.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. DIEGO MARCELO BARONA ZALDUMBIDE** como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingeniero Civil.

Sangolquí, Octubre de 2010

\_\_\_\_\_  
DR. ROBERTO AGUIAR FALCONÍ  
DIRECTOR DE TESIS

\_\_\_\_\_  
ING. ANITA HARO  
CODIRECTORA DE TESIS

REVISADO POR

\_\_\_\_\_  
ING. JORGE ZUNIGA  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## DEDICATORIA

La presente Investigación se la dedico con mucho amor, consideración y respeto:

A mis Padres Rocío y Joselito por darme el apoyo, comprensión y cariño en todo momento y lugar desde el momento en que nací y a lo largo de toda mi vida;

A mis Hermanos Andrea y José Luis por su ternura y afecto mostrado hacia mí, que siempre están pendientes de mi bienestar y tranquilidad;

A mi familia en general, y en especial a mi Tío Jorge Zaldumbide y abuelito Papá Alfonso Zaldumbide que partieron de este mundo dejándonos un dolor muy inmenso y cuidan de mí donde quiera que yo me encuentre;

Sin el apoyo de ellos no hubiera sido posible la realización de esta Investigación.

**DIEGO BARONA ZALDUMBIDE**

## **AGRADECIMIENTOS**

En el presente trabajo de investigación mis más sinceros agradecimientos:

A DIOS por sobre todo, por darme la sabiduría, paciencia, tranquilidad y fortaleza, para no dejarme vencer por las adversidades o malos momentos y continuar con mis estudios y vida con bienestar.

A mis padres por darme su apoyo y colaboración incondicional cuando yo más los necesito.

A mis queridas instituciones, donde me eduqué con satisfacción y orgullo, Instituto Nacional Mejía y Escuela Politécnica del Ejército donde encontré mi verdadera vocación, ser Ingeniero Civil.

Al Dr. Roberto Aguiar Falconí, Flamante Investigador, Catedrático y Director del Centro de Investigaciones de la ESPE; que sin su apoyo no hubiese sido posible la presente investigación.

A la población del Centro Histórico de Sangolquí que me colaboró en las encuestas para realizar la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica y al Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui por facilitarme información relevante en este estudio.

**DIEGO BARONA ZALDUMBIDE**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1	OBJETIVO GENERAL Y PARTICULAR DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.1	Objetivo General.....	2
1.1.2	Objetivos Particulares.....	2
1.2	IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	2
1.2.1	Importancia.....	2
1.2.2	Justificación del tema.....	3
1.3	ÁREA DE INFLUENCIA.....	5
1.4	PROYECCIÓN Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1	Proyección.....	5
1.4.2	Alcance de la Investigación.....	6

### CAPÍTULO II DEFINICIONES DE VULNERABILIDAD Y SISMICIDAD REGIONAL

2.1	DEFINICIÓN DE: PELIGROSIDAD, VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO.....	8
2.2	SISMICIDAD LOCAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI.....	9
2.3	EL SISMO DE 1938.....	11
2.4	ISOSISTAS DEL SISMO DE 1938.....	15

### CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE HAZUS

3.1	CURVA DE CAPACIDAD .....	18
3.2	ESPECTRO DE CAPACIDAD.....	20
3.3	ESPECTRO DE CAPACIDAD BILINEAL.....	21
3.4	ESPECTRO DE DEMANDA.- Método Del Espectro De Capacidad.....	23

3.5	PUNTO DE DESEMPEÑO.....	24
3.6	CURVAS DE FRAGILIDAD.....	25
3.7	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA HAZUS.....	27

## **CAPÍTULO IV**

### **LEVANTAMIENTO DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE SANGOLQUÍ**

4.1	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A UTILIZAR.- FORMULARIO DE ENCUESTA.....	35
4.2	DESCRIPCIÓN DE LAS MANZANAS ANALIZADAS.....	37
4.2.1	Descripción del Tipo de Suelo y Geología de Sangolquí.....	40
4.2.2	Usos del Suelo del Centro Histórico de Sangolquí.....	42
4.3	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL NÚMERO DE PISOS.....	44
4.4	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE MATERIAL.....	46
4.5	FALLAS FRECUENTES ENCONTRADAS.....	47

## **CAPÍTULO V**

### **CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA**

5.1	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	56
5.1.1	Estructuras de Adobe.- Espectro de Capacidad.....	59
5.1.2	Estructuras de Mampostería Sin Columnas.- Espectro de Capacidad.....	61
5.1.3	Estructuras de Hormigón Armado.- Espectro de Capacidad.....	62
5.2	DAÑO ESPERADO.- LEVE, MODERADO, EXTENSIVO Y COMPLETO.....	63

5.3	RESULTADOS OBTENIDOS Y MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA.....	67
-----	---	----

## **CAPÍTULO VI**

### **VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA MATRIZ DE SANGOLQUÍ**

6.1	FALLAS FRECUENTES EN LAS IGLESIAS DURANTE SISMOS.....	72
6.2	ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE LA IGLESIA MATRIZ DE SANGOLQUÍ.....	83
6.3	VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA.....	88

## **CAPÍTULO VII**

### **COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	COMENTARIOS.....	91
7.2	CONCLUSIONES.....	93
7.3	RECOMENDACIONES.....	96
	BIBLIOGRAFÍA.....	97

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1: Ejemplo de resultados obtenidos con el programa frágil.....	32
Tabla 4.1: Número de pisos de las viviendas.....	44
Tabla 4.2: Años de construcción de las viviendas.....	45
Tabla 4.3: Materiales empleados en las estructuras.....	46
Tabla 4.4: Tipos de Fallas en las Estructuras.....	51
Tabla 4.5: Estado de Conservación en las Estructuras.....	52
Tabla 5.1: Niveles de Daño para una estructura de Adobe de 2 pisos.....	64
Tabla 5.2: Niveles de Daño para una estructura de Mampostería de 3 pisos.....	65
Tabla 5.3 Niveles de Daño para una estructura de Hormigón Armado de 4 pisos.....	66
Tabla 6.1: Niveles de Daño para la Iglesia.....	89

## LISTADO DE FIGURAS

### CAPITULO II:

Figura 2.1: Sismos alrededor de Sangolquí.....	10
Figura 2.2: Sangolquí - consecuencias del Sismo de 1938.....	12
Figura 2.3: Imágenes de varias construcciones que colapsaron.....	13
Figura 2.4: Mapa de Isosistas del Terremoto del Valle de Chillos.....	16

### CAPITULO III:

Figura 3.1: Patrones de distribución de cargas laterales para un análisis pushover.....	19
Figura 3.2: Curva de capacidad.....	20
Figura 3.3: Espectro de capacidad.....	21
Figura 3.4: Representación bilineal de la curva de capacidad.....	21
Figura 3.5: Espectros de capacidad, de demanda y punto de desempeño.....	24
Figura 3.6: Obtención de Niveles de Daño con HAZUS-99.....	26
Figura 3.7: Ejemplo de un Espectro de Capacidad.....	28
Figura 3.8: Espectro Clásico y Espectro de Demanda.....	29
Figura 3.9: Punto de Demanda a partir de los Espectros de Capacidad y de Demanda.....	31
Figura 3.10: Curvas de Fragilidad.....	31

### CAPITULO IV:

Figura 4.1: Iglesia Matriz de Sangolquí.....	34
Figura 4.2: Área de estudio de vulnerabilidad sísmica.....	35
Figura 4.3: Vista de varias edificaciones alrededor del Parque Juan de Salinas.....	39
Figura 4.4: Ubicación de los sitios donde se tienen estudios de suelos en Sangolquí.....	41
Figura 4.5: Mapa Geológico de Sangolquí.....	42
Figura 4.6: Uso del Suelo del Centro Histórico de Sangolquí.....	43
Figura 4.7: Clasificación de las viviendas de acuerdo al número de pisos...	45

Figura 4.8: Clasificación de las viviendas por el año de construcción.....	46
Figura 4.9: Clasificación de las estructuras de acuerdo al material empleado.....	47
Figura 4.10: Casas Muy Vulnerables de Sangolquí.....	48
Figura 4.11: Casas adosadas sin juntas de construcción.....	49
Figura 4.12: Cornisas sin elementos confinantes.....	49
Figura 4.13: Edificio abierto y con piso blando.....	50
Figura 4.14: Fallas frecuentes observadas en el Centro Histórico de Sangolquí.....	51
Figura 4.15: Grado de conservación de las viviendas de Sangolquí.....	52

## **CAPITULO V:**

Figura 5.1: Esquema de la Metodología de HAZUS para evaluar la vulnerabilidad sísmica.....	53
Figura 5.2: Espectro clásico y de demanda utilizados en el estudio para diferentes amortiguamientos.....	56
Figura 5.3: Espectros de capacidad para una estructura de hormigón armado con nivel de diseño alto.....	57
Figura 5.4: Curvas de fragilidad para una estructura de hormigón armado de 4 pisos con nivel de diseño sísmico alto.....	58
Figura 5.5: Espectro de Capacidad para estructuras de adobe con Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo.....	60
Figura 5.6: Espectro de Capacidad y demanda Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo de Adobe (2 pisos).....	60
Figura 5.7: Espectro de Capacidad para estructuras de mampostería Nivel de Diseño Sísmico Bajo.....	61
Figura 5.8: Espectro de Capacidad y demanda Nivel de Diseño Sísmico Bajo – Mampostería (3 pisos).....	61
Figura 5.9: Espectro de Capacidad para estructuras de Hormigón Armado con Nivel de Diseño Sísmico Alto.....	62
Figura 5.10: Espectro de Capacidad y demanda. Nivel de Diseño Alto de Hormigón Armado (4 pisos).....	63

Figura 5.11: Curvas de Fragilidad. Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo de Adobe (2 pisos).....	64
Figura 5.12: Curvas de Fragilidad. Nivel de Diseño Sísmico Bajo de Mampostería (3 pisos).....	65
Figura 5.13: Curvas de Fragilidad. Nivel de Diseño Alto de Hormigón Armado (4 pisos).....	66
Figura 5.14: Mapa de Vulnerabilidad Sísmica.....	68

## **CAPITULO VI:**

Figura 6.1: Inauguración de la Cúpula del Templo, realizada el 8 de septiembre de 1924.....	70
Figura 6.2: Iglesia Matriz de Sangolquí - Vista Frontal.....	72
Figura 6.3: Daño en Pilar a causa de sismo.....	73
Figura 6.4: Grieta diagonal en un muro de la iglesia de Santa María de Ostuma.....	74
Figura 6.5: Daños graves en esquina, a punto de colapso, en la Iglesia de San Miguel Arcángel en Huizúcar.....	75
Figura 6.6: Iglesias de San Miguel Arcángel en Huizúcar y Santa Lucía en Santa Ana.....	76
Figura 6.7: Iglesia San Pedro Apóstol en San Pedro Nonualco.....	77
Figura 6.8: Agrietamientos en las claves de los arcos en las Iglesias Santa Lucía en Santa Ana y Nuestra Señora del Pilar en San Vicente (EL SALVADOR).....	77
Figura 6.9: Colapso en la Bóveda Principal de Iglesia.....	78
Figura 6.10: Bóveda de Cañón destruida a causa de un sismo.....	78
Figura 6.11: Agrietamientos en la bóveda de cañón de la Iglesia Nuestra Señora del Pilar en San Vicente (EL SALVADOR).....	79
Figura 6.12: Agrietamientos en la bóveda de cañón de la iglesia Nuestra Señora del Pilar en San Vicente.....	79
Figura 6.13: Efectos en los campanarios y efectos antes y después del sismo del 13 de febrero de 2001 en El Salvador.....	80
Figura 6.14: Efectos en los campanarios de las Iglesias después del sismo del 13 de febrero de 2001 en El Salvador.....	80

Figura 6.15: Daños en el frontón principal de las Iglesias después del sismo del 13 de febrero de 2001 en El Salvador.....	81
Figura 6.16: Daños en el frontón de la Iglesia causado por el sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile.....	81
Figura 6.17: Desprendimiento de ornamentos de las Iglesias después del sismo del 13 de febrero de 2001 en El Salvador.....	82
Figura 6.18: Nave Central Principal de la Iglesia con su bóveda de cañón, arcos, cornisas, pilastras y columnas.....	84
Figura 6.19: Cables de Acero colocados en los Arcos de la Nave Principal.....	84
Figura 6.20: Las cenefas, cornisas, lunetos, cielo raso, vanos, etc.....	85
Figura 6.21: Muros Perimetrales Portantes.....	85
Figura 6.22: Tambor de la cúpula, pechinas, bóveda y cornisas del Templo.....	86
Figura 6.23: Torre Principal de la Iglesia.....	86
Figura 6.24: Cubierta de la Iglesia.....	87
Figura 6.25: Curvas de fragilidad para la Iglesia Matriz de Sangolquí.....	88

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1: Cuadro de intensidades del Sismo de 1938.....	102
ANEXO 2: Nomenclatura de los sistemas estructurales que considera HAZUS-99.....	103
ANEXO 3: Formulario de Encuesta para Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Ciudades.....	104
ANEXO 4: Fallas Estructurales Frecuentes Observadas En La Investigación.....	106
ANEXO 5: Tablas De Los Porcentajes O Niveles De Daño Calculados En Las Estructuras Del Centro Histórico De Sangolquí.....	110
ANEXO 6: Tipos De Fallas Estructurales Observadas En Manzanas Y Clasificación Según Su Vulnerabilidad Sísmica.....	137
ANEXO 7: Planta Arquitectónica De La Iglesia.....	141

## **CAPÍTULO I**

### **ANTECEDENTES**

La Historia nos demuestra que la evolución de la construcción ha dependido del lugar, materiales, técnicas utilizadas y de cómo hacer o crear varios tipos de estructuras, muchas de las veces sin tomar en cuenta que la gran desventaja son los fenómenos naturales, sobre todo cuando se trata de sismos, para que nuestra edificación se mantenga en pie sin colapsar y sin ningún tipo de riesgo para sus habitantes.

Con el paso de los años hemos ido comprendiendo la importancia del diseño, control, fiscalización, construcción y mantenimiento de las estructuras y viviendas que edificamos y habitamos; sobre todo en zonas donde los movimientos sísmicos son altos.

Entendido lo anterior y tomando en cuenta que en los últimos años se han producido varios fenómenos naturales en el mundo como por ejemplo, los sismos de Haití el 12 de Enero del 2010, el 27 de febrero de 2010 en Chile y el que sacudió el oriente del Ecuador y que se sintió en todo el país en Agosto del 2010; es necesario considerar estudios de investigación para la determinación de la vulnerabilidad sísmica de una zona en una forma aproximada, sobre todo cuando la región es amplia y sensible, para de esta forma conocer los peligros y factores que intervienen en el mencionado estudio, tales como: la tipología estructural de las viviendas, el tipo de suelo en que se encuentra la estructura,

los sismos que se han dado en la población a investigar, años de construcción que tienen las viviendas, ampliaciones de las casas, fallas estructurales, etc.

## **1.1 OBJETIVO GENERAL Y PARTICULAR DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.1 Objetivo General**

Investigar la vulnerabilidad sísmica del Centro Histórico de la Ciudad de Sangolquí en forma rápida y aproximada, utilizando el programa HAZUS, para realizar un mapa de vulnerabilidad sísmica del Centro Histórico de Sangolquí.

### **1.1.2 Objetivos Particulares**

Investigar sobre el sismo de 1938 ocurrido en el Valle de los Chillos.

Analizar la tipología estructural existente en el centro de Sangolquí.

Usar y divulgar el programa HAZUS de CEINCI-LAB.

Realizar un Mapa de Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de Sangolquí.

Efectuar el estudio de Vulnerabilidad Sísmica de la Iglesia Matriz de Sangolquí.

## **1.2 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

### **1.2.1 Importancia**

Para determinar la importancia del tema se debe entender la real magnitud de la vulnerabilidad de un poblado ante un posible evento sísmico, por ser un

fenómeno natural inevitable, cuya acción es capaz de producir catástrofes y por lo tanto, deben ser considerados en el momento de proyectar estructuras.

El comportamiento sísmico inadecuado de las estructuras es la causa principal de pérdidas humanas y económicas. Es de suma importancia mejorar el diseño sísmico en las estructuras nuevas, así como el comportamiento de las edificaciones antiguas, para reducir el número de víctimas en caso de un desastre natural. Cuando no se realiza ningún tipo de comprobación o diseño antisísmico, la fragilidad y vulnerabilidad de las construcciones es alta y al combinarlo con la peligrosidad del sitio resulta un riesgo sísmico muy importante.

En lugares donde la sismicidad es moderada o baja, un sismo puede ocasionar daños considerables, debido a que varias de las construcciones fueron construidas sin ninguna normativa sismoresistente, obviamente esto también se aplica para zonas donde la actividad sísmica es alta.

Es necesario realizar estudios de vulnerabilidad sísmica y reducir la cantidad de pérdidas humanas y económicas; para prevenir a los habitantes y autoridades, tomando medidas de precaución y seguridad sobre la amenaza existente.

### **1.2.2 Justificación del tema**

Si se quiere realizar medidas de mitigación de riesgo sísmico, se debe realizar una evaluación adecuada de las posibles pérdidas humanas y económicas que se puedan producir a causa de un evento sísmico. Para esto se requiere de

alguna metodología que permita evaluar la vulnerabilidad y el riesgo sísmico de forma rápida y fiable.

Para efectuar un estudio de este tipo se necesita de información que muchas de las veces no se tiene, por lo tanto el tratamiento adecuado del problema es el probabilista. La estimación de la vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas, se basa en el análisis de posibles escenarios de daño. Para esto, existen varios métodos, muchos de los cuales resultan muy costosos, tanto a nivel monetario, como computacional. Algunas investigaciones recurren a métodos más simplificados que, además de reducir los costos, permiten obtener unos resultados adecuados.

Lo fundamental de investigaciones de vulnerabilidad sísmica, a nivel estructural, es disponer de una amplia información con la que se necesita trabajar para evaluar la vulnerabilidad sísmica y, con esto, calcular el daño probable de una estructura que pueda sufrir a causa de un sismo.

En esta investigación se realiza un estudio de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Centro Histórico de Sangolquí, ciudad que se ubica en una zona de sismicidad alta y muchas de las estructuras no tienen diseño antisísmico.

Tomando en cuenta lo anterior, se debe realizar una investigación de la tipología estructural de las viviendas, además de cómo fueron construidas, cuántos años tienen y en qué tipo de suelo fueron levantadas para conocer la verdadera vulnerabilidad ante un sismo.

Una vez obtenidos los resultados de la evaluación del daño sísmico en las tipologías estructurales estudiadas, se puede realizar mapas de riesgo sísmico, los cuales se pueden utilizar para desarrollar planes de emergencia y prevención de desastres, además de realizar con anticipación reforzamientos sísmicos o reparación en la estructura a tiempo.

### **1.3 ÁREA DE INFLUENCIA**

La presente investigación se realizará en Ecuador, ciudad de Sangolquí, cantón Rumiñahui; específicamente en la zona 1 con respecto al catastro del Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui; con un gran beneficio a la población habitante de este sector ya que con la mencionada investigación se conocerá la vulnerabilidad sísmica del lugar; esto permitirá tomar acciones con anticipación; además de realizar prevenciones, tanto sociales, ambientales, estructurales y económicas. Aportando con esta investigación y resultados obtenidos, al conocimiento de los habitantes y diferentes personas e instituciones encargadas del bienestar de la población.

### **1.4 PROYECCIÓN Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1 Proyección**

La proyección del tema de tesis está sustentada principalmente en base a programas realizados en el Centro de Investigaciones Científicas de la ESPE (CEINCI), para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de ciudades, acordes a la realidad de diferentes materiales que existen en las edificaciones del sector

en estudio, además de ser posible continuar con la investigación en diferentes poblados con posteriores estudiantes egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la ESPE.

#### **1.4.2 Alcance de la Investigación**

- Conocer la sismicidad local del Cantón Rumiñahui.
- Realizar la investigación de la tipología estructural que se tiene en el Centro Histórico de Sangolquí.
- Conocer el número de pisos en las viviendas, fallas frecuentes de construcción, además del estado de conservación que tienen las estructuras.
- Saber el tipo de suelo que están cimentadas las estructuras del Centro Histórico de Sangolquí.
- Calcular los espectros de capacidad y demanda; así como también los porcentajes de daño ante un posible sismo en la ciudad de Sangolquí.
- Realizar un Mapa de Vulnerabilidad Sísmica para el sector antes mencionado.
- Crear conciencia en la población de Sangolquí tanto para sus habitantes cuanto para investigadores y conocedores del tema en lo que se refiere a la sismicidad, peligrosidad y vulnerabilidad de la población antes mencionada.

## **CAPÍTULO II**

### **DEFINICIONES DE VULNERABILIDAD Y SISMICIDAD REGIONAL**

La vulnerabilidad sísmica es una propiedad esencial de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi, H. 1986).

El objetivo de un estudio de vulnerabilidad sísmica es tratar de reducir al máximo en la ocurrencia de un sismo el número de pérdidas humanas y económicas; además de alertar a las autoridades para que tomen medidas de precaución y seguridad sobre la amenaza sísmica existente.

La sismicidad regional se refiere al estudio, análisis y las características más representativas de los eventos o fenómenos sísmicos, que se han presentado en una región geográfica determinada.

Cambios físicos en la parte inferior de la corteza terrestre han hecho que se divida en grandes bloques llamadas placas tectónicas, que se mueven a velocidades de centímetros por año, realizando esfuerzos de compresión, tracción y cortante es así que el Nor-Occidente de Sur América comprende un ambiente sísmico y tectónico complejo, debido a la interacción de al menos tres placas tectónicas: Nazca, Suramérica y Caribe; lo que hace, que se presente acumulación de energía sísmica, la cual se manifiesta mediante la ocurrencia

de sismos y la presencia de fallas. Con respecto a Sur América La placa Caribe se desplaza en dirección occidente-oriente y la placa Nazca en sentido occidente-oriente con velocidad relativa promedio de 60mm/año (Kellogg and Vega, 1995).

Ecuador, está dentro de la zona de la Tierra más activa sísmicamente, denominada Cinturón Circumpacífico. El principal fenómeno sismotectónico se presenta en la zona de subducción en el Océano Pacífico, causado por el doblamiento de la placa de Nazca cuando subduce bajo la placa Suramericana. La zona continental más activa sísmicamente corresponde al territorio andino marcado por las cordilleras occidental, central y oriental; es por estas y otras razones que se debe considerar realizar investigaciones de vulnerabilidad y peligrosidad.

## 2.1 DEFINICIÓN DE: VULNERABILIDAD, PELIGROSIDAD Y RIESGO SÍSMICO

La **vulnerabilidad sísmica** es el grado de daño que pueden soportar las edificaciones durante un sismo. La vulnerabilidad de una estructura muestra la falta de resistencia frente a un terremoto y depende mucho de las características del diseño, la tipología estructural, la calidad de los materiales y la técnica que se utilizó en la construcción de la edificación.

El **peligro sísmico** es la probabilidad de ocurrencia de movimientos sísmicos de cierta intensidad en una zona determinada durante un tiempo de exposición.

El peligro también puede incluir otros efectos que el mismo sismo genera,

como derrumbes y licuefacción de suelos (Bommer et al. 1998). El peligro sísmico se representa mediante parámetros simples como la intensidad, la aceleración del terreno o el espectro de respuesta.

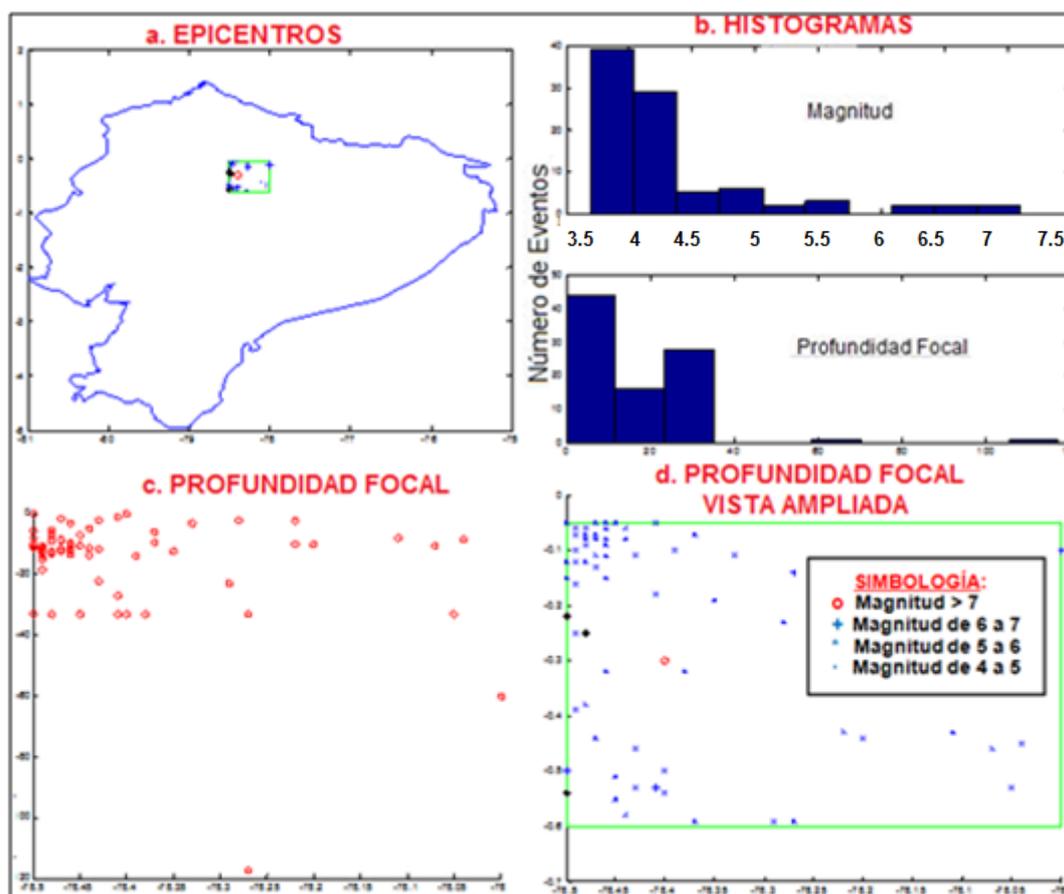
El **riesgo sísmico** es el grado de pérdidas esperadas que sufren las estructuras durante el lapso de tiempo que permanecen expuestas a la acción sísmica (Bonett 2003, Barbart 1998). También, el riesgo sísmico es definido como una función de la vulnerabilidad sísmica y del peligro sísmico, que de forma general se puede expresar como: *Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad* (Fourier d'Albe 1988, Kuroiwa 2002). El riesgo sísmico combina los resultados del peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica que exhiben las estructuras.

## 2.2 SISMICIDAD LOCAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI

El conocimiento de la sismicidad de la región donde se quiere realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica, es el primer paso a seguir en una investigación como esta; es necesario conocer bien la ocurrencia de terremotos en el pasado, para poder predecirla en el futuro. Previamente hay que definir la extensión de la zona cuya sismicidad puede afectar a un lugar dado. Casi todas las normativas establecen como área de influencia un círculo de radio 300 km. alrededor del punto a estudiar e imponen el análisis de la sismicidad en la región comprendida dentro del mismo.

En el conocimiento de la sismicidad de una población es necesario conocer la cantidad y magnitudes de los sismos ocurridos en una población; y es de gran

importancia saber o conocer el número de sismos con un mapa con los epicentros y en qué tiempo han ocurrido.



**Figura 2.1** Sismos alrededor de Sangolquí.

En la **Figura 2.1** se presenta la sismicidad local que se ha tenido alrededor del Centro Histórico de Sangolquí. Se entiende por sismicidad local a los sismos registrados entre varios puntos o sectores de una localidad; en este caso se tomó cuatro puntos referenciales de Sangolquí tomando lecturas de los epicentros de los sismos de una área de 30 km. alrededor de dicho poblado, lo que se puede apreciar en la **Figura 2.1**, también se observa que en el transcurso de los años han ocurrido varios eventos sísmicos; asimismo que la mayor magnitud es de 7 en la escala MW y son muchos los sismos registrados que tienen magnitudes de 3.5 a 4.5 lo que quiere decir que son sismos no muy

fuertes, se conoce también que son pocos los sismos registrados a una profundidad de 120 km. que es la mayor profundidad registrada en la historia sísmica del lugar en estudio y de 30 a 40 sismos tienen profundidades de 0 a 35 km. de profundidad.

Conocer la historia sísmica de una población es muy importante, ya que es probable que un evento sísmico de características similares a los ocurridos en el pasado este por suceder en nuestro país; tomando en consideración los sismos ocurridos en Haití y Chile deberíamos tomar conciencia de la realidad del Centro Histórico de Sangolquí; con este estudio se demuestra con datos reales y actuales la situación en la que se encuentran varias edificaciones de la zona investigada.

### **2.3 EL SISMO DE 1938**

El 9 de Agosto de 1938, los sismógrafos del Observatorio Astronómico registraron desde las tres de la mañana, una serie de temblores que culminó con un sismo catastrófico a las 21h 01m. (nueve y un minuto de la noche), en que saltaron las agujas del sismógrafo. El epicentro calculado a unos 20 kilómetros en dirección sur-este de coordenadas -30 S; -78.40 W, con magnitud de 7.10, se localizó en las cercanías de El Tingo y Alangasí; poblaciones que resultaron completamente destruidas. En menor escala pero también, muy graves daños sufrieron Sangolquí y Conocoto<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Historia de los Terremotos y las Erupciones Volcánicas en el Ecuador siglos XVI – XX.

El sismo se deja sentir en la cuenca de Quito, Sangolquí y Tumbaco con el consiguiente pánico de los habitantes y lo que es mucho más, con el derrumbamiento de algunos vetustos edificios en Sangolquí. El fenómeno sísmico de esta ocasión tuvo mucha repercusión no solo en la zona sacudida sino en todo el país porque de ella se apoderó la Literatura de aquella época para edificar sobre los escombros de las casas destruidas una plataforma pseudo-científica y las expresaron en forma de ideas e interpretaciones brillantes, breves, exageradas pero no basada en una investigación científica verdadera.

Observando detalladamente en la **Figura 2.2** se puede observar fotografías, en las que, en la población de Sangolquí fueron varias las casas que se cayeron totalmente, además de haber dejado desolación y tristeza para sus pobladores por los efectos del sismo en las construcciones vetustas, debido a que en su gran mayoría eran edificaciones de adobe y no tenían un buen diseño antisísmico.



**Figura 2.2** Sangolquí - consecuencias del Sismo de 1938. <sup>2</sup>

<sup>2</sup> Fotografías tomadas del Archivo del periódico EL COMERCIO de 1938.



**Figura 2.3** Imágenes de varias construcciones que colapsaron.<sup>3</sup>

En las imágenes de la **Figura 2.3** se puede observar que fue imposibilitado el tráfico para vehículos y sumamente peligroso para la circulación de peatones debido a las construcciones que se caían, el Cantón Rumiñahui fue un yacimiento de escombros que más que nada constituyó una constante amenaza para la vida de los pobladores, existieron grandes y abundantes grietas en el terreno, hubo deslizamientos en cerros y taludes. Se produjo un levantamiento vertical del terreno y luego un asentamiento, ruidos subterráneos, así como también el colapso de la torre de la Iglesia Matriz razón por la cual se celebraba las misas fuera de ella porque cae la torre hacia atrás y penetra por el techo; todos los arcos cuarteados y cae una pared; muchos de estos relatos fueron recopilados por las personas que habitaban el lugar.

<sup>3</sup> Fotografías tomadas del Archivo del periódico EL COMERCIO, Agosto de 1938.

En su aspecto externo la Iglesia se hallaba socavada de su basamento de ladrillo en la cornisa que sostenía la torre principal de la torre del campanario. La pequeña torre que quedaba a la derecha había volado hacia atrás penetrando como un inmenso proyectil por el tumbado del templo. En el cielo de la nave en la parte central, se hallaba desprendida una gran parte cayendo los ladrillos al piso. Todos los arcos fueron resquebrajados. En algunos altares los santos y vírgenes se hallaban casi al aire libre, pues, la parte posterior se ha desprendido al suelo en todos sus arcos. Algunos santos habían descendido violentamente al suelo, en conjunto, y aunque la parte de la fachada no presenta mayores desperfectos, en su interior los daños son graves. Creyéndose que su reconstrucción se presenta bastante difícil, pues la destrucción en que se halla es de graves peligros para las personas que penetran al interior. <sup>4</sup>

En San Rafael, Selva Alegre, Inchalillo, Jatunpungo, La Tola y San Pedro de Taboada son los barrios más afectados de las zonas de Sangolquí, todas las casas destruidas y las mejor construidas seriamente afectadas, no quedaron casas habitables. El área macrosísmica estuvo cercada a un sector reducido del centro del Valle de los Chillos.

Muchas casas de ladrillo resultaron con daños severos además hubo destrucción total o parcial de muchas casas de adobe. Algunas casas se desprendieron totalmente en su parte lateral superior sobre las casas vecinas. <sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Periódico EL COMERCIO de 1938.

<sup>5</sup> Diario el Día – Agosto – 1938.

## 2.4 ISOSISTAS DEL SISMO DE 1938

Una forma de representar gráficamente los niveles de intensidad de un sismo es a través de mapas de isosistas, los cuales representan curvas con igual nivel de intensidad a partir de observaciones de un evento en particular. La escala de intensidades utilizada en las isosistas presentadas es Medvedev-Sponheuer-Karnik, también conocida como escala MSK o MSK-64; ésta, es una escala de intensidad macrosísmica usada para evaluar la fuerza de los movimientos de tierra basándose en los efectos destructivos en las construcciones humanas y en el cambio de aspecto del terreno, así como en el grado de afectación entre la población.

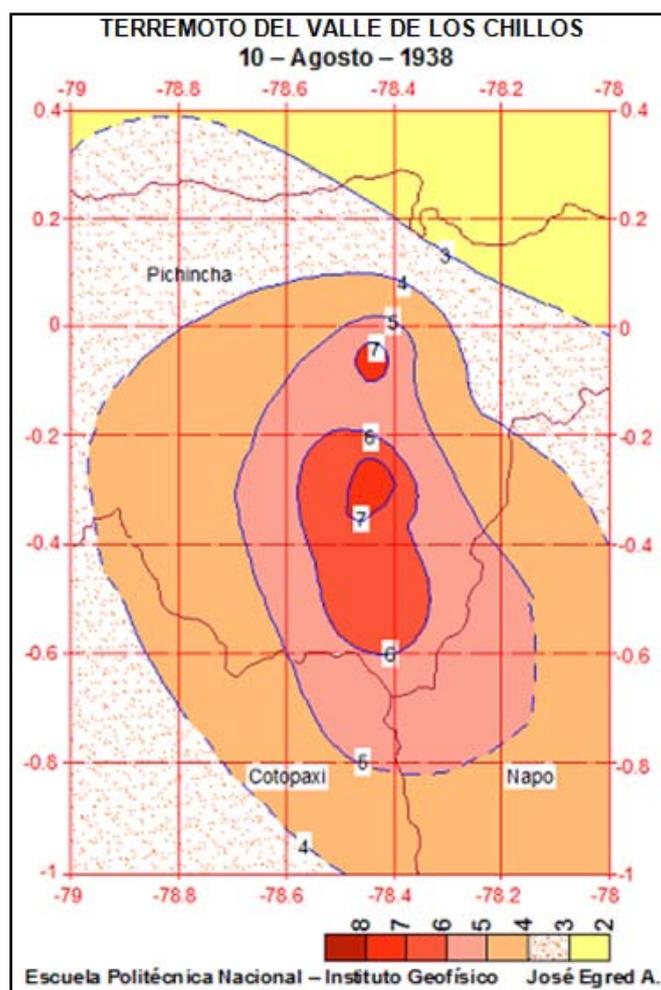
La escala MSK tiene doce grados de intensidad, siendo el más bajo el número uno, y expresados en números romanos para evitar el uso de decimales. Grado I: no perceptible, Grado II: difícilmente perceptible, Grado III: débil, Grado IV: bastante notado, Grado V: algo fuerte, Grado VI: fuerte, Grado VII: muy fuerte, Grado VIII: bastante dañino, Grado IX: destructivo, Grado X: devastador, Grado XI: catastrófico, Grado XII: extremadamente catastrófico. <sup>6</sup>

En la **Figura 2.4** se indica las isosistas del sismo del 10 de Agosto de 1938 con intensidades MSK; tomando atención se observa que en varios poblados se registraron sismos de grados VI, VII y VIII los cuales están en un rango alto, es decir que a pesar que el sismo que causó mayores daños fue en la noche del 9 de Agosto de 1938; siguieron habiendo réplicas sísmicas durante el siguiente día y fueron destructivos afectando a la mayor parte de Sangolquí. El cuadro de lugares e intensidades donde se registraron varias réplicas del sismo del 10 de

---

<sup>6</sup> WIKIPEDIA – Enciclopedia Libre.

Agosto de 1938 en el Valle de los Chillos se puede ver en el **ANEXO 1**, donde se puede mirar en el cuadro que el sismo que afectó a la ciudad de Sangolquí estuvo en el grado VII es decir el sismo fue muy fuerte; al haber ocurrido esto, para tener una mejor idea de lo sucedido se presentan varios fenómenos observados por los habitantes del lugar de aquella época recabados por el periódico EL COMERCIO de 1938 tales como: *la mayoría de las personas se asusta e intenta correr hacia la calle, los muebles se desplazan y pueden llegar a volcarse, los objetos en las estanterías caen, daños graves a edificios y construcciones viejas, las chimeneas de mampostería se desploman, aparecen grietas en los edificios y se producen pequeños corrimientos de tierra* .



**Figura 2.4** Mapa de Isosistas del Terremoto del Valle de los Chillos. <sup>7</sup>

<sup>7</sup> Egred J. Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE HAZUS

Para disminuir los efectos de un desastre natural, en nuestro caso un sismo, es necesario identificar el impacto potencial del evento en la seguridad y la economía de la comunidad y sobre todo la pérdida de vidas humanas. Esta tarea puede ser muy complicada ya que requiere una inversión considerable de tiempo, de dinero y esfuerzo de muchas personas interesadas y conocedoras del tema en diferentes ramas de la Ingeniería. Expuesto lo anterior HAZUS se planteó para facilitar hacer estimados de daños producidos por terremotos a nivel regional y para 36 tipologías estructurales (ver **ANEXO 2**), HAZUS (1999).

HAZUS que proviene de **Hazards U.S.**. Este programa fue financiado por la **Agencia Federal para el Manejo de Emergencias** y en forma bastante rápida pero aproximada, determina el Espectro de Capacidad, es un programa de computadoras personales, que para el presente estudio se ha realizado adaptaciones en el programa computacional MATLAB para el Ecuador, desarrollado en el Centro de Investigaciones Científicas de la ESPE; Aguiar y Barona (2010).

En esta investigación, para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones del Centro Histórico de Sangolquí se empleó curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad describen la probabilidad de alcanzar o exceder diferentes estados de daño para la estructura.

Para obtener las curvas de fragilidad es necesario definir unas medidas objetivas que indiquen, cuando el daño de una estructura pasa de un estado a otro; estas medidas se conocen como niveles de daño o estados límite de daño que son ligero, moderado, extensivo y completo, obviamente se sobreentiende que existe una parte que no sufre daño.

Para realizar una evaluación de la integridad estructural, en términos de estados límite de daño, se relaciona el daño con la capacidad estructural del edificio. En este trabajo la capacidad estructural se representa por una curva de capacidad, la cual se obtiene mediante un análisis estático no lineal.

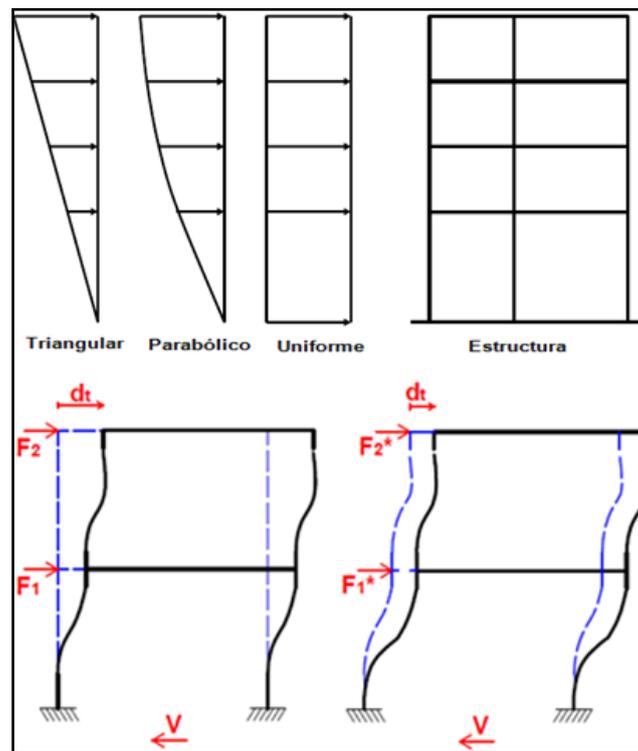
Con los espectros de demanda, los cuales dependen de la acción sísmica considerada y la curva de capacidad, se determina la respuesta pico del edificio, la cual representa la respuesta máxima de la estructura ante la acción sísmica a la que está sometida, esta respuesta se conoce como punto de desempeño o de demanda.

Finalmente, los escenarios de riesgo sísmico son útiles para la prevención y el desarrollo de planes de emergencia.

### **3.1 CURVA DE CAPACIDAD**

Una curva de capacidad es la relación que existe entre la resistencia a la carga lateral de una estructura y su desplazamiento lateral característico. Típicamente se obtiene por medio de un análisis estático no lineal, conocido en la literatura inglesa como análisis pushover.

El análisis pushover se puede llevar a cabo aplicando un patrón de cargas laterales a la estructura, que representen las fuerzas sísmicas, patrón que se va incrementando monótonicamente hasta alcanzar la capacidad última de la estructura o el colapso. El objetivo de este procedimiento es cuantificar la capacidad de la estructura para absorber una acción lateral como, en este caso, la de un sismo.



**Figura 3.1** Patrones de distribución de cargas laterales para un análisis pushover.

Durante el análisis, el cortante en la base va incrementado progresivamente manteniendo constante el patrón de fuerzas sísmicas distribuido en la altura del edificio. Para conseguir una representación realista de esfuerzos sísmicos, se emplea una distribución de las fuerzas sísmicas laterales, similar a las de las fuerzas sísmicas estáticas equivalentes, las cuales siguen la forma del modo

fundamental de vibración o una distribución más sencilla, como puede ser triangular invertida, parabólica o uniforme como se puede ver en la **Figura 3.1**.

En la **Figura 3.2** se muestra una representación típica de una curva de capacidad, con el cortante en la base en el eje de las ordenadas, mientras que en el eje de abscisas se representa el desplazamiento lateral en el último piso del edificio.

Para facilitar una comparación directa con el espectro de demanda (el cual se utiliza para encontrar el desplazamiento de demanda en un sistema en el rango inelástico, utilizando el espectro de respuesta del movimiento sísmico), la curva de capacidad se convierte a un espectro de capacidad mediante un cambio de variable, de forma que el cortante en la base se transforma a aceleración espectral y el desplazamiento en el último piso a desplazamiento espectral.



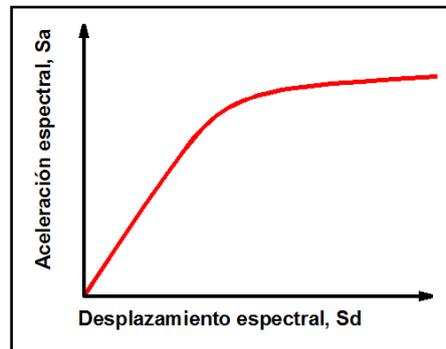
**Figura 3.2** Curva de capacidad.

### 3.2 ESPECTRO DE CAPACIDAD

Para obtener el espectro de capacidad de una estructura, se necesita transformar (punto a punto) la curva de capacidad a coordenadas espectrales.

El espectro de capacidad es la representación de la curva de capacidad en un espacio de coordenadas espectrales conocido como ADRS (ADRS: Acceleration-Displacement- Response-Spectra) o como curva AD (aceleración-

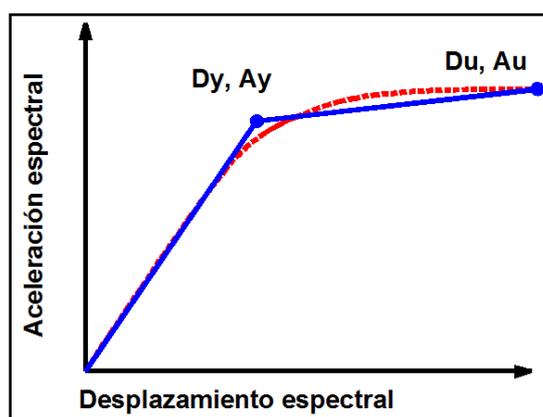
desplazamiento). Esta curva relaciona la aceleración espectral con el desplazamiento espectral como se observa en la **Figura 3.3**.



**Figura 3.3.** Espectro de capacidad.

### 3.3 ESPECTRO DE CAPACIDAD BILINEAL

Con la finalidad de tener parámetros objetivos y cuantificables respecto al comportamiento de la estructura, el espectro de capacidad se representa por medio de una curva bilineal simplificada definida por dos puntos de control: capacidad de cedencia ( $D_y, A_y$ ) y capacidad última ( $D_u, A_u$ ), se puede ver en la **Figura 3.4**.



**Figura 3.4.** Representación bilineal de la curva de capacidad.

El punto de cedencia representa el desplazamiento en el que la respuesta del edificio empieza a ser fundamentalmente no lineal. Este punto viene definido

por  $(D_y, A_y)$ , donde  $D$  se refiere al desplazamiento,  $A$  a la aceleración y el subíndice  $y$  se refiere a la cedencia.

El punto de capacidad última representa el desplazamiento en el que el sistema estructural global ha alcanzado el mecanismo de colapso. Este punto viene definido por  $(D_u, A_u)$ , donde el subíndice  $u$  se refiere a la capacidad última.

Los puntos de capacidad de cedencia y capacidad última son fundamentales ya que se relacionan con la ductilidad global de la estructura.

La representación bilineal de la curva del espectro de capacidad se determina con un criterio de balance de energía. Así, se busca una curva bilineal que pueda absorber la misma energía que la curva de capacidad real (área bajo la curva) y que tenga el mismo punto de colapso. Partiendo de la rigidez elástica, el punto de cedencia se define de forma que el área bajo la curva de capacidad y el área bajo su aproximación bilineal coincidan. En otras palabras, se igualan las áreas que, comprendidas entre ambas curvas, quedan por encima y por debajo de la curva de capacidad.

El punto de desplazamiento último se obtiene cuando la estructura alcanza su capacidad última o cuando alcanza su máxima ductilidad de desplazamiento  $(\mu_d)$ , definida como,

$$\mu_d = \frac{D_u}{D_y} ; \quad (3.1)$$

Una estructura tiene ductilidad, cuando es capaz de responder inelásticamente a una acción sísmica prevista en su diseño, sin una degradación significativa de la resistencia.

### 3.4 ESPECTRO DE DEMANDA.- Método Del Espectro De Capacidad

El punto clave de la estimación del daño esperado en un edificio sometido a una acción sísmica es la determinación del máximo desplazamiento espectral que este va a experimentar. El método del espectro de capacidad permite la obtención de esta respuesta máxima.

El método del espectro de capacidad fue desarrollado por Freeman (1990). Es el método adoptado por el ATC-40 (ATC, 1996) y por la metodología HAZUS (FEMA, 1999). En esta sección se ofrece una descripción del método del espectro de capacidad (CSM: capacity spectrum method). Este es el método que se utiliza, en este trabajo, para definir el punto de desempeño de la estructura.<sup>8</sup>

El espectro de demanda es la representación de la acción sísmica y se basa en el espectro de respuesta de diseño, de la zona de estudio, con 5% de amortiguamiento, reducido para niveles mayores de amortiguamiento efectivo. El espectro es reducido para simular la energía disipada por la respuesta inelástica de la estructura mediante un amortiguamiento efectivo adicional. Cuando una estructura es conducida al rango inelástico debido a un movimiento del suelo, el amortiguamiento efectivo puede ser visto como una combinación de amortiguamiento viscoso e hysterético.

La energía disipada por los ciclos de histéresis puede ser representada como amortiguamiento viscoso equivalente ( $\xi_{eq}$ ) asociado a un desplazamiento máximo:

$$\xi_{eq} = \xi_0 + \xi_I \quad ; \quad (3.2)$$

---

<sup>8</sup> Freeman (1990).

Donde  $\xi_0$  es el amortiguamiento histerético representado como amortiguamiento viscoso equivalente, y donde  $\xi_I$  es el amortiguamiento viscoso inherente de la estructura en el rango elástico, el cual, para estructuras de hormigón armado y de mampostería, usualmente, se asume 0.05 (5%).

### 3.5 PUNTO DE DESEMPEÑO

Superponiendo el espectro de capacidad y el de demanda se obtiene la respuesta máxima del edificio, en el punto de intersección de ambos espectros. Este punto es conocido como punto de desempeño, o bien en la literatura inglesa como Performance Point. El punto de desempeño (PD) representa el máximo desplazamiento estructural esperado para el terremoto de demanda (Figura 3.5). El cálculo del PD es un proceso iterativo.

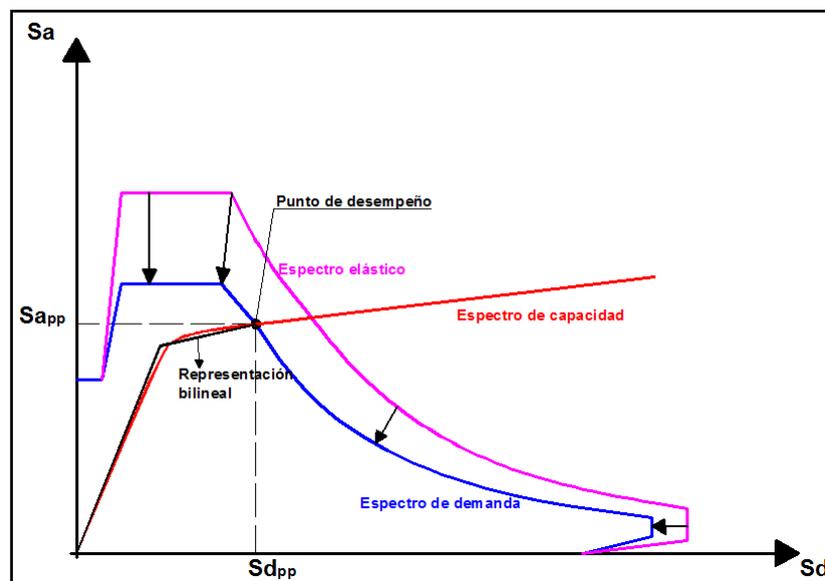


Figura 3.5. Espectros de capacidad, de demanda y punto de desempeño.

### 3.6 CURVAS DE FRAGILIDAD

La fragilidad de un edificio está relacionada con su vulnerabilidad sísmica y se cuantifica mediante curvas de fragilidad.

La curva de fragilidad es la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño límite específico, dada una respuesta estructural, ante una acción sísmica dada.

La metodología HAZUS proporciona curvas de fragilidad para 36 tipos de edificios (**ANEXO 2**) por lo que, a falta de datos específicos, es posible adoptar los valores allí propuestos para tipologías razonablemente similares.

La importancia de hacer un estudio de vulnerabilidad sísmica de estructuras es conocer los porcentajes de daño esperado en elementos estructurales y no estructurales. En función del punto de desempeño (**PD**), HAZUS-99 obtiene las curvas de fragilidad para encontrar el nivel de daño estructural y no estructural. El daño en los contenidos se encuentra en función de la aceleración espectral del punto de demanda. Los Niveles de daño en HAZUS son: **Leve**, **Moderado**, **Extensivo** y **Completo**; la suma de estos niveles de daño, en porcentaje debe ser igual al 100%. Se entiende también que hay un porcentaje que no tiene daño.

En la **Figura 3.6** se muestra en forma esquemática como trabaja HAZUS. En la parte superior aparece el Método del Espectro de Capacidad con el cual se halla el Punto de Desempeño. Con las coordenadas de este punto se ingresa en las curvas de fragilidad que están en la parte intermedia de la **Figura 3.6** y se hallan los niveles de daño. Nótese que con  $S_{dm}$  se encuentra el daño estructural y no estructural, para el valor de  $S_{dm}$  se ha trazado una línea vertical

la misma que intercepta a las diferentes curvas de fragilidad, con lo que se obtiene los niveles de daño. En la tercera gráfica se ingresa con el valor de  $S_{am}$  y se halla el daño esperado en los contenidos debido a caída de los mismos; de igual manera en  $S_{am}$  se levantó una línea vertical y se ve los puntos de corte en las curvas de fragilidad de daño leve ( L ), moderado ( M ), extensivo ( E ) y completo ( C ).

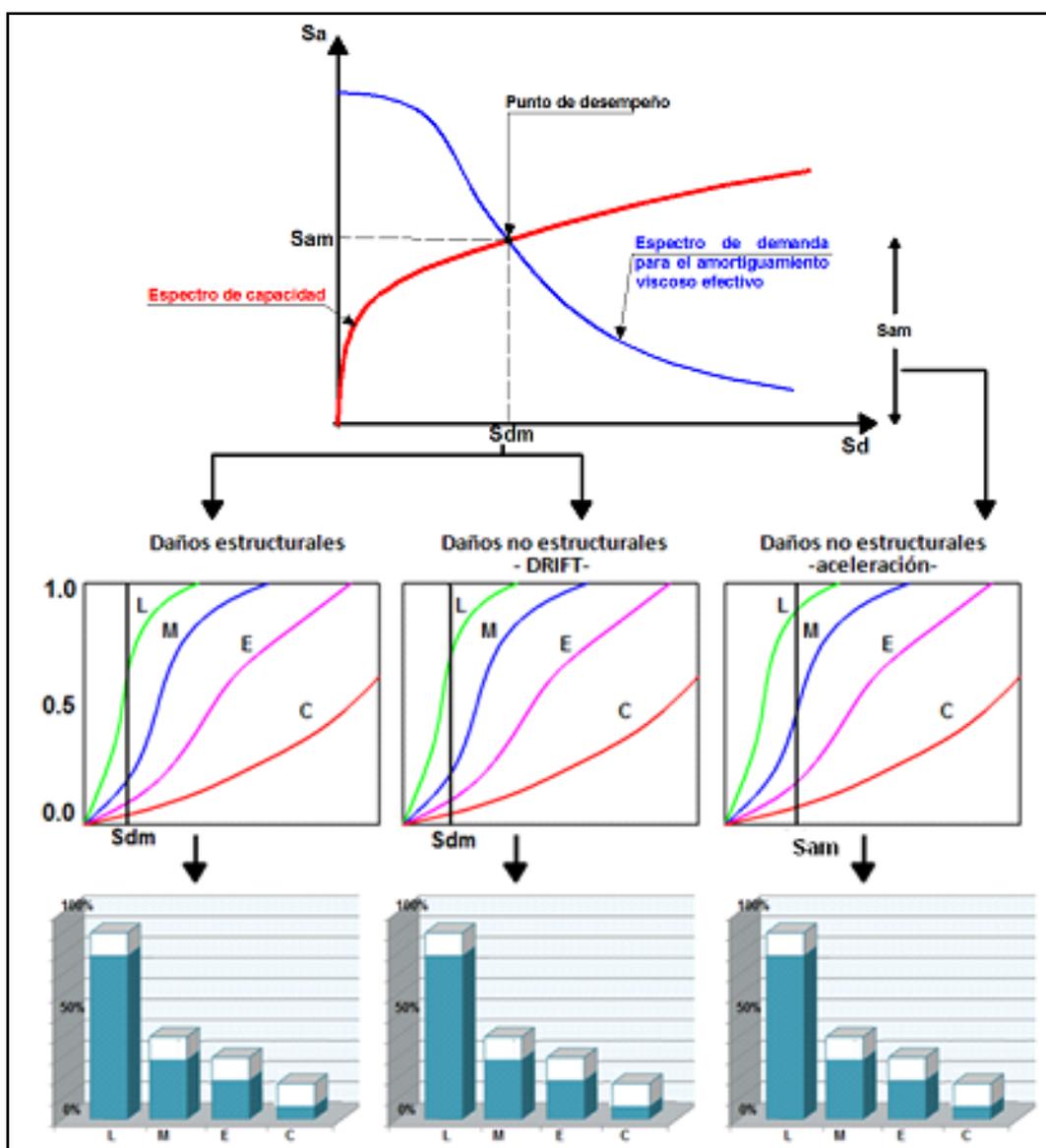


Figura 3.6. Obtención de Niveles de Daño con HAZUS-99.

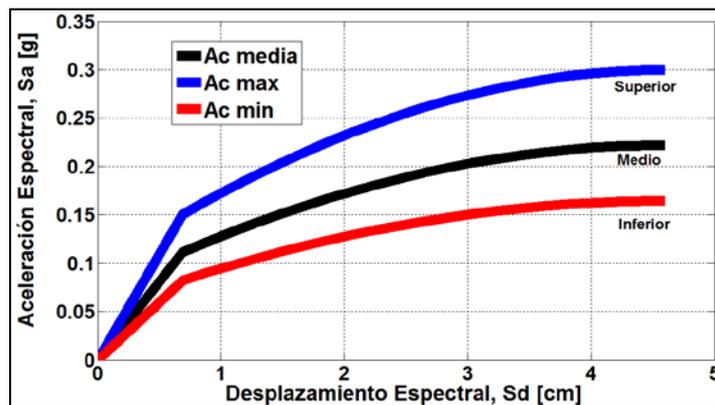
### 3.7 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA HAZUS

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una estructura lo más acertado es simular su comportamiento en un computador ante un sismo determinado conociendo su diseño estructural, y para el caso de estudiar toda una población o zona, la mejor opción que se tomó en nuestro caso es utilizar varios programas elaborados en MATLAB en el Centro de Investigaciones Científicas (CEINCI) de la Escuela Politécnica del Ejercito (ESPE), dichos programas se encuentran en la carpeta **HAZUS** de CEINCI-LAB, que es un software educativo y práctico desarrollado por Aguiar y Barona (2010), este programa contiene subprogramas basados en la metodología Hazus para conocer el porcentaje de daño ante la acción sísmica y como es el comportamiento de la estructura.

Para iniciar el cálculo de la vulnerabilidad se empezó calculando el espectro de capacidad con el programa **ecapacidad**, para dicho programa es necesario conocer el nivel de diseño sísmico, la clasificación estructural seleccionada de entre 36 sistemas estructurales, así como también el número de pisos y la altura total de la edificación. El nivel de diseño de la estructura que se analiza, varía de 1 a 4, el primer valor es para un nivel de diseño sísmico muy alto y el último para el nivel de diseño más bajo. Las estructuras de Sangolquí son diseñadas para  $A_0 = 0.4 g$ .

Se puede observar en la **Figura 3.7** tres espectros de capacidad al ejecutar el programa **ecapacidad**; el superior que contiene la cota superior del espectro de capacidad con la aceleración máxima, el espectro de capacidad medio

calculado con la aceleración media y el espectro inferior que contiene la cota inferior del espectro de capacidad calculado con la aceleración mínima; en el eje horizontal se tiene el desplazamiento espectral, ***S<sub>d</sub>*** (cm.) y la aceleración espectral, ***S<sub>a</sub>*** con unidades en aceleración de la gravedad (g) en el eje vertical.



**Figura 3.7** Ejemplo de un Espectro de Capacidad.

Se denomina Espectro Clásico a los espectros que relacionan el período ***T*** (s), con la aceleración espectral ***S<sub>a</sub>*** (m/s<sup>2</sup>) y se llama Espectro de Demanda al espectro que relaciona el desplazamiento espectral ***S<sub>d</sub>*** (m) con la aceleración espectral ***S<sub>a</sub>*** (m/s<sup>2</sup>). A partir de la definición de Pseudo Espectro se pasa del Espectro Clásico al Espectro de Demanda. Aguiar (2007,2).

Con la ejecución del programa ***espedem*** de la carpeta HAZUS se realiza el cálculo del espectro clásico y el espectro de demanda, una vez ingresados los datos del tipo de suelo donde se encuentra la estructura, la importancia que tiene la vivienda en estudio y la identificación de la región sísmica en donde se está elaborando el cálculo. Se puede observar en la **Figura 3.8** un ejemplo de varios espectros de demanda, cabe recalcar que se calcula para amortiguamientos de 5%, 10%, 15%, 20% y 25%.

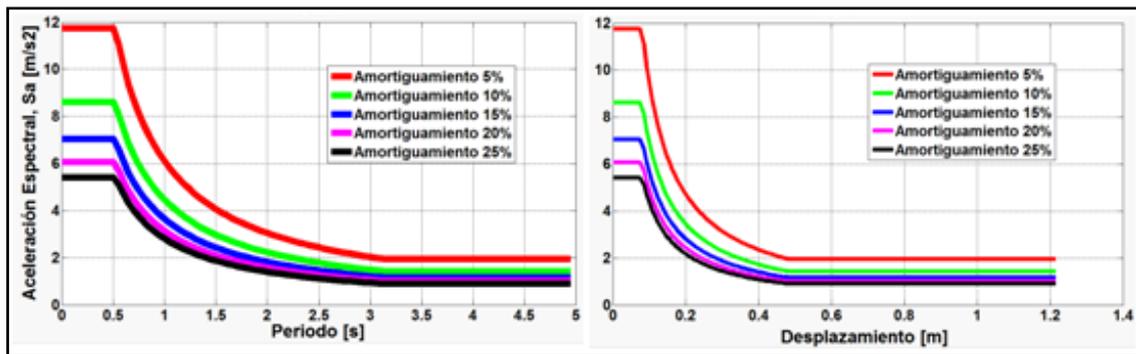


Figura 3.8 Espectro Clásico y Espectro de Demanda.

Para la presente investigación el Punto de Demanda o Desempeño, es aquel que satisface la siguiente condición: La demanda de ductilidad de la estructura  $\mu$  es parecida al factor de reducción de las fuerzas sísmicas  $R_\mu$  hallado para la demanda  $\mu$ . Se debe cumplir estrictamente que entre dos valores de desplazamientos ingresados en el programa se tengan valores parecidos de  $\mu$  y  $R_\mu$ .

En el programa **mechazus** se necesita la participación del investigador ya que deberá indicar el desplazamiento  $S_{dm}$  estimado del punto de demanda, con este desplazamiento se encuentra la demanda de ductilidad de la estructura,  $\mu = S_{dm} / D_y$  y también  $R_\mu$  indicado en la ecuación 3.5, que es el factor de reducción de las fuerzas sísmicas. Las ordenadas del espectro inelástico se dividen para  $R_\mu$  y los desplazamientos inelásticos  $S_{dl}$  se hallan multiplicando los desplazamientos elásticos  $S_d$  por el factor  $\beta_3$ . Aguiar R., (2007)

$$S_{dl} = \beta_3 S_d \quad (3.3)$$

$$S_{al} = \frac{S_a}{R_\mu} \quad (3.4)$$

$$R_\mu = \frac{\mu}{\beta_3} \quad (3.5)$$

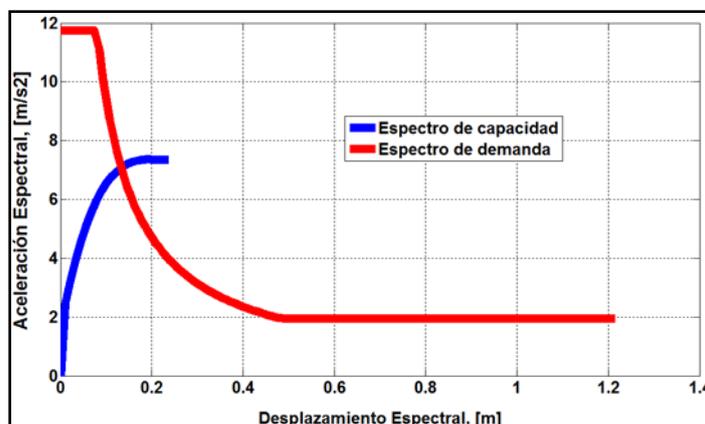
$S_d$ ,  $S_a$  son el desplazamiento y aceleración espectral elástica;  $S_{dl}$ ,  $S_{al}$  son el desplazamiento y aceleración espectral inelástica;  $\beta_3$  es el factor que permite pasar los desplazamientos elásticos a inelásticos;  $\mu$  es la ductilidad global de la estructura y  $R_\mu$  el factor de reducción de las fuerzas sísmicas por comportamiento inelástico.

El programa en forma gráfica le presenta el nuevo espectro de demanda y el espectro de capacidad, para que el usuario vuelva a seleccionar otro punto de demanda; **mechazus** da cinco intentos para seleccionar en forma gráfica el punto de demanda luego de ello, en una tabla le presenta los desplazamientos impuestos  $S_{dm}$ , la demanda de ductilidad hallada  $\mu$ , el factor de reducción por ductilidad  $R_\mu$  y la diferencia entre estos valores en valor absoluto;

Según lo indicado, el usuario deberá seleccionar cual es, de acuerdo a su criterio, el punto de demanda,  $S_{dm}$  y la aceleración espectral asociada,  $S_{am}$  para esto se presenta en una tabla el espectro de capacidad de la estructura.

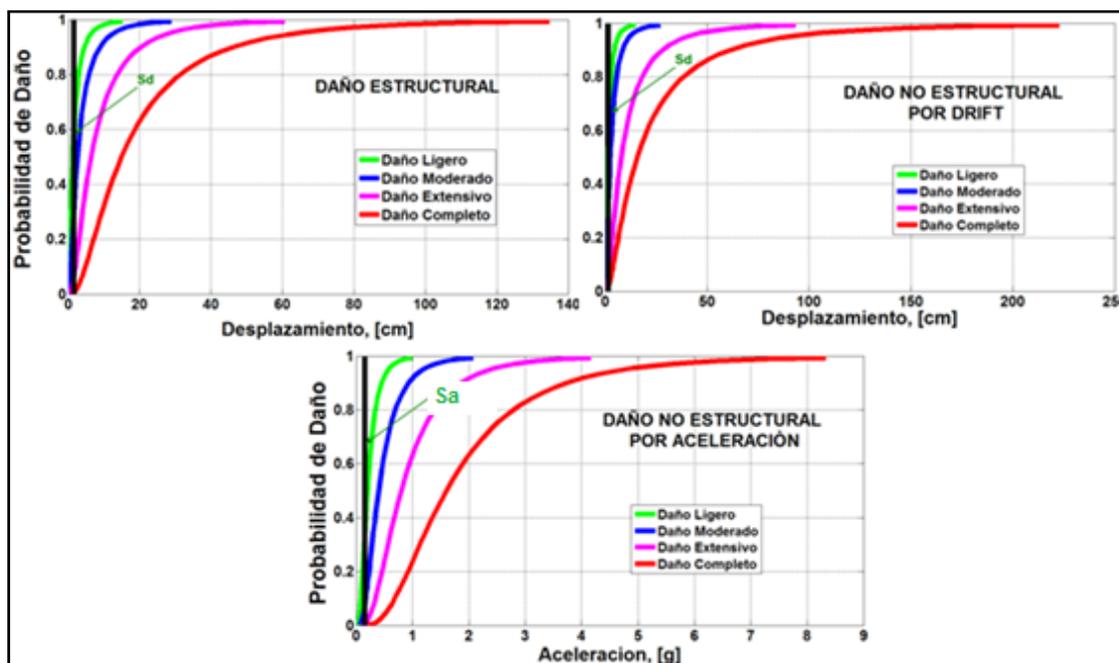
Como se indicó en la metodología anteriormente, con la ayuda del programa **mechazus** podemos conseguir el punto de demanda con la superposición de

los espectros de demanda y capacidad; en la **Figura 3.9** se observa un ejemplo de mejor forma.



**Figura 3.9** Punto de Demanda a partir de los Espectros de Capacidad y de Demanda

Es de suma importancia conocer el porcentaje de daños esperados en una vivienda tanto en elementos estructurales, en elementos no estructurales cuanto en los contenidos de los edificios que se encuentra en función de la aceleración espectral del punto de demanda, el programa **frágil** nos ayuda a realizar el cálculo de los éstos porcentajes.



**Figura 3.10** Curvas de Fragilidad.

Los niveles de daño que trabaja HAZUS son: Leve, Moderado, Extensivo y Completo, obviamente existe un porcentaje en donde no existe daño; la suma de estos daños es igual al 100%. Cabe destacar que las curvas de fragilidad están en función del punto de demanda  $S_{dm}$  y la aceleración espectral  $S_{am}$ , y con esto se encuentran los daños estructurales y no estructurales. Se puede observar de mejor forma el ejemplo de la **Figura 3.10** las curvas de fragilidad para los daños ya mencionados, la línea de color negro vertical en los dos primeros gráficos es el desplazamiento  $S_{dm}$  y en el tercer gráfico la aceleración  $S_{am}$ .

**Tabla 3.1** Ejemplo de resultados obtenidos con el programa *frágil*:

Zona :	01	Manzana :	014	Predio :	16
Diseño Sísmico :	bajo	Clasificación Estructural :			35
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO %</b>	<b>LIGERO %</b>	<b>MODERADO %</b>	<b>EXTENSIVO %</b>	<b>COMPLETO %</b>
Estructural	21,740	50,000	24,200	3,590	0,470
No estructural por DRIFT	0,000	59,689	33,288	5,294	1,729
Contenidos	52,760	38,210	8,080	0,820	0,130

Gracias a los resultados obtenidos con la utilización del programa *frágil* en donde se ingresa el desplazamiento y la aceleración máxima se presenta un cuadro detallado de los porcentajes de daño por sismo donde se puede observar el nivel de vulnerabilidad sísmica de una estructura, cuadro que se puede observar de mejor forma en el ejemplo de la **Tabla 3.1**, donde se tiene datos principales de la edificación y lo más importante los porcentajes de daños tanto estructural, no estructural por drift como contenidos, clasificados en los diferentes tipos de daños.

## CAPÍTULO IV

### LEVANTAMIENTO DE TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DEL CENTRO HISTÓRICO DE SANGOLQUÍ

El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural en el año 1991 realiza el inventario de Sangolquí; el mismo que sirvió de base para que en el año de 1992, se declare bien perteneciente al Patrimonio Cultural de la Nación al Centro Histórico de Sangolquí, con su área de primer y segundo orden, contemplada en la delimitación del área de protección, constituida por viviendas y la iglesia.<sup>9</sup>

Las edificaciones que rodean al centro histórico fueron construidas desde mediados del siglo XIX e inicios del XX, presentan materiales y técnicas de construcción tradicionales propias de la región, muchas de las construcciones son de uno y dos pisos sobre cimientos de piedra y adobe, con paredes portantes de tapial y/o adobe, estructura de madera tanto en los entrepisos como en las cubiertas: estructura de soleras, vigas, pilares, durmientes, recubrimiento de teja con cielo raso de carrizo.<sup>10</sup>

El conjunto urbano religioso, (**Figura 4.1**), compuesto por la Iglesia Matriz (1906–1926), la capilla de San Francisco (se atribuye los planos al padre Bruning) y la antigua casa parroquial definidos y delimitados por el atrio y pretil,

---

<sup>9</sup> Acuerdo ministerial No 1275, de 27 de marzo de 1992 enviado al INPC.

<sup>10</sup> Plan de Conservación del Centro Histórico de Sangolquí.

se categoriza como arquitectura “monumental religiosa”, en su estilo y forma presentan diversas características que se amalgaman en su conjunto, la iglesia de arquitectura ecléctica, con elementos del neoclásico, barroco y modernos.



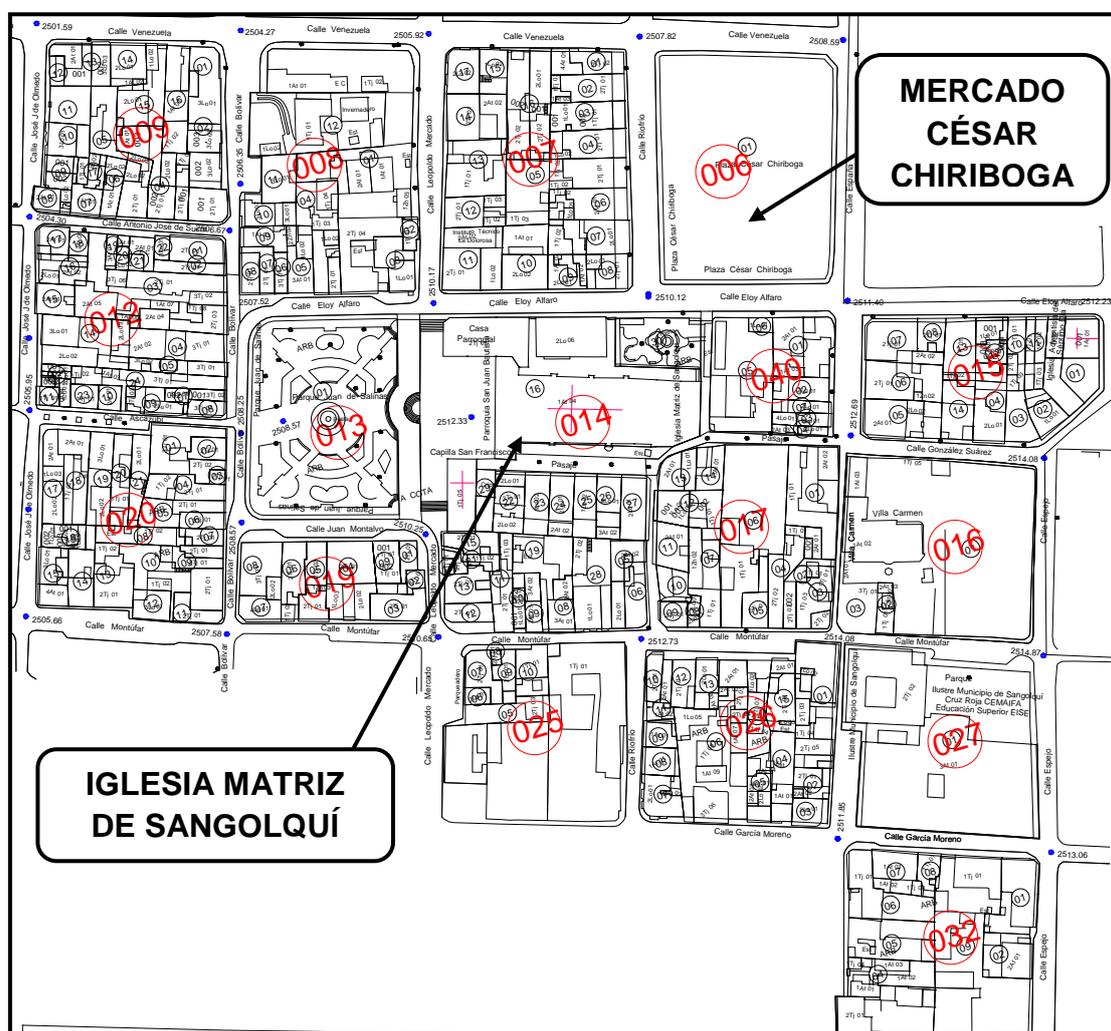
**Figura 4.1** Iglesia Matriz de Sangolquí.

La arquitectura del Centro Histórico de Sangolquí, que se conserva y que ha sido inventariada, se enmarca dentro de una categoría relevante y la mayoría como arquitectura tradicional selectiva, por su valor arquitectónico y estético.

Estas edificaciones surgen a inicios del presente siglo, quizá con la cantonización de Sangolquí (1938) y luego del fuerte sismo ocurrido el mismo año; donde se realiza una arquitectura civil caracterizada por tomar elementos del neoclásico y barroco, características propias de la “arquitectura republicana” presente principalmente en Quito, la que se intercala con la arquitectura tradicional especialmente en el uso de materiales y técnicas con la participación de mano de obra más experta. Son por estas y más razones, que son necesarias realizar e investigar las tipologías estructurales del Centro Histórico de Sangolquí para empezar a realizar el estudio de Vulnerabilidad Sísmica.

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA A UTILIZAR.- FORMULARIO DE ENCUESTA

El estudio de Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de Sangolquí, comprende a 15 manzanas que tiene como centro a la Iglesia Matriz. En la **Figura 4.2** se indica el área de estudio que comprende un total de 176 viviendas.



**Figura 4.2** Área de estudio de vulnerabilidad sísmica.

La Metodología para conocer los diferentes tipos de estructuras o edificaciones que se tienen en el Centro Histórico de Sangolquí, exactamente en la Zona 1

según el catastro del Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui se lo realizó mediante encuestas, de esta forma se hizo un formulario para la Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Ciudades, colocando preguntas más relevantes para la obtención de datos e información que se necesitan para la presente investigación.

Es así como se puede observar de mejor forma el formulario de encuesta en el **ANEXO 3** (vista frontal), que se tiene varias características de la edificación a ser estudiada tales como; el número de pisos, altura total de la estructura, años de la edificación, estado de conservación, tipos de materiales con que fue construida la estructura, uso que se le da y además de tener una parte muy importante en la que se detalla el tipo de falla estructural en caso de tenerla, como por ejemplo piso blando, columna corta, golpeteo de edificios u otras fallas frecuentes que se pueda tener. Todos estos detalles se refieren a la tipología estructural que se tiene en las diferentes edificaciones, datos que se necesitan para analizarlos e investigarlos.

Al reverso del formulario de encuesta (**ANEXO 3**, vista posterior) se encuentra un croquis o esquema del lugar específico donde se va a realizar la investigación, esto depende del lugar donde se esté realizando dicho estudio, así como también existe una parte donde se colocara detalles u observaciones más importantes que se pueden observar durante la encuesta en caso de presentarse.

## 4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS MANZANAS ANALIZADAS

El Centro Histórico de Sangolquí está conformado por manzanas regulares y homogéneas. Se caracteriza como todas las ciudades de la colonia con influencia española por un trazado en damero o cuadrícula ortogonal, la misma que da lugar a la morfología de manzana cuadrangular con pequeñas variaciones, así se encuentran tamaños que varían entre los 42 y 49 metros por lado como mínimo y de 60 a 68 metros como máximo. La práctica de establecer poblados sobre la base de manzanas cuadradas que rodean una plaza central tiene su origen en los asentamientos militares creados en la España del siglo XV para consolidar el territorio ganado a los árabes en las guerras de la Reconquista, la cual, a su vez, es una práctica que traza sus orígenes en una fortaleza romana<sup>11</sup>.

Esta práctica, posteriormente codificada en las Leyes de Indias, produjo lo que algunos autores consideran como las únicas ciudades del Renacimiento que se hayan construido. El patrón regular de bloques cuadrados, centralmente organizados en torno a una plaza principal y la ubicación regular de los principales edificios en la plaza, refleja los ideales del Renacimiento donde la belleza se lograba mediante una geometría de formas regulares y proporciones clásicas.

Las manzanas fueron ocupadas por los predios en forma continua y sobre línea de fábrica, con alturas de edificación de dos y tres pisos, con una imagen urbana de cualidades estéticas y plásticas, con sistemas constructivos históricos debido al uso de la tierra y elementos formales y volumétricos.

---

<sup>11</sup> Plan de Conservación del Centro Histórico de Sangolquí.

Alrededor del parque Juan Salinas la arquitectura tiene mayor categoría social, las edificaciones son más trabajadas y elaboradas, contienen lenguaje arquitectónico y materiales de relevancia: piedra, molduras, pilastras, cenefas, entre otros, actualmente ocultos bajo varias capas de pintura monocromática; eso otorga al parque una envolvente espacial de calidad paisajística y arquitectónica así como, de buena calidad urbana.

El Centro de Sangolquí está conformado por arquitectura civil no monumental, caracterizada por un estilo de fachadas republicano - ecléctico alrededor del parque Juan Salinas, las mismas que seguramente fueron cambiando de un estilo modesto tipo vernacular, como el que se encuentra en las manzanas vecinas. La altura de edificación es de dos a tres pisos, se nota el uso de ornamentación en la fachada, el uso de cornisamentos en remates reemplazando al alero de madera, el uso de la piedra en zócalos como expresión formal de la jerarquía social; se resuelve la fachada con planos de fondo - muros planos – pintados de blanco y de colores, marca planos horizontales como balcones, cornisas y cenefas; marca planos verticales las ventanas en proporción 1- 2 siendo la mayor longitud en la altura, las portadas de ingreso en el centro de la fachada, marcando la simetría y la directriz vertical, albergando al zaguán de ingreso a la casa. Se conserva la proporción entre vanos y llenos.

En la **Figura 4.3** se muestra el parque Juan de Salinas y sus construcciones aledañas que son muy bonitas, la Iglesia Matriz está en la parte superior del parque como dominando el panorama y hace que se la vea con mayor majestuosidad.



**Figura 4.3** Vista de varias edificaciones alrededor del Parque Juan de Salinas.

La arquitectura en cambio es de características más modestas, con fachadas planas, con escasa ornamentación, con planos horizontales definidos por los balcones sobre ménsulas de piedra o madera, con remate de aleros con canecillos, cubierta de teja. Algunas casas rematan en planta baja con zócalos de piedra. Se nota la presencia de carpintería de madera y hierro en puertas y portones. La tipología arquitectónica de claustro, tipo colonial, con patio interior ha sido modificada en un alto porcentaje, por el cambio de usos, de vivienda a comercio. En algunas casas el patio central ha desaparecido. Algunas casas mantienen aún el patio posterior.<sup>12</sup>

Las edificaciones en casi la totalidad del centro han sido construidas de adobe y ladrillo, con cimientos de piedra y chocoto, con estructura portante de muros anchos, de espesores muy variables, con entrepisos y pilares de madera,

<sup>12</sup> Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

zapata y solera, con pisos de duela de eucalipto y otros, el uso del zinc, el cedro o la caoba en puertas ventanas y contra ventanas, con el uso de la piedra en los patios y hueso como elemento decorativo, con estructura de cubierta de madera y carrizo y cubierta de teja.<sup>13</sup>

#### 4.2.1 Descripción del Tipo de Suelo y Geología de Sangolquí

Los efectos locales del suelo ha sido puesto de manifiesto en la mayor parte de terremotos con magnitudes altas, basta citar dos casos, el mega sismo de Chile del 27 de febrero de 2010 que tuvo una magnitud  $M_w = 8.8$ , el mismo que causó mucho daño en ciertos sectores de Santiago de Chile, distante a más de 400 km., del epicentro por efecto del suelo; efectivamente, se trataba de suelos blandos tipo III de la Norma Chilena (1997) en los cuales se amplificó la onda sísmica. Aguiar (2010,1).

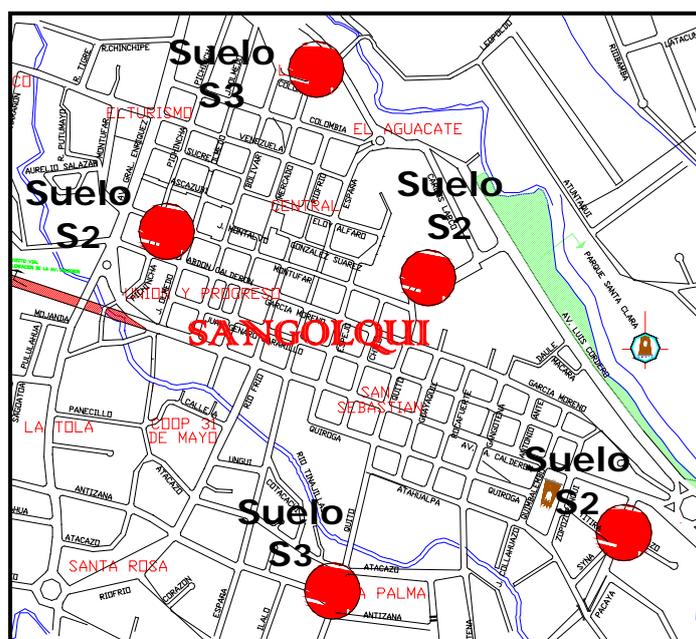
Algo similar sucedió en el sismo de Pisco de 2007, en Perú. Este sismo tuvo una magnitud  $M_w = 7.9$  y causó mucho daño en la ciudad de Ica, que se encuentra a 180 km., del epicentro. El daño se concentró en suelos tipo S3 de la Norma Sísmica de Perú (1997). Aguiar (2010,1).

Entonces entendiendo lo anterior, si se tiene un suelo tipo S3 (blando) o S4 (muy blando) se puede esperar amplificaciones de las ondas sísmicas, por lo tanto va a existir gran daño en las edificaciones que no son sismoresistentes, en cambio si las estructuras están cimentadas en suelos tipo S1 (roca) o tipo

---

<sup>13</sup> Plan de Conservación del Centro Histórico de Sangolquí.

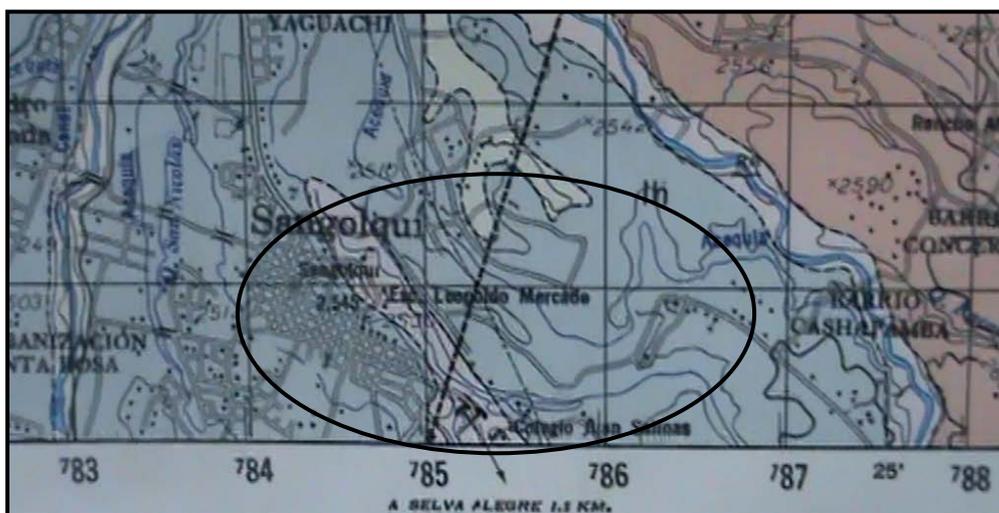
S2 (muy resistente), el suelo puede amortiguar las ondas sísmicas y hace que de esta forma se comporten de mejor forma las estructuras. Por estas y muchas razones más es de suma importancia conocer el tipo de suelo del centro Histórico de Sangolquí y clasificarlo según el Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-200, en suelos S1, S2, S3 o S4; con este propósito se analizó algunos estudios de suelos realizados en los lugares que se indica en la **Figura 4.4** para poder inferir en forma aproximada el tipo de suelo del Centro Histórico de Sangolquí.



**Figura 4.4** Ubicación de los sitios donde se tienen estudios de suelos en Sangolquí.

En la **Figura 4.4** se han colocado cinco sitios donde se tenían estudios de suelos, se estudio estos informes y se obtuvo el tipo de suelo de acuerdo al CEC-2000. El Centro Histórico de Sangolquí se puede decir que se halla sobre un suelo tipo S2, en los cuales no habrá amplificación de las ondas sísmicas.

Para que se entienda de mejor forma el tipo de suelo en que se encuentran las estructuras del Centro Histórico de Sangolquí, están desarrolladas sobre proyecciones volcánicas de ceniza antigua, dura y cementada, también llamada cangahua (tipo de suelo S2) producto de los piroclastos primarios (tefra, flujos piroclásticos e ignimbritas), además de haber tenido el paso de lahares y avalanchas de escombros volcánicos del Cotopaxi, (ver **Figura 4.5**).<sup>14</sup>



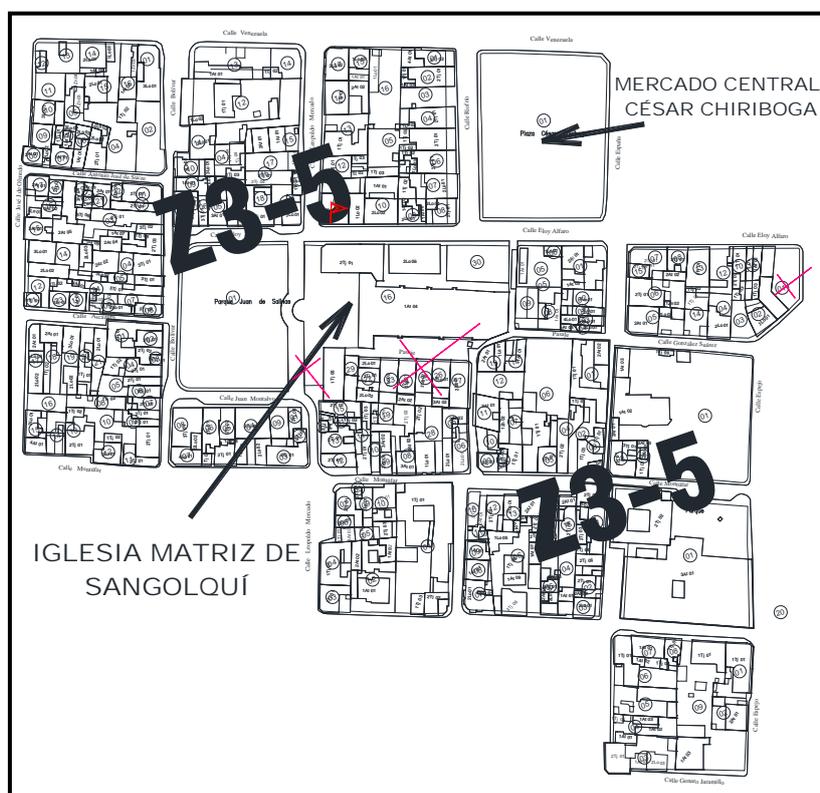
**Figura 4.5** Mapa Geológico de Sangolquí.

#### 4.2.2 Usos del Suelo del Centro Histórico de Sangolquí

La principal actividad del núcleo central consiste en el comercio de productos alimenticios y afines, el cual se desarrolla principalmente en el mercado El Turismo y en la Plaza Cesar Chiriboga, en los días de feria se extiende a lo largo de las calles, veredas y plazas. La plaza Cesar Chiriboga fue tomada por los comerciantes desde hace varios años en forma permanente, pues ahí viven y desarrollan todas las actividades comerciales y productivas, sin embargo este

<sup>14</sup> Mapa Geológica de Sangolquí.

espacio es parte del conjunto urbano declarado como bien patrimonial. Cabe destacar que la principal estructura ubicada en este sector, es la Iglesia Matriz de Sangolquí.



**Figura 4.6** Uso del Suelo del Centro Histórico de Sangolquí (Clasificación Z3-5, vivienda, comercio y oficinas).<sup>15</sup>

Los usos más frecuentes en el centro histórico son: tiendas, abarrotes, peluquerías, heladerías, restaurantes, bazares, ferreterías, farmacias, actividades compatibles con la vivienda. En general las actividades comerciales tienen directa relación con la actividad del mercado en los alrededores de la plaza y del mercado Turismo.

Entonces como conclusión se puede decir que, mediante la investigación visual y las encuestas realizadas, el uso y ocupación del suelo en el sector de estudio

<sup>15</sup> Ilustre Municipio de Rumiñahui. Dirección de Planificación y Desarrollo.

son locales comerciales, viviendas y oficinas; esto podemos comprobar y afirmar con el mapa de uso de suelo según el Ilustre Municipio de Rumiñahui indicado en la **Figura 4.6**.

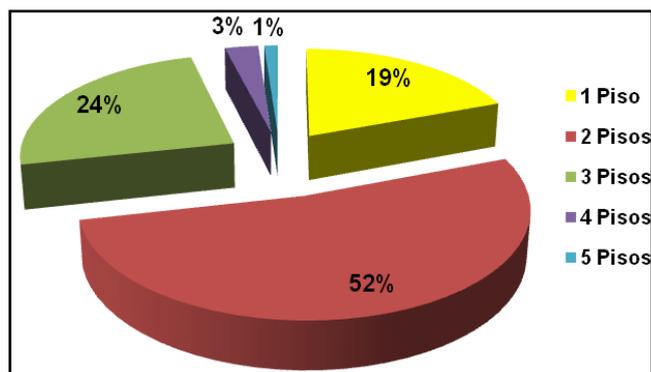
### 4.3 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL NÚMERO DE PISOS

Como se explicó anteriormente esta investigación comprende a 15 manzanas que tiene como centro la Iglesia Matriz de Sangolquí con un total de 176 viviendas estudiadas. Lo primero que se hizo fue una clasificación de estas viviendas de acuerdo al número de pisos, los resultados se demuestran en la **Tabla 4.1**.

**Tabla 4.1** Número de pisos de las viviendas:

Número De Pisos	Número De Viviendas	Porcentaje
1 Piso	34	19%
2 Pisos	92	52%
3 Pisos	43	24%
4 Pisos	5	3%
5 Pisos	2	1%
<b>TOTAL :</b>	<b>176</b>	<b>100%</b>

En la **tabla 4.1** se aprecia que el 52% de las viviendas que se van a evaluar son de 2 pisos, un 24 % de tres pisos, y un 19 % de un piso de tal manera que el 96% del Centro Histórico de Sangolquí tienen de 1 a 3 pisos. En la **Figura 4.7** se muestra en forma gráfica estos datos estadísticos.



**Figura 4.7** Clasificación de las viviendas de acuerdo al número de pisos.

**Tabla 4.2** Años de construcción de las viviendas:

Año De Construcción	Número De Viviendas	Porcentaje
Antes de 1950	23	13%
De 1950 a 1960	22	13%
De 1960 a 1970	16	9%
De 1970 a 1980	11	6%
De 1980 a 1990	27	15%
De 1990 a 2000	52	30%
De 2000 a 2010	25	14%
<b>TOTAL :</b>	<b>176</b>	<b>100%</b>

Es importante de igual forma conocer el año de construcción; datos que se indican en la **Tabla 4.2** y **Figura 4.8**, donde se muestra el año de construcción de las viviendas y se observa que el 13% son construcciones muy antiguas de alrededor de 50 o más años de existencia lo que las hace vulnerables ante un sismo al ser construcciones en mal estado y el 15% del total son construcciones de alrededor de 30 años de existencia.

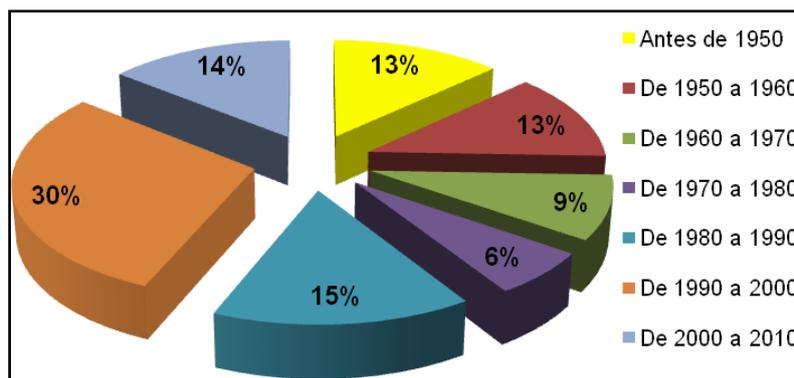


Figura 4.8 Clasificación de las viviendas por el año de construcción.

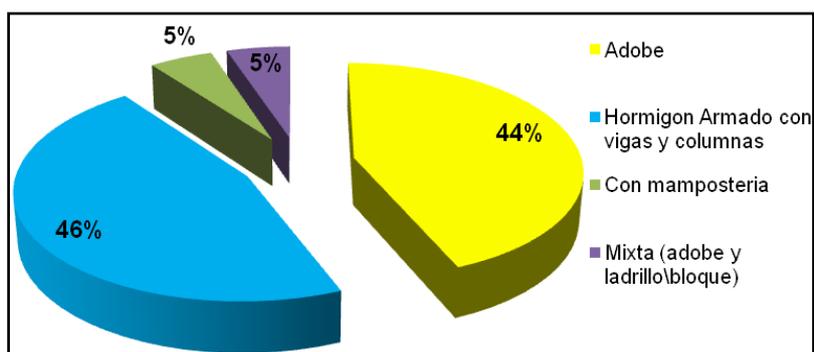
#### 4.4 CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE MATERIAL

En la **Tabla 4.3** y **Figura 4.9** se presentan los materiales empleados en las diferentes estructuras investigadas en el Centro Histórico, la gran mayoría es decir 44% incluyéndole el 5% son de adobe o mixtas respectivamente (con lo que daría un 49% de estructuras de adobe) lo cual hace que las viviendas sean muy vulnerables para sus habitantes ya que son estructuras sin diseño antisísmico y no se ha tomado los debidos cuidados ni refuerzos mínimos para elevar la capacidad sísmica. Aguiar (2001).

**Tabla 4.3** Materiales empleados en las estructuras:

TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	N° DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Adobe	77	44%
Hormigón Armado con vigas y columnas	81	46%
Con mampostería	9	5%
Mixta (adobe y ladrillo\bloque)	9	5%
<b>TOTAL :</b>	<b>176</b>	<b>100%</b>

También se observa que el 46% de las viviendas analizadas son de hormigón armado, pero el material sin acero de refuerzo no garantiza que las construcciones son sismo resistentes. Un 5% de las estructuras analizadas son de mampostería autoportante.



**Figura 4.9** Clasificación de las estructuras de acuerdo al material empleado.

#### 4.5 FALLAS FRECUENTES ENCONTRADAS

Lamentablemente el ser humano olvida rápidamente las tragedias ocurridas después de una catástrofe natural, es así que todavía se sigue construyendo con fallas estructurales en diferentes construcciones alrededor de todo el mundo y no tomamos las debidas precauciones. Es por esto que en el presente apartado se identifica varias ideas y diferentes fallas estructurales frecuentes, necesarias para entender mejor la realidad del Centro Histórico de Sangolquí en lo que se refiere a sus estructuras.

Las construcciones de adobe o de mampostería sin confinamientos son muy vulnerables ante la acción de un fenómeno sísmico, si a esto le añadimos un mal estado de conservación como las indicadas en la **Figura 4.10**, es muy probable que aquellas estructuras vayan a colapsar además de causar daños a edificaciones contiguas y sobre todo a sus habitantes.



**Figura 4.10** Casas Muy Vulnerables de Sangolquí.

En la **Figura 4.10** se indican dos viviendas de adobe en la que se observa rajaduras verticales en las paredes, lo que en cualquier momento pueden voltearse o colapsar. A más de todo esto, existe la presencia de otros materiales sueltos, tales como ladrillos y bloques que no tienen elementos confinantes que estén seguros o sujetos a la estructura principal, cuando esto ocurre existen varias formas de reforzar las estructuras para garantizar que en sismo no suceden desgracias que nos podamos lamentar.

Varias construcciones que se encuentran en el Centro Histórico de Sangolquí se encuentran adosadas unas con otras construidas sin una junta de separación, de tal forma que al ocurrir un sismo las edificaciones van a colisionar entre sí, esta falla se incrementa cuando las viviendas son diferente material como se aprecia en la **Figura 4.11** una casa de hormigón armado con otra casa de adobe, la más débil terminará en el suelo, en este caso la de adobe, el peligro también existe cuando las estructuras están cimentadas a diferente altura ya que existen diferentes desplazamientos y la más alta se va a moverse lateralmente más que la otra, también se puede convertir en una traba la vivienda que está más baja lo que causaría daño a la grande y peor aún si

las losas o los entresijos no están a la misma altura como sucede en las casas de la derecha de la **Figura 4.11**.

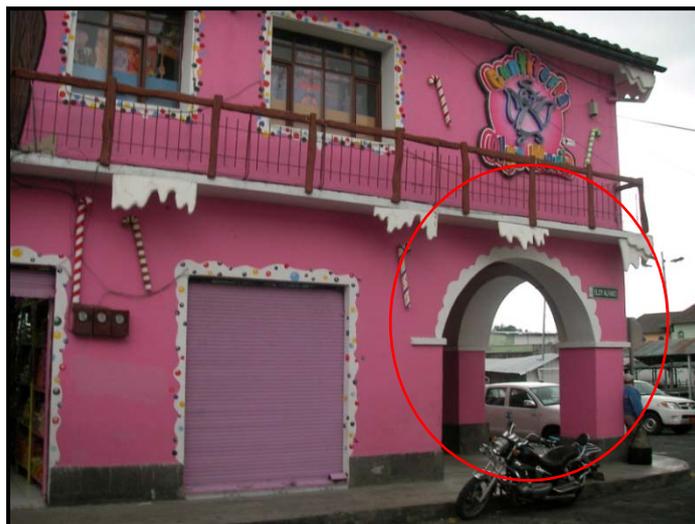


**Figura 4.11** Casas adosadas sin juntas de construcción.

Existen varias estructuras que tienen cornisas sin elementos confinantes, son simples mamposterías que se prolongan, esto hace que sean vulnerables ante un sismo ya que colapsan con facilidad por no estar confinadas o sujetas a la estructura principal, lo que se observa en la **Figura 4.12**.



**Figura 4.12** Cornisas sin elementos confinantes.



**Figura 4.13** Edificio abierto y con piso blando.

Otras fallas estructurales típicas que se observan en el estudio son las denominadas; **edificio abierto** y **piso blando**, indicadas en la casa esquinera de la **Figura 4.13**. La primera falla debido a que la presencia de las paredes medianeras ocasionan que el centro de rigidez se traslade el sitio donde se tiene mayor rigidez se crean de esta manera pórticos fuertes y pórticos débiles, los débiles son los de la fachada y los fuertes de las paredes medianeras; este tipo de estructuras tienen problemas de torsión en planta. Aguiar (2008).

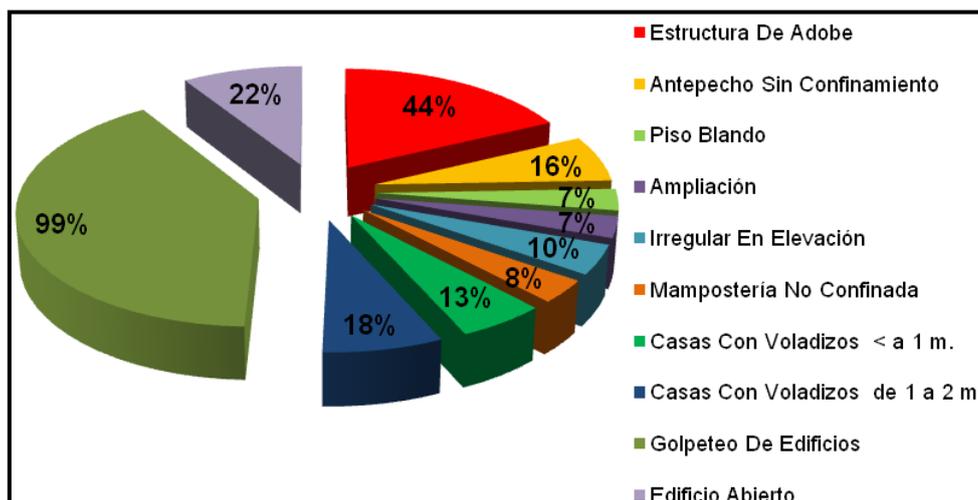
La segunda falla se observa por que el primer piso tiene menor rigidez que el segundo piso debido a la presencia de las paredes en el segundo piso, en el primer piso está libre para la circulación. De tal manera que esta vivienda tiene dos fallas que la convierten en vulnerable ante la acción de los sismos.

Se ha presentado algunas de las fallas frecuentes que tienen las viviendas del Centro Histórico de Sangolquí para identificarlas. Ahora bien en la **Tabla 4.4** se indica el número de viviendas que tienen algunas de las fallas frecuentes. Se destaca que hay estructuras que presentan dos o tres fallas.

**Tabla 4.4** Tipos de Fallas en las Estructuras:

Tipo de Falla	N° de Viviendas	Porcentaje
Estructura De Adobe	77	44%
Antepecho Sin Confinamiento	28	16%
Piso Blando	13	7%
Ampliación	13	7%
Irregular En Elevación	18	10%
Mampostería No Confinada	14	8%
Casas Con Voladizos < a 1 m.	23	13%
Casas Con Voladizos de 1 a 2 m.	31	18%
Golpeteo De Edificios	174	99%
Edificio Abierto	39	22%

Las ampliaciones en las estructuras también han sido contabilizadas en la investigación, mostradas en la **Tabla 4.4**. Por lo regular estas ampliaciones no son realizadas por profesionales de la Ingeniería, es la única justificación que se tiene para las ampliaciones realizadas en forma anti técnica.



**Figura 4.14** Fallas frecuentes observadas en el Centro Histórico de Sangolquí.

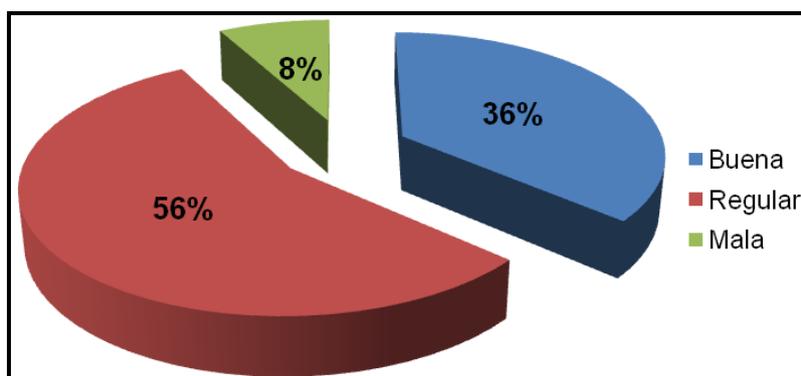
En la **Figura 4.14** se muestra en forma gráfica los datos de la **Tabla 4.4**, se ha iniciado con el rojo que es para las estructuras de adobe y se continúa en forma horaria la descripción.

Otro factor fundamental para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las estructuras es el grado de conservación que estas tienen, no solo se deben preocupar de la fachada de la vivienda, sino dar más importancia a la estructura como tal.

**Tabla 4.5** Estado de Conservación en las Estructuras:

Estado de Conservación	N° de Viviendas	Porcentaje
Buena	64	36%
Regular	98	56%
Mala	14	8%
<b>TOTAL</b>	<b>176</b>	<b>100%</b>

En este estudio se ha clasificado el grado de conservación de una estructura en: bueno, regular y malo. En la **Tabla 4.5** se muestran los resultados obtenidos y en forma gráfica en la **Figura 4.15**.



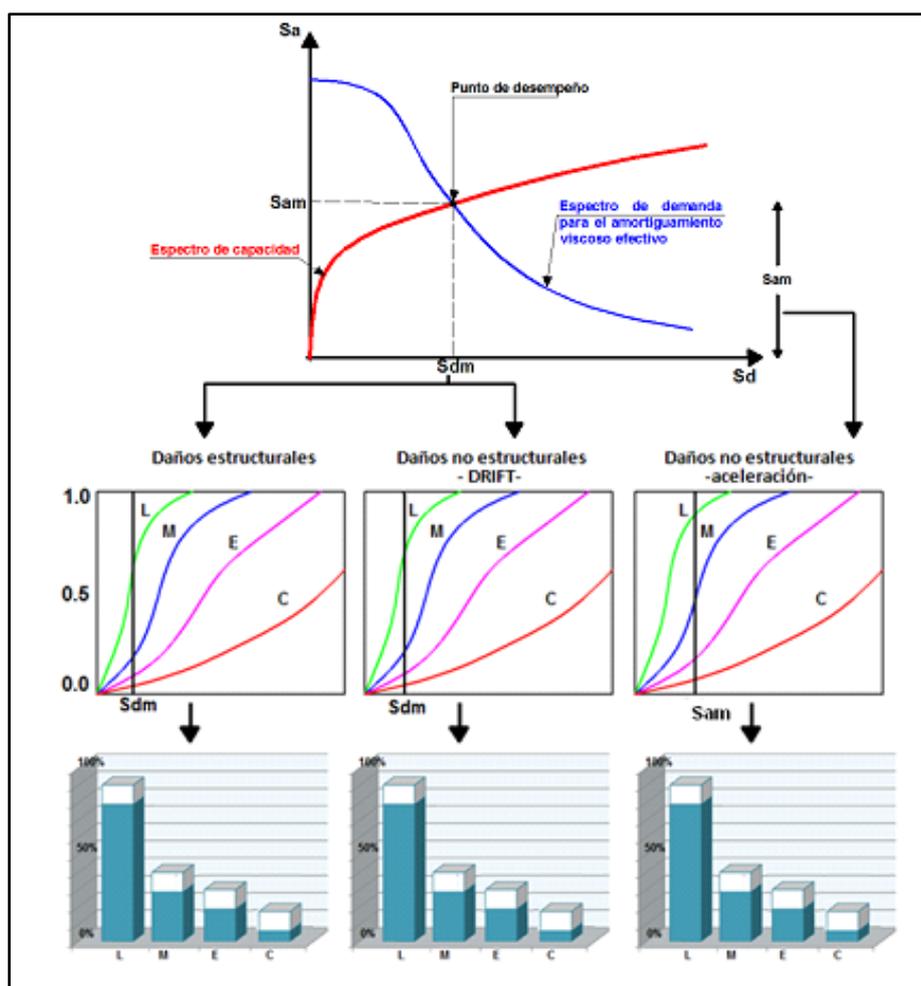
**Figura 4.15** Grado de conservación de las viviendas de Sangolquí.

Se puede también observar en el **ANEXO 4** varias fallas frecuentes observadas en la investigación, para mejor entendimiento del estudio realizado.

## CAPÍTULO V

## CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

La metodología utilizada para la Evaluación Sísmica de Sangolquí fue la propuesta por **HAZUS (Hazard U.S.)**. HAZUS fue publicado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, FEMA de los Estados Unidos en 1999. SEAOC (1995), FEMA 273 y 274 (1996). Un estudio detallado de la metodología de HAZUS se encuentra en Aguiar (2002).



**Figura 5.1** Esquema de la Metodología de HAZUS para evaluar la vulnerabilidad sísmica.

En la **Figura 5.1** se describe en forma gráfica el método de HAZUS. En la parte superior se presentan dos espectros, que son el de demanda sísmica y el espectro de capacidad de la estructura, ambos en el mismo formato es decir en el eje de las X, se tiene el desplazamiento espectral y en el eje de las Y la aceleración espectral.

El **espectro de demanda** es el que proporciona el CEC-2000 para Sangolquí, es decir hallado para una peligrosidad sísmica  $A_0 = 0.4 g$ , donde  $A_0$  es la aceleración máxima del suelo en roca,  $g$  es la aceleración de la gravedad y para un perfil de suelo S2. El espectro del CEC-2000 relaciona período con aceleración espectral por lo que se pasa al formato desplazamiento espectral con aceleración utilizando la definición de Seudo Espectro.

El **espectro de capacidad** representa la capacidad sísmica resistente de la estructura y se obtiene a partir de un análisis estático no lineal. Chopra y Goel (1999, 2000). Para encontrar el espectro de capacidad se necesita ingresar a un programa de ordenador la geometría de la estructura, el armado de sus elementos estructurales y la calidad de los materiales empleados. Como se aprecia el trabajo es complejo pero HAZUS proporciona de forma aproximada el espectro de capacidad para 36 tipologías estructurales y para cuatro niveles de diseño sísmico. Los espectros de capacidad que proporciona HAZUS fueron desarrollados por expertos y fueron las que se utilizaron en el estudio de vulnerabilidad.

Una vez que se tiene el **espectro de demanda** y el **espectro de capacidad** se halla el punto de demanda indicado en la gráfica superior aplicando el Método

del Espectro de Capacidad propuesto por Freeman *et al.* (1975), Freeman 1978) pero que ha sido actualizado por el ATC-40 (Applied Technology Council, 1996), Mahaney *et al.* (1993).

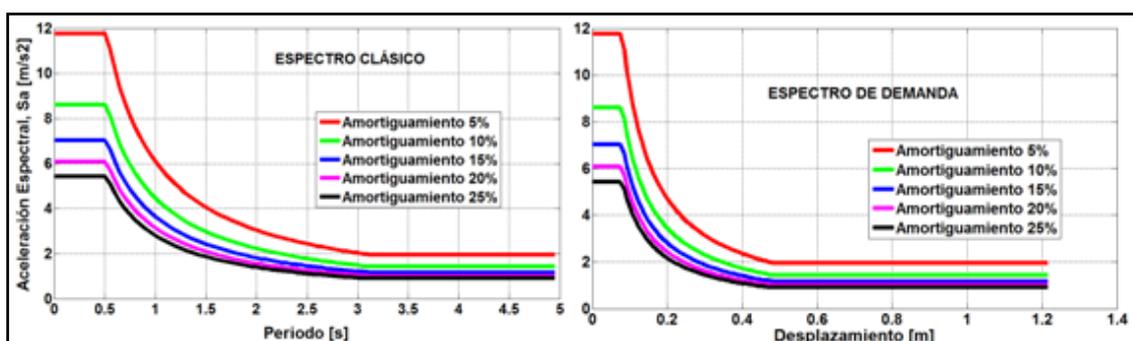
No es objetivo de esta investigación presentar todos los trabajos que se han realizado para mejorar el Método del Espectro de Capacidad. Únicamente se señala que es un método más exacto que el Método de Superposición Modal que se usa en el análisis sísmico de estructuras, Aguiar (2008) y menos exacto que un análisis sísmico no lineal. De tal manera que se tiene un procedimiento bastante exacto y práctico para encontrar la respuesta sísmica de una estructura.

Al determinar el Punto de Demanda, se encuentra el desplazamiento espectral  $Sd_m$  y la aceleración espectral  $Sa_m$ . Con el desplazamiento espectral  $Sd_m$  se ingresa a las curvas de fragilidad propuestas por HAZUS y se halla el desempeño de la estructura a nivel de elementos estructurales y de elementos no estructurales, desempeño expresado para cuatro niveles de daño: **Leve**, **Moderado**, **Extensivo** y **Completo**, identificados en las curvas con las letras L, M, E y C.

Con la aceleración espectral  $Sa_m$  se halla el nivel de daño esperado en los contenidos que tiene la vivienda, se refiere a las pérdidas esperadas por la caída de equipos (televisores, computadoras, etc.) durante el sismo. Nuevamente se encuentra esto en los cuatro niveles de daño, indicados en el párrafo anterior.

En la parte inferior, de la **Figura 5.1** se presentan los niveles de daño expresados en porcentaje, en un diagrama de barras, a la izquierda se tiene para el daño estructural (vigas, columnas, etc.) en el centro el daño no estructural (paredes, puertas, ventanas, etc.) y a la derecha el daño en los contenidos (equipos que pueden caerse o desprenderse, etc.).

Con toda esta información se encuentra las pérdidas económicas que se esperan por la ocurrencia de un sismo. Este último punto no se realizó en la presente investigación, solamente se llegó hasta los niveles de daño esperados en porcentaje.



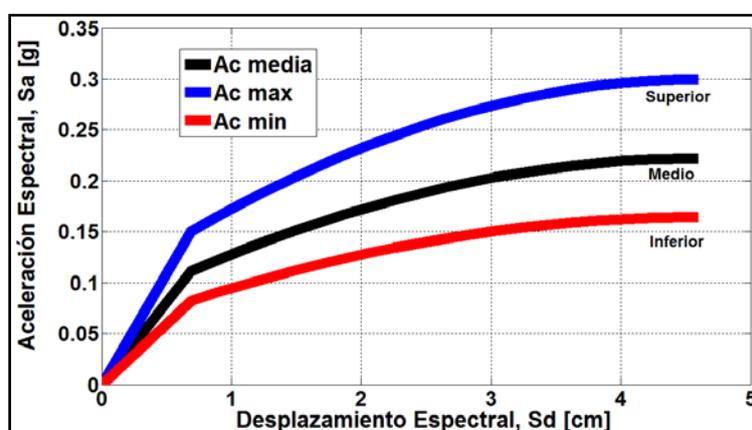
**Figura 5.2** Espectro clásico y de demanda utilizados en el estudio para diferentes amortiguamientos.

## 5.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología de HAZUS fue programada en MATLAB por Aguiar y Barona (2010) con lo que se automatizó el cálculo. A manera de ejemplo, en la **Figura 5.2** se presenta a la izquierda los espectros para factores de amortiguamiento variando desde 0.05 hasta 0.25, en el formato clásico y a la derecha estos mismos espectros en el formato desplazamiento-aceleración espectral. A estos últimos se han denominado Espectros de Demanda. El Método del Espectro de

Capacidad halla un factor de amortiguamiento específico que no necesariamente es el indicado en las figuras, para el que encuentra el espectro de capacidad. Se presenta para tipo de suelo S2 según el CEC-2000. Estos espectros fueron obtenidos con el programa **espedem** de la carpeta de **CEINCI-LAB** (HAZUS) y son los que se va a utilizar durante todos los cálculos.

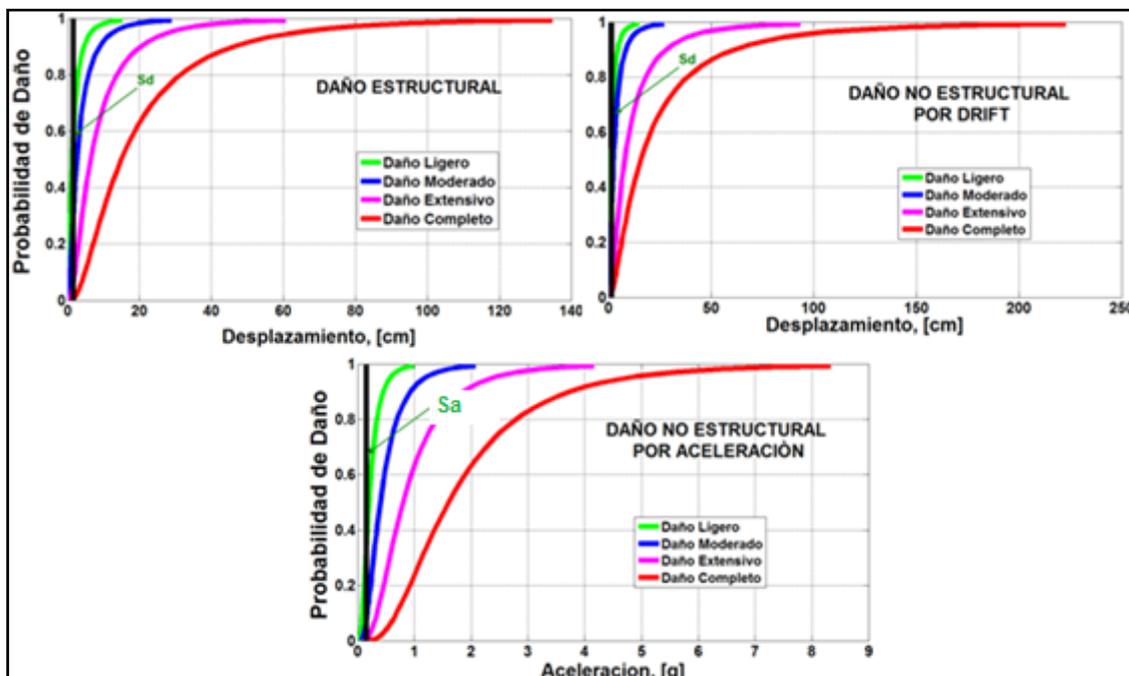
De igual manera, solamente para ilustrar la forma como son los espectros de capacidad de HAZUS en la **figura 5.3** se muestran este espectro para una estructura de 4 pisos de hormigón armado con un nivel de diseño sísmico muy alto (nivel 4). Nótese que hay una curva de valores medios y dos curvas adicionales identificadas como superior e inferior de esta manera se cubre la incertidumbre que conllevan las curvas del espectro de capacidad.



**Figura 5.3** Espectros de capacidad para una estructura de hormigón armado con nivel de diseño alto.

En la **Figura 5.4** se indican las curvas de fragilidad de HAZUS para la misma estructura de hormigón armado con nivel de diseño sísmico alto (cumple con todos los requerimientos del ACI). Las dos superiores son para determinar el nivel de daño estructural y no estructural en función del desplazamiento

espectral  $S_d$  y la inferior para encontrar el nivel de daño de los contenidos en función de la aceleración espectral  $S_a$ .



**Figura 5.4** Curvas de fragilidad para una estructura de hormigón armado de 4 pisos con nivel de diseño sísmico alto.

Como se indicó en el Capítulo IV, son diferentes los tipos de edificaciones que se tiene en Sangolquí, haciendo referencia a esto y para no describir el trabajo realizado en las 15 manzanas por ser muy extenso, se pone en los siguientes puntos las estructuras más representativas investigadas y los resultados obtenidos; tales como edificaciones de adobe, de mampostería sin columnas y estructuras de hormigón armado. Las estructuras fueron estudiadas para  $A_0 = 0.40 g$ , siendo  $A_0$ , la aceleración máxima del suelo en roca y  $g$  es la aceleración de la gravedad. En el Espectro de Capacidad HAZUS-99 no contempla el tipo de suelo, para nuestro caso sí lo tomamos en cuenta, el suelo de Sangolquí es suelo **S2**.

Todas las viviendas analizadas son de la Zona 1, en total 176; el número de la manzana está indicado en la Figura 4.2 del Capítulo 4 y dentro de estas manzanas cada predio tiene un número, todo esto asignado por el Departamento de Avalúos y Catastros del Ilustre Municipio de Rumiñahui.

De acuerdo a la información obtenida de la investigación efectuada y mediante el cálculo realizado y ejecución de los respectivos programas anteriormente descritos, se presenta a continuación varios de los resultados mediante ejemplos de varias edificaciones, con datos reales, cabe mencionar que se presenta datos de estructuras con las tipologías estructurales más representativas.

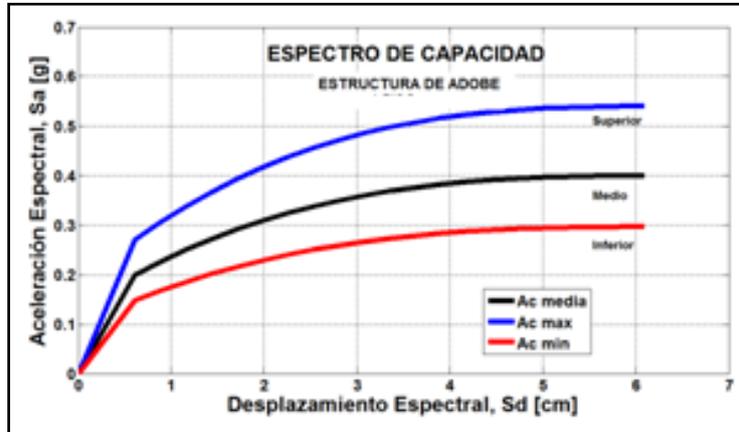
#### **5.1.1 Estructuras de Adobe.- Espectro de Capacidad**

Es necesario considerar que el 44% del sector en estudio consta de estructuras de adobe como describimos en el apartado 4.4; lo que hace que se tome muy en cuenta en caso de que exista riesgo ante una posible actividad sísmica, ya que en diseños estructurales de estas características no han sido considerados la resistencia ante un sismo y por ésta y otras razones se presenta los resultados obtenidos a continuación:

- **Estructura de Adobe de 2 pisos:**

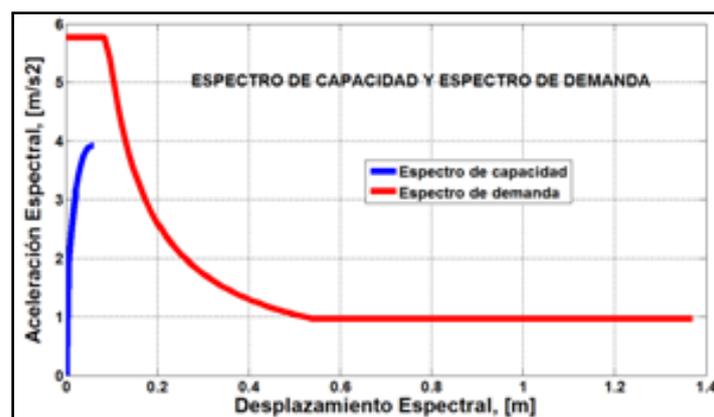
Para estructuras de adobe que en su gran mayoría no son antisísmicas se puso gran atención, por ser construcciones antiguas y de gran belleza, es así que se muestra los resultados obtenidos para estructuras de adobe de 2 pisos:

En la **Figura 5.5** se presenta el Espectro de Capacidad para estructuras de adobe de 2 pisos y de 6 metros de altura, con Nivel de **Diseño Sísmico Muy Bajo**; se aprecia que la aceleración máxima están entre 0.40 y 0.42 de  $g$ .



**Figura 5.5** Espectro de Capacidad para estructuras de adobe con Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo

Se concluye en la **Figura 5.6** que el espectro de demanda y de capacidad que no se cortan, lo que significa que la estructura colapsa, además de ser una estructura antigua, en mal estado, sin cálculo antisísmico y de adobe.

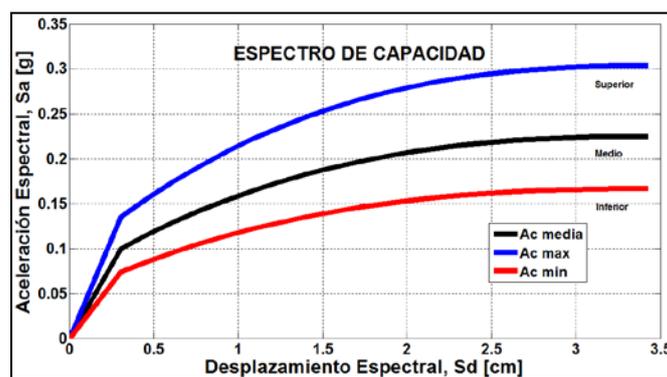


**Figura 5.6** Espectro de Capacidad y demanda Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo – Adobe (2 pisos)

### 5.1.2 Estructuras de Mampostería Sin Columnas.- Espectro de Capacidad

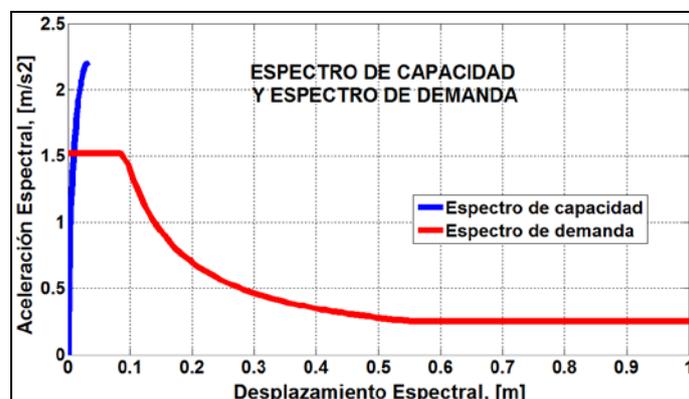
- Estructuras de Mampostería de 3 pisos :

En la **Figura 5.7** se presenta el Espectro de Capacidad para estructuras de mampostería de 3 pisos y de 9 metros de altura, con Nivel de **Diseño Sísmico Bajo**; se aprecia que la aceleración máxima están entre 0.40 y 0.42 de  $g$ .



**Figura 5.7** Espectro de Capacidad para estructuras de mampostería Nivel de Diseño Sísmico Bajo

En la **Figura 5.8** se indica el espectro capacidad y demanda; se puede observar que el comportamiento del espectro es óptimo pero aún así se puede considerar que aquella estructura es vulnerable por tener elementos no estructurales y varios de ellos no están confinados o armados con acero de refuerzo.



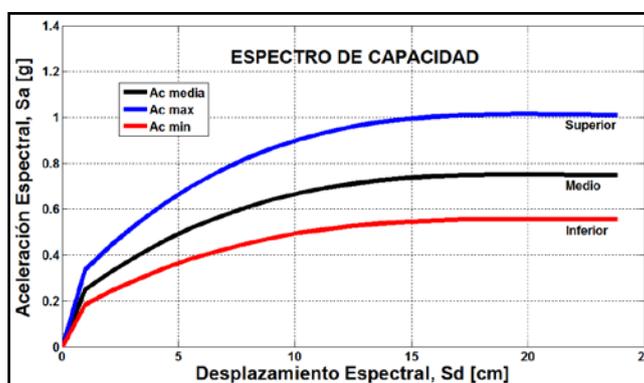
**Figura 5.8** Espectro de Capacidad y demanda Nivel de Diseño Sísmico Bajo – Mampostería (3 pisos)

### 5.1.3 Estructuras de Hormigón Armado.- Espectro de Capacidad

- Estructura de Hormigón Armado – 4 pisos.-

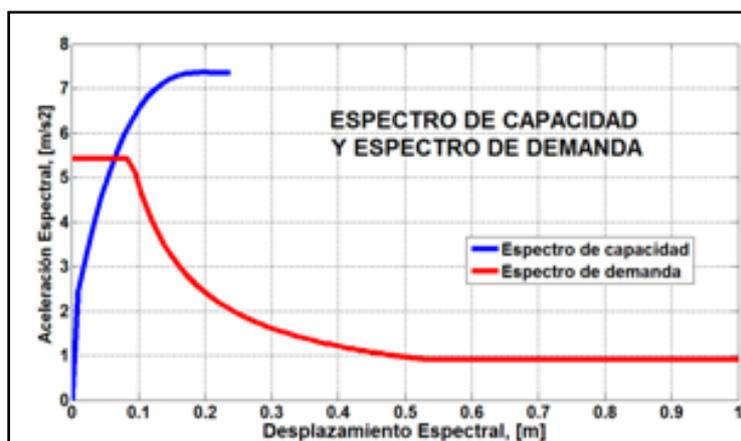
De igual forma se indica un ejemplo de un tipo de estructura que se tiene en el Centro Histórico, pero en este caso es de hormigón Armado y de 4 pisos, obviamente se encuentra en mejor estado que las edificaciones anteriormente descritas y se espera un mejor desempeño estructural.

En la **Figura 5.9** se observa el espectro de capacidad para la estructura de hormigón armado de 4 pisos de 12 metros de altura, con un nivel de diseño sísmico alto, se escogió este nivel por ser una estructura con pocos años de ser construida y estar en buen estado; se aprecia que la aceleración máxima están entre 0.75 y 0.80 de  $g$ .



**Figura 5.9** Espectro de Capacidad para estructuras de Hormigón Armado con Nivel de Diseño Sísmico Alto

En la **Figura 5.10** se indican el cálculo del punto de demanda para la edificación de hormigón armado de 4 pisos y 12 metros de altura y su comportamiento es aceptable ya que el espectro de capacidad sí corta al espectro de demanda a causa de tener buena ductilidad en la estructura.



**Figura 5.10** Espectro de Capacidad y demanda.  
Nivel de Diseño Alto – Hormigón Armado (4 pisos)

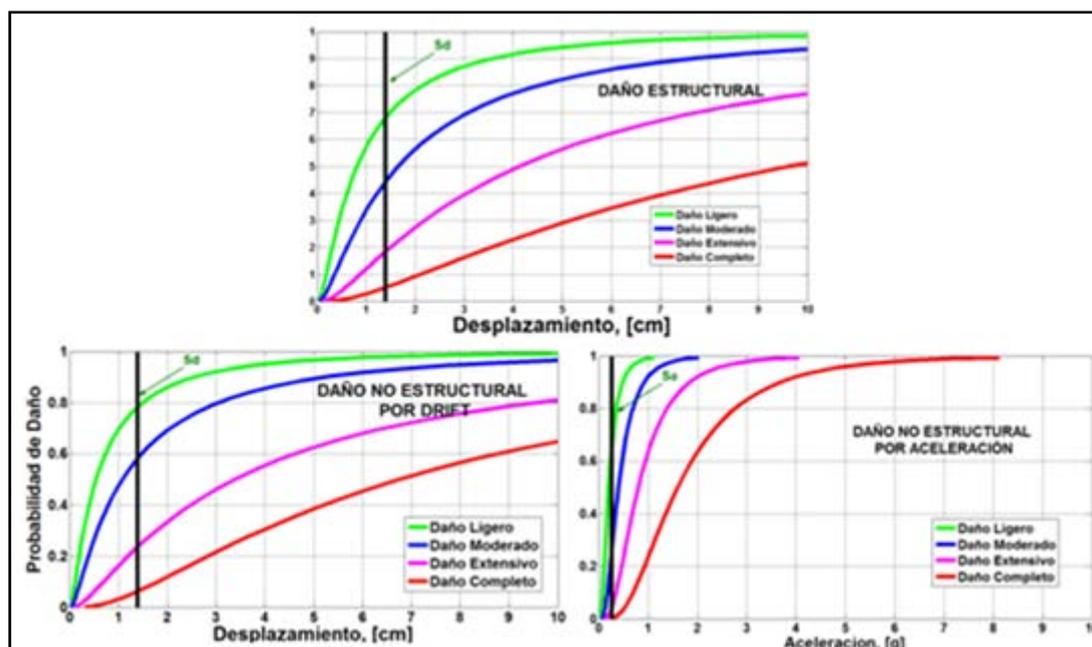
## 5.2 DAÑO ESPERADO.- LEVE, MODERADO, EXTENSIVO Y COMPLETO

El objetivo final y muy importante de un estudio de vulnerabilidad sísmica es conocer el porcentaje de daño en una estructura ante un posible sismo, detalles que se dan a conocer a continuación con diferentes ejemplos:

- **Estructura de Adobe de 2 pisos:**

Se muestran las curvas de fragilidad que reporta el programa para una estructura de adobe con 2 pisos y con una línea vertical se indica la recta  $S_{dm}$  en las dos primeras curvas y la recta  $S_{am}$  en la tercera curva.

Además en la **Tabla 5.1** se presenta los Niveles de Daño para la estructura de Adobe, se puede entender de mejor forma los porcentajes de daños en la edificación, y el desempeño no es adecuado por ser porcentajes muy altos, lo que al ocurrir un sismo esta estructura colapsa.



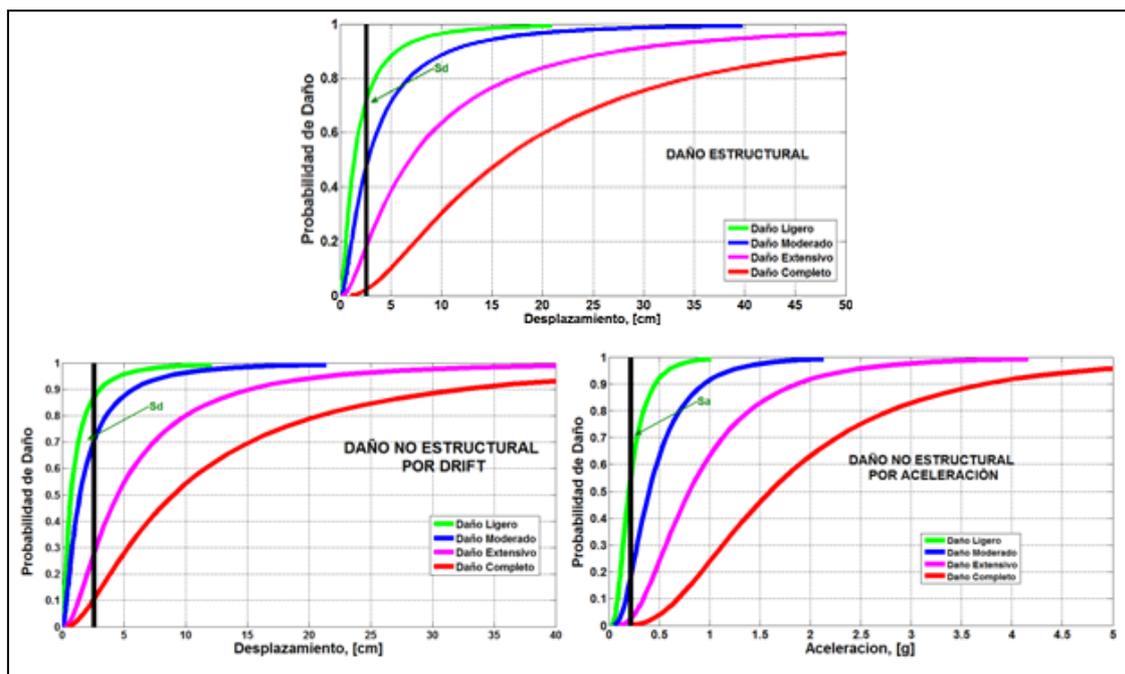
**Figura 5.11** Curvas de Fragilidad.  
Nivel de Diseño Sísmico Muy Bajo – Adobe (2 pisos)

**Tabla 5.1** Niveles de Daño para una estructura de Adobe de 2 pisos:

Zona : <b>01</b>		Manzana : <b>014</b>		Predio : <b>11</b>	
Diseño Sísmico : <b>MUY BAJO</b>		Clasificación Estructural : <b>34</b>			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

- **Estructuras de Mampostería de 3 pisos:**

Tan solo el 5% de todas las estructuras analizadas es de mampostería autoportante, es decir que no tienen acero y no cuentan con vigas ni columnas ya sea de bloque o ladrillo, además de no tener ningún diseño sísmico y varias de estas estructuras están en mal estado, se realizó el cálculo y se demuestra a continuación en la **Figura 5.12**, así como también los porcentajes de daño en la **Tabla 5.2**:



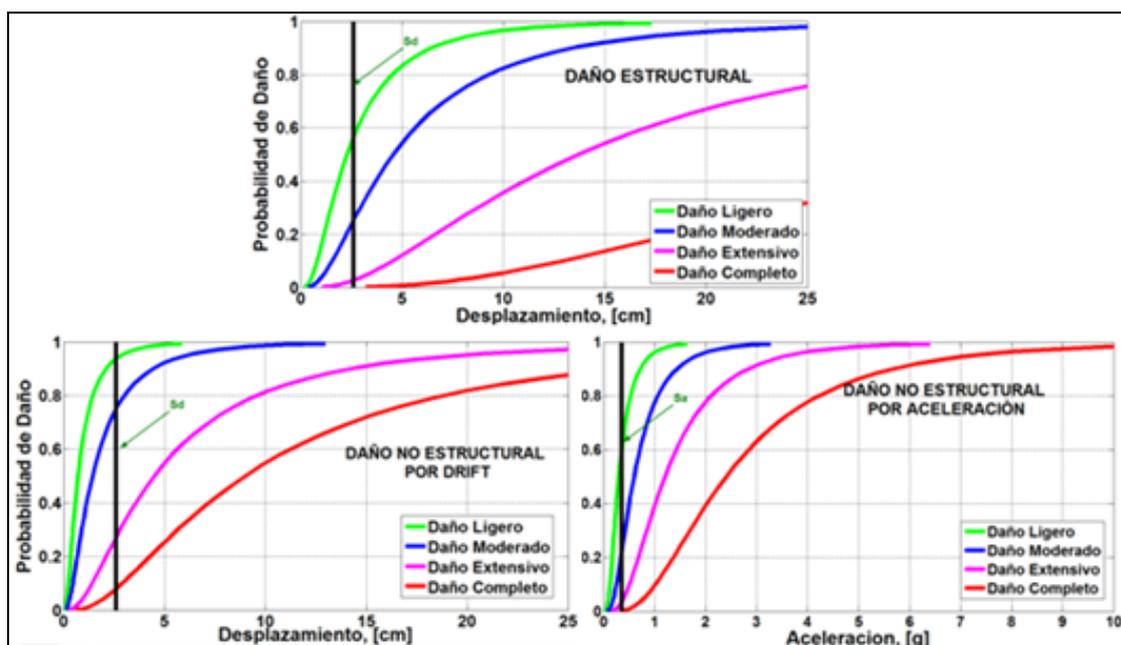
**Figura 5.12** Curvas de Fragilidad.  
Nivel de Diseño Sísmico Bajo – Mampostería (3 pisos)

**Tabla 5.2:** Niveles de Daño para una estructura de Mampostería de 3 pisos:

Zona : <b>01</b>		Manzana : <b>008</b>		Predio : <b>06</b>	
Diseño Sísmico : <b>BAJO</b>		Clasificación Estructural : <b>22</b>			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b> %	<b>LIGERO</b> %	<b>MODERADO</b> %	<b>EXTENSIVO</b> %	<b>COMPLETO</b> %
Estructural	0,0000	49,4919	34,0994	14,4513	1,9573
No estructural por DRIFT	0,0000	43,5011	35,6750	15,1657	5,6582
Contenidos	17,8800	57,9300	21,1900	2,8700	0,1300

- **Estructura de Hormigón Armado de 4 pisos:**

Se observa en la **Figura 5.13** los diferentes daños, tanto estructurales como no estructurales por drift o aceleración, se grafica curvas de fragilidad para una estructura de hormigón armado de 4 pisos y 12 metros de altura, según la metodología descrita.



**Figura 5.13** Curvas de Fragilidad.  
Nivel de Diseño Alto – Hormigón Armado (4 pisos)

**Tabla 5.3** Niveles de Daño para una estructura de Hormigón Armado de 4 pisos.

Zona : <b>01</b>		Manzana : <b>040</b>		Predio : <b>02</b>	
Diseño Sísmico : <b>ALTO</b>		Clasificación Estructural : <b>16</b>			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	11,640	57,930	27,430	2,870	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	45,921	36,827	13,327	3,926
Contenidos	9,290	61,790	24,200	4,460	0,260

En la **Tabla 5.3** se observa los porcentajes de daño para la estructura y se determina que tiene un aceptable comportamiento ante la acción de un sismo.

Para mejor comprensión y conocimiento de todas las personas interesadas en esta investigación se indica todos los resultados en el **ANEXO 5**, donde se puede apreciar su ubicación, la manzana y el predio respectivo.

### 5.3 RESULTADOS OBTENIDOS Y MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

Con la información anotada en el presente capítulo y estudios descritos en el capítulo 4, ya se puede deducir que tan segura o vulnerable son las edificaciones del Centro Histórico de Sangolquí. Sin embargo de esto se aplicó el Método del Espectro de Capacidad, empleando la metodología HAZUS a cada una de las 176 viviendas estudiadas como se indicó.

Con los resultados obtenidos, tomando en cuenta el estado de las edificaciones y aplicando criterios estructurales, se procedió a identificar el grado de vulnerabilidad sísmica de las estructuras del Centro Histórico de Sangolquí. Los resultados se indican en la **Figura 5.14**.

Con **color rojo** se indican las viviendas más vulnerables de Sangolquí que van a colapsar en caso de un sismo severo como el estipulado por el Código Ecuatoriano de la Construcción, en su totalidad son casas de adobe sin mantenimiento y/o con varias fallas frecuentes.

Con **color azul** las que son muy vulnerables; con **color morado** las vulnerables y con **color verde** las estructuras seguras que son estructuras de hormigón armado con un nivel de diseño sísmico alto.

Al indicar que las estructuras de color verde son seguras, no se quiere decir que son estructuras que no van a sufrir ningún daño, porque esto no es cierto, ya que de acuerdo a la forma como se diseñan las estructuras en el mundo ante el sismo especificado en las normas sísmicas se espera daño en las mismas, lo que se desea es que no colapsen. En el **ANEXO 6** se describe el

predio con su respectiva clasificación de vulnerabilidad, además de la falla estructural observada.

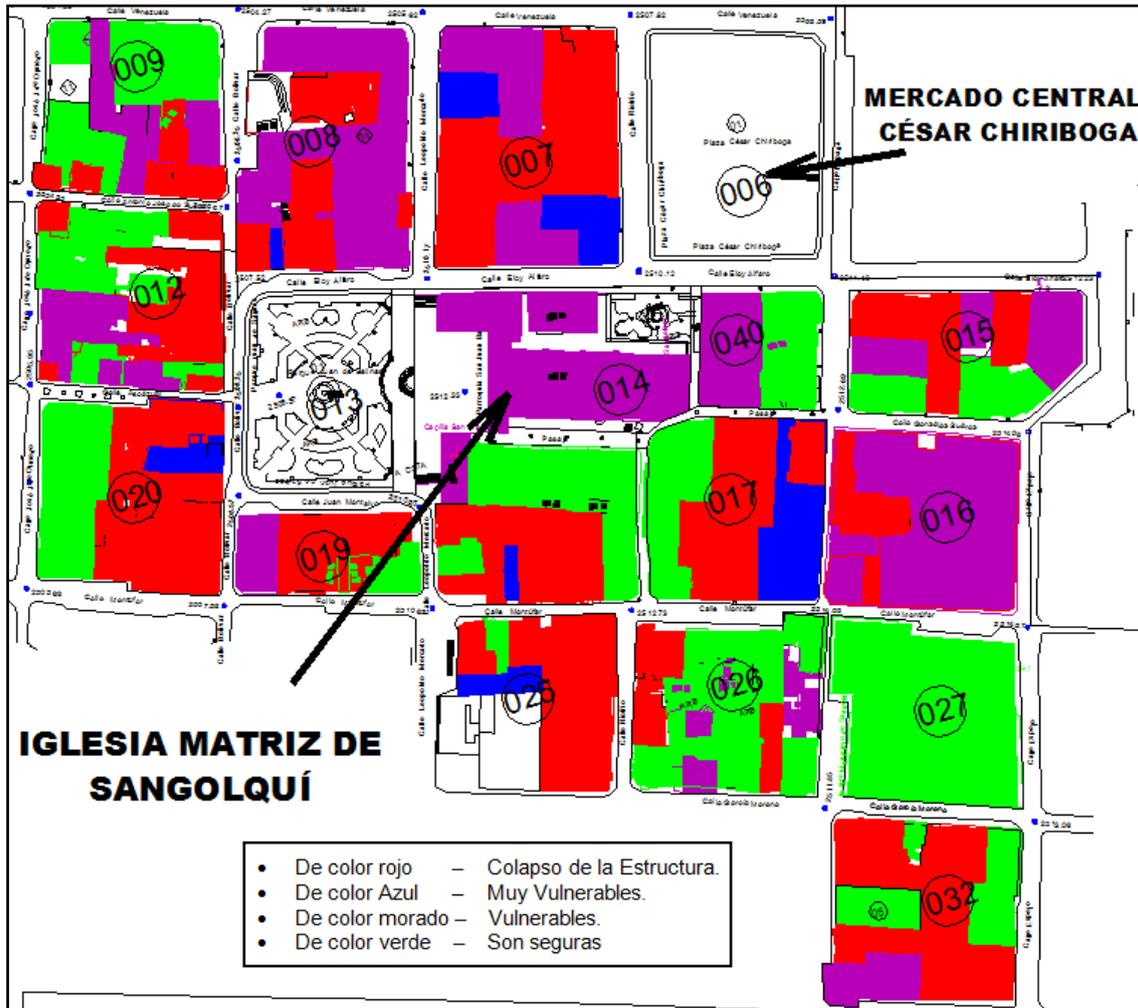


Figura 5.14 Mapa de Vulnerabilidad Sísmica.

## **CAPÍTULO VI**

### **VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA MATRIZ DE SANGOLQUÍ**

La Iglesia de San Juan Bautista de Sangolquí, estaba situado en sus inicios de parroquia, en la capilla que hasta antes del año 2000, se le conocía como la “Capilla de la cofradía de San Francisco”, actual sala de conferencias y de catecismo; es decir la que queda al costado derecho de la entrada de la actual Iglesia parroquial.

El párroco de entonces, Dr. Julio Andrade, argumentando que la población iba creciendo y que Sangolquí sería una ciudad grande, propone al pueblo la construcción de un nuevo templo, posiblemente en el mes de septiembre de 1904. (En el sitio donde actualmente existe la Iglesia).

El pueblo vio que su párroco tenía razón y que era imperante la construcción de un nuevo templo, a pesar de las limitaciones económicas. Sobre la base de mingas, se hace la limpieza del sitio, y se da inicio a la construcción del nuevo templo.

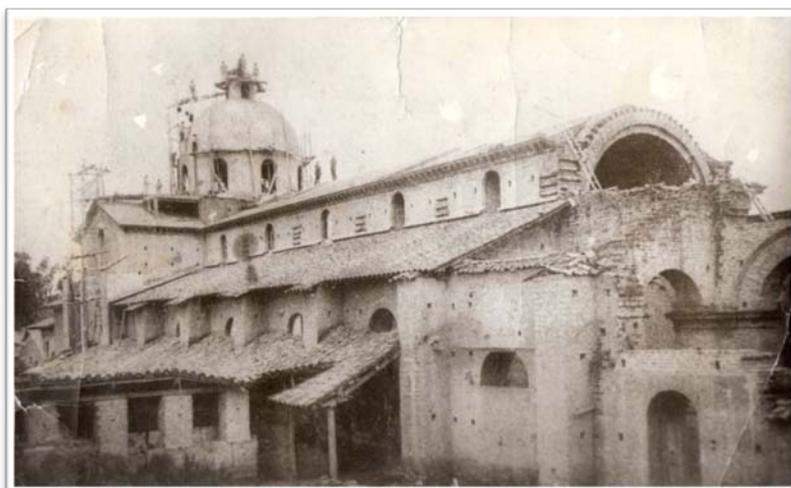
La obra continúa a ritmo muy lento, a pesar del entusiasmo de su iniciador el párroco Dr. Don Julio Andrade. Seis años pasó de párroco y muy poco se había avanzado: primera piedra, cimientos e inicio de las paredes laterales. Con ese mismo ritmo de lentitud continúa el párroco Miguel Meneses, que solo

pasa en Sangolquí un año (1910-1911); José Romero también pasa solamente un año (1911-1912).

Desde 1912 a 1915, están de párrocos el Rvdo. Dr. Félix Granja, y el sangolquileño, oriundo de Mushuñán el Dr. Don Mariano Larco.

Posteriormente el 15 de septiembre de mil novecientos dieciocho, el Rvdo. Párroco Gabriel Vásconez Tobar, a las dos semanas de haberse hecho cargo de la parroquia, convoca a las personas más respetables de la población para formar una Junta, “pro construcción de la Iglesia parroquial de Sangolquí”.<sup>16</sup>

En esa ocasión el párroco, manifestó vivamente que había creído conveniente reunir a los feligreses de Sangolquí con el fin de pedirles su apoyo, y como medida más adecuada formar una “Junta de personas pro construcción del nuevo templo”, la misma que se entendería directamente en la construcción, para que así la parroquia conociera la marcha de los trabajos y tuviera más confianza en su párroco.



**Figura 6.1** Inauguración de la Cúpula del Templo, realizada el 8 de septiembre de 1924.

<sup>16</sup> Libro de las Actas de la Junta Constructora del Nuevo Templo de Sangolquí.

En agosto de 1925 llega de párroco el Dr. Secundino Ortiz Ulloa, quien supo motivar a sus feligreses y trabajar junto a ellos, hasta terminar el templo, tal como lo tenemos ahora. La construcción del templo avanzaba rápidamente, por el entusiasmo de los moradores.

También en 1925 se inicia la construcción de la torre y posteriormente interviene en la construcción el Padre Pedro Huberto Brüning C.M., sacerdote lazarista alemán que trabajó en el Ecuador como Arquitecto Arquidiosesano desde 1899 hasta su muerte. Es la personalidad más descollante en esta actividad desde principios de la República, por las características, volumen y trascendencia de su obra. Su producción sobrepasa los 200 elementos arquitectónicos, más de 40 decoraciones y más de 200 diseños.<sup>17</sup>

Hombres, mujeres, jóvenes, ancianos y niños, sin distinción alguna, todos a través de mingas, aportes pecuniarios, donaciones de toda índole, permitieron al párroco señor don Secundino Ortiz Ulloa inaugurar la nueva Iglesia de Sangolquí el 6 de enero de 1926.

A fines del año de 1931, el párroco Ortiz, con el mismo entusiasmo se preocupó de terminar la construcción de la capilla de las Almas, su entablado, su fachada; construcción de la Casa Parroquial; las cubiertas de las Capillas de San José y de La Inmaculada; fachada del baptisterio; colocación de las piedras sellares del atrio del Templo, etc.<sup>18</sup>

Años más tarde el 30 de abril de 1935 el presbítero Carlos María Cadena dará por concluida la construcción del templo. Se puede observar en la **Figura 6.2** el

---

<sup>17</sup> Cevallos Alfonso R., Arte, diseño y arquitectura en el Ecuador, Quito, MBCE.

<sup>18</sup> Hinojosa Ángel L., Sangolquí, historia, tradiciones, anécdotas y leyendas.

estado actual (año 2010), de la Iglesia. Es por todo lo descrito y mucho más que se hace necesario saber la vulnerabilidad sísmica de la Iglesia Matriz de Sangolquí.



**Figura 6.2** Iglesia Matriz de Sangolquí - Vista Frontal.

## 6.1 FALLAS FRECUENTES EN LAS IGLESIAS DURANTE SISMOS

- **Fisuras o Colapsos en Pilares.-**

Los pilares de planta baja son los más afectados en un terremoto, dado que tienen que soportar todo el peso de la edificación y evitar que se desplace, quedando sometidos a fuertes momentos y cortantes, por lo que se les debe prestar mayor atención durante su cálculo y ejecución.

La parte superior de los pilares también son afectadas, ya que en esa zona el hormigón en caso de que la iglesia tenga, suele tener menor resistencia,

debido a que en su ejecución durante el vibrado se acumula en la parte alta el árido fino y agua de amasado, siendo más acusado este efecto en pilares de mayor altura.

El tipo de rotura más frecuente es por aplastamiento del hormigón en la cabeza del pilar y por cortante con fisuras como la que se indica en la **Figura 6.3**.

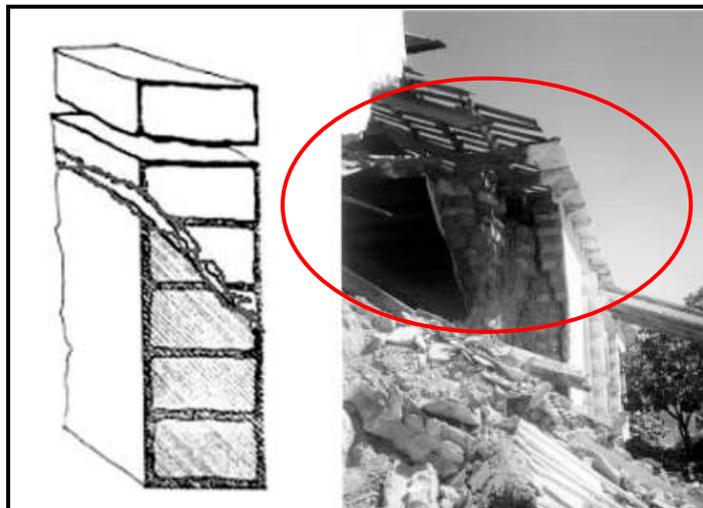


**Figura 6.3** Daño en Pilar a causa de sismo.

- **Agrietamiento Diagonal en Muros.-**

En algunos de los casos existe agrietamiento diagonal en muros debido a las fuerzas perpendiculares a su plano. Se trata de las fuerzas de inercia que se generan a causa de los sismos y que tienden a producir el volteo de los muros fuera de su plano. Ante esta situación, la base de los muros generalmente se agrieta por flexión; sin embargo, cuando el espesor de estos es grande, o bien

el material con el que se encuentran contruidos es débil, suelen ocurrir agrietamientos por tensión diagonal como el ilustrado en la **Figura 6.4**.



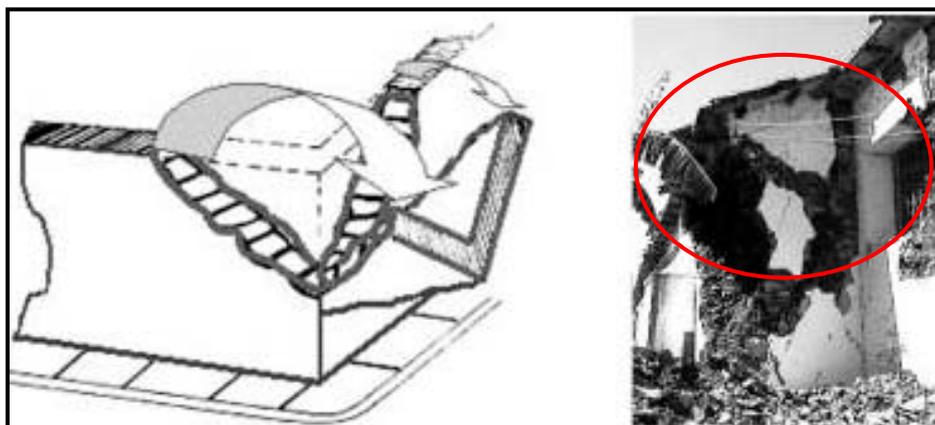
**Figura 6.4** Grieta diagonal en un muro de la iglesia de Santa María de Ostuma. (Sismo del 13 de Febrero de 2001 El Salvador; Guevara L.T. 2005).

- **Agrietamientos y Colapso de Muros.-**

Es común el agrietamiento de muros, muy a menudo agrietamientos en las uniones de muros y el colapso parcial en muros de esquina como se ilustra en la **Figura 6.5**.

Las estructuras edificadas con este tipo de muros son vulnerables por causa de falta de mantenimiento o deterioro, falta de amarre en la cimentación, falta de refuerzos, falta de rigidez, etc. La falla más frecuente en este tipo de muros al ser sometidos a movimientos sísmicos, es la falta de diafragmas rígidos al nivel de pisos o techos que repartan los efectos sísmicos a los muros orientados en cada dirección. En ocasiones también hay problemas por flexión perpendicular

al plano de muros altos o por falta de una unión adecuada entre los distintos muros.



**Figura 6.5** Daños graves en esquina, a punto de colapso, en la Iglesia de San Miguel Arcángel en Huizúcar. (Sismo del 13 de Febrero de 2001 El Salvador; Guevara L.T. 2005).

Cuando los muros y la cubierta están bien trabados entre sí o reforzados con tirantes, son construcciones que aumentan su resistencia ante fuerzas laterales, con periodos de vibración cortos. El defecto clásico de muchas de las cimentaciones empleadas en este tipo de estructuras es la poca profundidad de los cimientos y la mala calidad de los materiales de los mismos. Sin embargo, cuando la cubierta no está bien empotrada en los muros portantes ó el empuje que ejerce sobre ellos no está contrarrestado, este tipo de construcciones son sumamente vulnerables a los esfuerzos laterales.

- **Daños en la zona de contacto entre el muro y el contrafuerte.-**

En las zonas que han sufrido los efectos de numerosos sismos se ha podido observar la presencia de contrafuertes que pueden haber sido incluidos desde la construcción inicial o pueden haber sido agregados después de alguno de los eventos, como es el caso del Sismo de 1938 en Sangolquí. Se detectó en

varios sismos como el del 13 de febrero del 2001 en El Salvador que los muros laterales vibraron en la dirección perpendicular a su plano, produciéndose una separación entre el muro y los contrafuertes. En la **Figura 6.6** se muestra dos ejemplos de la Separación entre el muro y los contrafuertes.

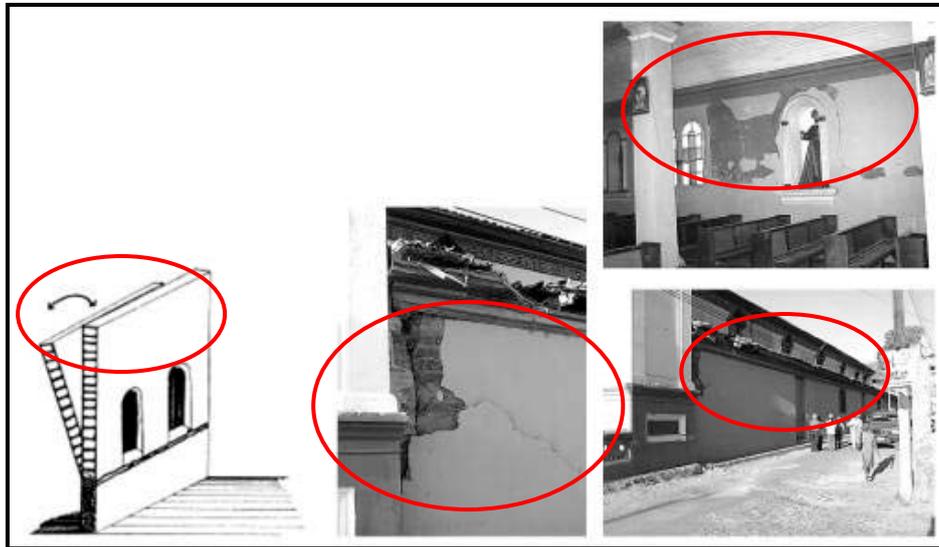


**Figura 6.6** Iglesias de San Miguel Arcángel en Huizúcar y Santa Lucía en Santa Ana después del Sismo del 13 de Febrero de 2001 El Salvador; Guevara L.T. 2005.

- **Vibración de Muros Longitudinales en la Dirección Perpendicular a su Plano.-**

Los muros de las naves laterales sufren rotaciones hacia fuera en la dirección perpendicular a su plano. En la **Figura 6.7**, el gráfico muestra el agrietamiento horizontal de muros longitudinales debido a la vibración en la dirección perpendicular a su plano, el cual se ve favorecido por la presencia de nichos para imágenes y retablos. En las fotos de esta misma figura se muestra el agrietamiento exterior e interior producido en el muro lateral de la iglesia San Pedro Apóstol de San Pedro Nonualco en El Salvador, donde se muestra como el exceso de agujeros para ventanas y nichos debilitó los muros laterales de la

iglesia, lo cual propició que la trayectoria de las grietas horizontales pasara por el lecho debajo de los agujeros.

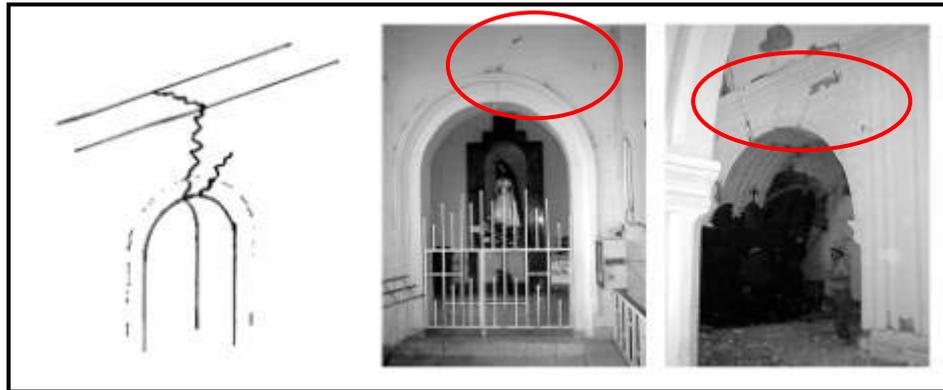


**Figura 6.7** Iglesia San Pedro Apóstol en San Pedro Nonualco. (Sismo del 13 de Febrero de 2001, El Salvador).<sup>19</sup>

- **Agrietamiento Sobre Claves de los Arcos en los Vanos de Puertas y Ventanas y en las Bóvedas de Cañón, Semiesféricas y Cúpulas.-**

Fueron muchos los casos donde se puede observar agrietamientos típicos en los arcos, en los vanos de puertas y ventanas de algunas iglesias después de un sismo, así como en bóvedas de cañón debido a la separación de los apoyos como los que se muestran en la **Figura 6.8** y **Figura 6.9**.

<sup>19</sup> Guevara L.T. (2005)



**Figura 6.8** Agrietamientos en las claves de los arcos en las Iglesias Santa Lucía en Santa Ana y Nuestra Señora del Pilar en San Vicente. (Sismo del 13 de Febrero de 2001, El Salvador).



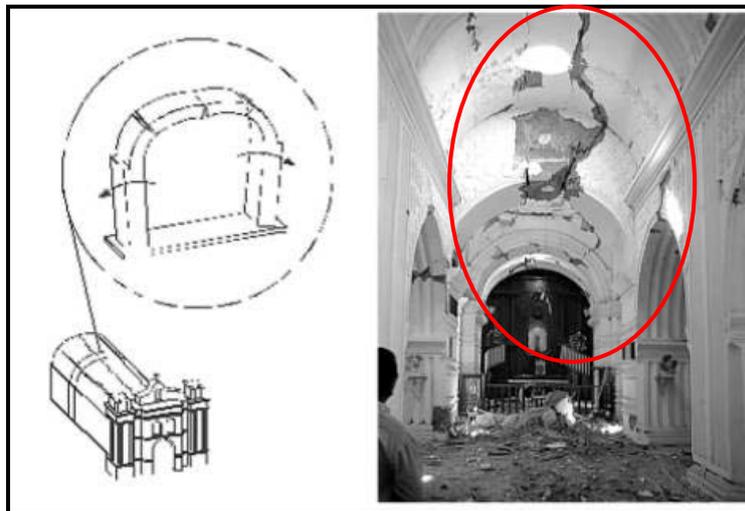
**Figura 6.9** Colapso en la Bóveda Principal de Iglesia. (Sismo de Chile, 27 de Febrero de 2010).

- **Fallas en las Bóvedas de las Iglesias.-**

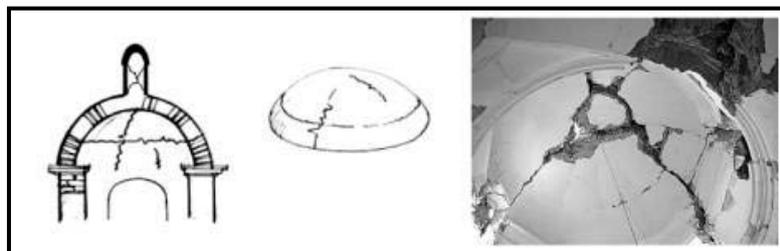
Las bóvedas de eje vertical (torres, ábsides, cúpulas, etc.) la mayoría de veces resisten perfectamente las sacudidas sísmicas. En cambio, las bóvedas de eje horizontal son las más castigadas por los movimientos sísmicos, como se puede observar en las **Figuras 6.10, 6.11 y 6.12.**



**Figura 6.10** Bóveda de Cañón destruida a causa de un sismo.



**Figura 6.11** Agrietamientos en la bóveda de cañón de la Iglesia Nuestra Señora del Pilar en San Vicente. (Sismo del 13 de Febrero de 2001, El Salvador).



**Figura 6.12** Agrietamientos en la bóveda de cañón de la Iglesia Nuestra Señora del Pilar en San Vicente. (13 de Febrero de 2001, El Salvador).

- **Vibración Independiente del Campanario**

Debido a que las características dinámicas de las torres son diferentes a las del resto de la iglesia, los campanarios vibran a manera de apéndices y pueden llegar a sufrir desde daños locales severos hasta el colapso. La **Figura 6.13** muestra los daños en los campanarios de la Catedral de Sonsonate, El Salvador. La **Figura 6.14** muestra otros ejemplos de daños en torres de campanario.



**Figura 6.13** Efectos en los campanarios y efectos antes y después del sismo del 13 de febrero de 2001 en la Catedral de la Santísima Trinidad en Sonsonate, El Salvador.

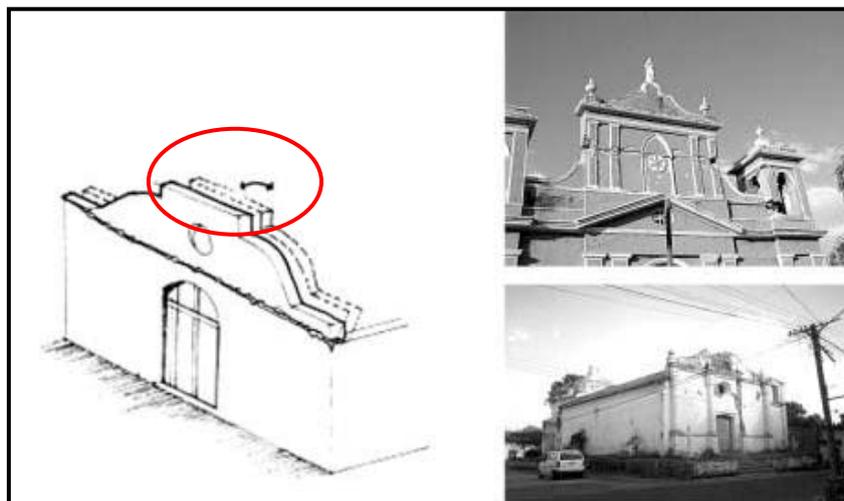
- **Vibración del Frontón en la Dirección Perpendicular a su Plano**

El frontón es el remate triangular en la parte superior de una fachada o de un pórtico, en la **Figura 6.15** se ven los efectos de la fuerza perpendicular al plano en el frontón de la fachada principal de las iglesias. Este efecto fue muy común

en las iglesias estudiadas tanto en los frontones principales como en los laterales.



**Figura 6.14.** Efectos en los campanarios de las Iglesias de Santa Lucía en Santa Ana y San Pedro Apóstol en San Pedro Nonualco. (Sismo del 13 de Febrero de 2001, El Salvador, Guevara L.T. 2005).



**Figura 6.15** Daños en el frontón principal de las Iglesias Santa Lorenzo en Santa Ana y San Miguel Arcángel en Salcoatitán, El Salvador (Guevara L. T. 2005).

En la **Figura 6.16**, se muestran los daños producidos por sismos en el frontón de la fachada principal de la Iglesia San Sebastián en Zacatecoluca, debido al sismo del 13 de enero y 13 de febrero del 2001 en El Salvador, el remate de la fachada principal colapsó y se asentaron los agrietamientos en los diversos

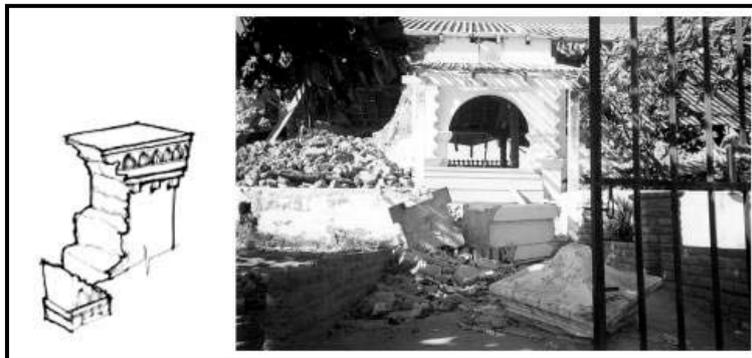
muros de la construcción, especialmente en los laterales que estaban contruidos con adobe.



**Figura 6.16** Daños en el frontón de la Iglesia causado por el sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile.

- **Desprendimiento de Ornamentos**

Se observa en repetidas oportunidades el desprendimiento de ornamentos, como imágenes, figuras escultóricas, símbolos típicos de la zona y otros, como los que se muestran en la **Figura 6.17**.



**Figura 6.17.** Desprendimiento de ornamentos en la Iglesia de Santa María de Ostuma. (Sismo del 13 de Febrero de 2001, El Salvador, Guevara L.T. 2005).

- **Irregularidad en Planta y en elevación**

En el **ANEXO 7** se puede ver la distribución en planta de la Iglesia Matriz de Sangolquí que no es simétrica, lo que la hace también vulnerable; es preferible que la estructura en planta tenga la forma de un cuadrado, si esto no es factible que sea rectangular con una relación de lado mayor a lado menor, que sea menor o igual a 2, para que no exista peligro de colapso en caso de que existiera el fenómeno sísmico.<sup>20</sup>

Es conveniente que cualquier estructura sea regular en elevación para que no colapse en caso de que exista un fenómeno sísmico, y en caso de las iglesias por tener diferentes alturas en sus elementos estructurales van a tener problemas de choque, como por ejemplo el movimiento de la torre con su cúpula en caso de que exista un sismo que actuaría como péndulo invertido.

## **6.2 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES DE LA IGLESIA MATRIZ DE SANGOLQUÍ**

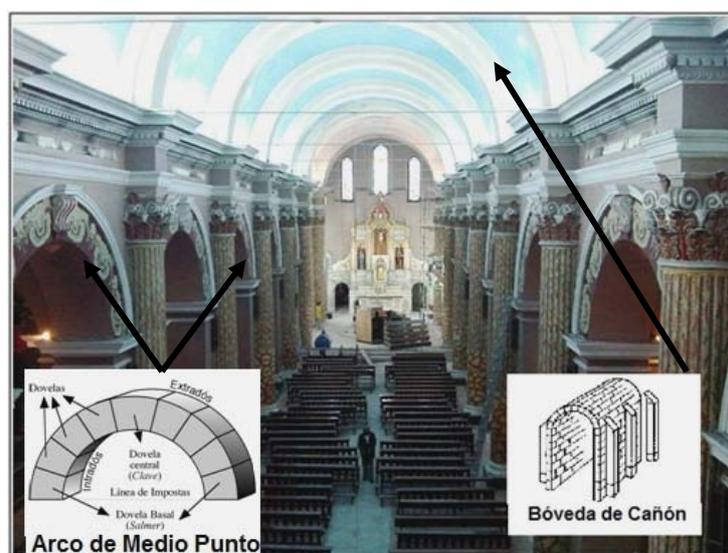
El terremoto del año 1938, deterioró la iglesia; su reconstrucción fue dirigida por el Presbítero Temístocles Cisneros Rumazo y por supuesto con la colaboración de sangolquileños solidarios y progresistas. Es una edificación de arquitectura monumental de estilo ecléctico, con elementos del neoclásico, barroco y modernismo.

---

<sup>20</sup> Aguiar R., (2001).

La Iglesia está compuesta por una cimentación con mampostería de piedra, unida con argamasa de cal y arena. Estructuralmente la edificación se construyó y se comporta como un sistema de masas sostenidas a través de sus muros portantes. El material del soporte es ladrillo, se observan deterioros producidos por la humedad a pesar de lo cual el soporte se encuentra estable y en buenas condiciones.

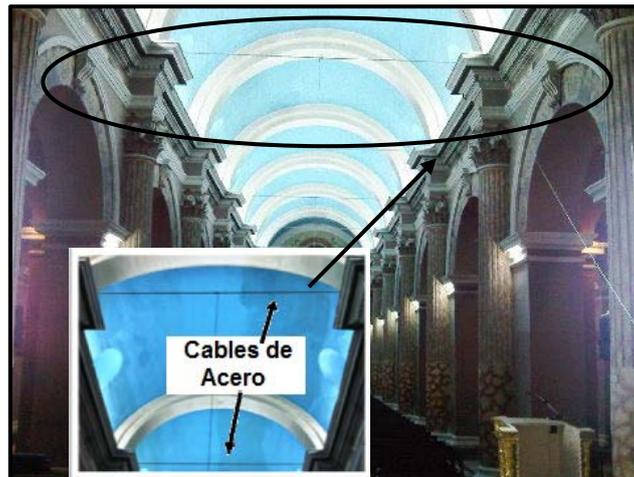
Está conformada por una bóveda central de cañón corrido soportado por columnas de ladrillo unidas entre sí por arcos de medio punto, aquí se observa humedad en baja proporción (ver **Figura 6.18**).



**Figura 6.18** Nave Central Principal de la Iglesia con su bóveda de cañón, arcos, cornisas, pilastras y columnas.

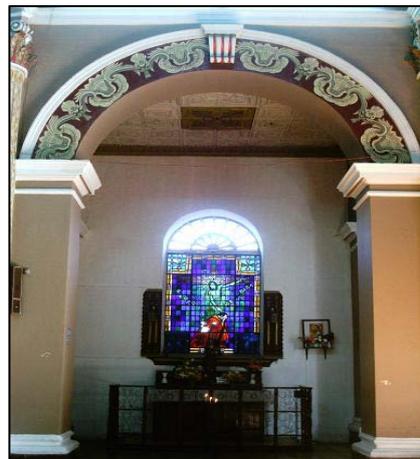
Las naves laterales están conformadas por arcos de medio punto que se arman con las columnas centrales y se soportan con contrafuertes de ladrillo.

En las claves de los arcos existe una fisura, la misma que ha sido solventada por cables de acero colocados en una intervención anterior, (**Figura 6.19**).



**Figura 6.19** Cables de Acero colocados en los Arcos de la Nave Principal.

Se puede apreciar que en conjunto la Iglesia es de gran hermosura con detalles arquitectónicos muy gustosos para la vista, tanto en la parte exterior como interior, lo que se puede observar en la **Figura 6.20**.



**Figura 6.20** Las cenefas, cornisas, lunetos, cielo raso, vanos, etc.

Los muros portantes perimetrales que conforman la edificación están contruidos en ladrillo y tienen una sección de 1.00 metro. Toda la estructura está enlucida con mortero de cal y arena (ver **Figura 6.21**).



**Figura 6.21** Muros Perimetrales Portantes.

La cúpula es de ladrillo y está armada con una malla de hierro producto de una intervención reciente, está recubierta por tejuelo; se observa un alto grado de humedad ocasionada por la caída y acumulación de agua en el anillo de arranque de esta, al no tener como desfogar, la que se desborda sobre un segundo anillo de hormigón en la base del tambor. (Ver **Figura 6.22**)



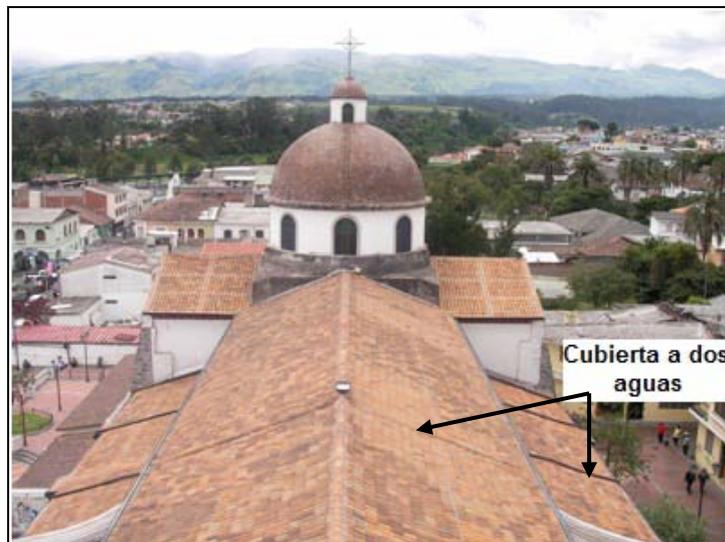
**Figura 6.22** Tambor de la cúpula, pechinas, bóveda y cornisas del Templo.

La fachada se remata en tres torres de hormigón armado, en las que se observa la presencia de vegetación (ver **Figura 6.23**).



**Figura 6.23** Torre Principal.

La cubierta central a dos aguas está conformada por una loseta de hormigón armado, impermeabilizada con CHOVA.



**Figura 6.24** Cubierta de la Iglesia.

La estructura a dos aguas de la cubierta del crucero es de vigas de madera apoyadas sobre una solera de madera que descansa sobre un muro, presenta humedad por filtración de agua lluvia. De igual forma la cubierta de las naves laterales a menor altura que la bóveda central es de vigas de madera a media

agua que se apoyan sobre una solera de madera que descansa sobre un muro, (ver **Figura 6.24**)

La filtración de agua lluvia que se observa en toda la cubierta de la iglesia ha hecho evidente el ataque de hongos en toda la estructura de madera, así como de eflorescencias en los muros y cielo raso de yesería.

El cielo raso de las naves laterales y los cruceros corresponde a yesería que se ha visto seriamente afectada por la humedad, en ciertos tramos se observa inclusive el desprendimiento de las láminas o parte de ellas.

### **6.3 VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA IGLESIA**

Tomando en cuenta las características de los materiales de construcción con que está hecha la Iglesia, las fallas estructurales que tiene y su estado de conservación, ya se puede dar un comentario aproximado de lo que puede ocurrir en caso de un sismo, es así que tomando como referencia aquello en el presente capítulo se realiza un cálculo específico de vulnerabilidad sísmica para la Iglesia matriz de Sangolquí. Es preciso hablar también de la hermosura de su estructura y arquitectura, además de ser una edificación religiosa representativa de Sangolquí, es por esto y más, que se debe dar importancia a un estudio de estas características.

Es así que se calculó la vulnerabilidad mediante la utilización de los programas y metodología descritos en el Capítulo III, y los resultados se indican a continuación en la **Figura 6.25** y de mejor forma en la **Tabla 6.1**:

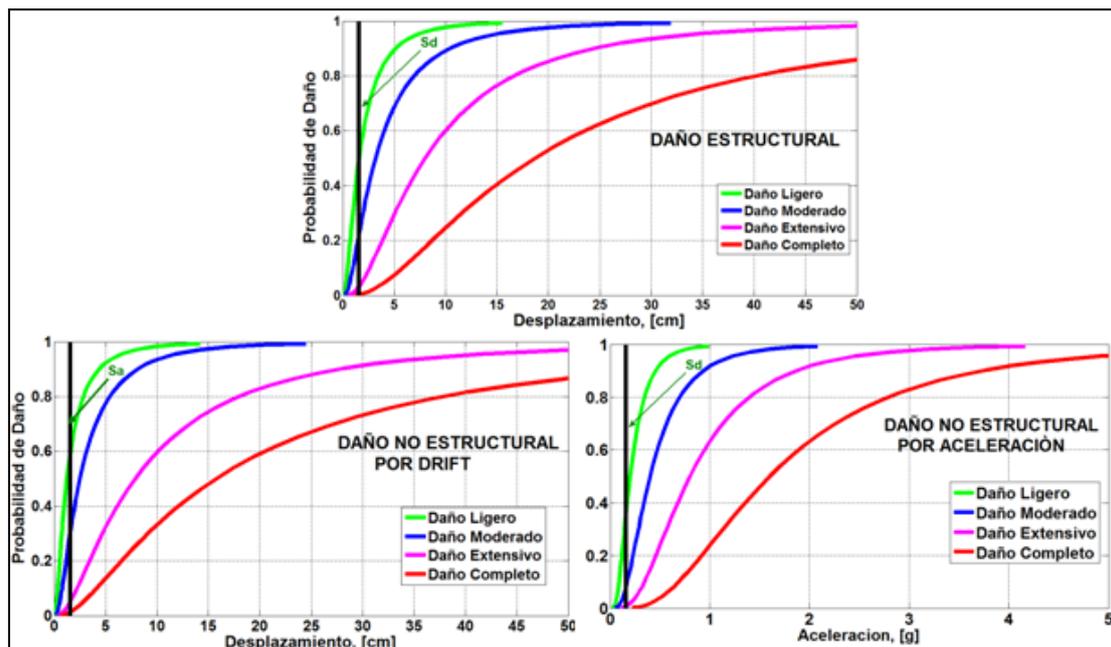


Figura 6.25 Curvas de fragilidad para la Iglesia Matriz de Sangolquí.

Tabla 6.1 Niveles de Daño para la Iglesia:

Zona :	01	Manzana :	014	Predio :	16
Diseño Sísmico :	bajo	Clasificación Estructural :			35
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	21,740	50,000	24,200	3,590	0,470
No estructural por DRIFT	0,000	59,689	33,288	5,294	1,729
Contenidos	52,760	38,210	8,080	0,820	0,130

La descripción de la estructura y el ingreso de datos en los programas utilizados se la hizo mediante un diseño sísmico bajo, clasificación estructural 35 (**ANEXO 2**), es decir estructuras con mampostería no reforzada, el estado de conservación es regular gracias a la presencia de restauraciones realizadas por el FONSAL, sino se la hubiese considerado como un estado de conservación malo.

Así mediante los resultados obtenidos con el ingreso de los datos anteriormente descritos se obtuvo un desplazamiento de 0.016 m. y 1,55 m/s<sup>2</sup>

de aceleración máximos, lo que quiere decir que se tendrá un buen comportamiento en caso de un sismo en cuestión de tiempo de reacción ante el posible evento sísmico, pero como se puede observar en la **Tabla 6.1**, los porcentajes de daños tanto moderado en la estructura es alto, es decir 24,2% así como el daño ligero que es el 50%; porcentajes que son considerablemente altos, tomando en cuenta que es una estructura especial, donde hay gran concurrencia de personas y pueden ser víctimas en caso de un fenómeno sísmico, así como también tomar en cuenta la belleza de la edificación, en caso de un colapso; con estos antecedentes se concluye que la Iglesia Matriz de Sangolquí es vulnerable ante un posible movimiento telúrico.

## **CAPÍTULO VII**

### **COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Es necesario destacar que, investigaciones como la que se realizó en este trabajo son de mucha importancia, por un lado para mejorar y aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil y por otro lado para conocer qué tan vulnerable es una población en caso de que se produzca un sismo, ya que de esto depende el empeño que se muestre de parte de las autoridades y pobladores de una ciudad, ante un fenómeno natural como el mencionado, para que se implementen los preventivos y correctivos correspondientes para evitar una catástrofe. Es así que entendiendo lo anterior y realizada la investigación con sus respectivos resultados se muestran a continuación algunos detalles a ser considerados en un futuro próximo en el Centro Histórico de Sangolquí.

#### **7.1 COMENTARIOS**

Al momento de proyectar edificaciones se debe considerar los sismos, cuya acción es capaz de producir catástrofes; el comportamiento antisísmico inadecuado de las estructuras es la causa principal de pérdidas humanas y económicas.

En lugares con alto riesgo sísmico y buen desarrollo económico, como por ejemplo Estados Unidos y Japón, realizan estudios para mejorar el diseño sismoresistente de estructuras nuevas como edificios, autopistas, puentes, etc., y para desarrollar técnicas de rehabilitación de estructuras con alto riesgo sísmico, la mayoría de veces solo se ha puesto interés en las construcciones actuales y en menor medida, a la verificación o rehabilitación de estructuras antiguas o existentes. Para reducir el número de víctimas humanas y costos materiales es necesario mejorar el diseño sísmico en las estructuras nuevas y el comportamiento de las edificaciones antiguas.

Cuando existen sismos fuertes y para que las estructuras tengan buen comportamiento, es necesario diseñarlas para que sean resistentes a niveles de deformación más altos que los límites elásticos; para sismos moderados las estructuras no deben sufrir daños importantes y para sismos severos, no debe ocurrir el colapso. Al no realizar ningún tipo de diseño antisísmico, la fragilidad y vulnerabilidad de las estructuras es alta y al combinarlo con la peligrosidad del lugar resulta un riesgo sísmico alto.

Si se desea reducir o minimizar el número de pérdidas humanas y económicas cuando ocurre un sismo, es necesario realizar investigaciones de vulnerabilidad sísmica y alertar a las personas que habitan en la población de estudio para que se tome las medidas de precaución y seguridad necesarias.

En las últimas décadas se han incrementado las pérdidas tanto humanas como monetarias a causa de los sismos ocurridos en el mundo, a pesar de los avances tecnológicos en la Ingeniería Sísmica y Estructural. Muchas de las

estructuras se construyen sin criterios antisísmicos a pesar de que los códigos de construcción son más exigentes en la actualidad.

## 7.2 CONCLUSIONES

Realizada la evaluación y cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica para el Centro Histórico de Sangolquí se concluye que:

- La ciudad de Sangolquí fue muy afectada por el sismo de 1938, por esto fue considerable efectuar estudios de Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de Sangolquí y de suma importancia para toda la población en general, para reducir el riesgo sísmico y realizar una mitigación de desastres; además que se llega a entender la funcionalidad y comportamiento de estructuras específicas; lamentablemente no se realizó el estudio de más estructuras por que fue una investigación sin financiamiento.
- Para realizar el estudio de todo el conjunto de 176 edificaciones se optó por la metodología de HAZUS basada en el Método del Espectro de capacidad y ante el sismo especificado en el Código Ecuatoriano de la Construcción, es así que para aplicarla, se realizó programas de computación elaborados en MATLAB, descritos en la presente investigación, una vez realizado aquello fue necesario conocer el número de pisos en las viviendas, altura de las mismas, fallas frecuentes de construcción, además del estado de conservación que tienen las

estructuras; datos que se utilizan durante la ejecución de los programas; cabe mencionar que se necesita tener un buen criterio estructural para la elaboración del cálculo de vulnerabilidad sísmica. Con esto se concluye que la Metodología aplicada en el presente estudio es aceptable y adaptable a cualquier tipología estructural que se desea investigar, sobre todo si se trata de nuestro medio (Ecuador), porque muestra resultados aproximados en los que se puede confiar y tomarlos en consideración para poderlos utilizar en un futuro próximo.

- Por medio de la realización de artículos publicados en diferentes medios relacionados al tema investigado en el presente trabajo, se pudo utilizar y sobre todo dar a conocer los programas elaborados en el Centro de Investigaciones Científicas de la ESPE, dichos programas se pueden observar en la carpeta HAZUS de CEINCI-LAB o también en el disco anexo al presente trabajo.
- Es importante considerar que aún identificadas las fallas estructurales en diferentes viviendas observadas en sismos de todo el mundo, se sigue presentando fallas estructurales en el Centro Histórico de Sangolquí, lo que fue muy determinante y de mucha consideración, en el cálculo de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones estudiadas, razón por la cual es alto el porcentaje de estructuras que no van a tener buen comportamiento estructural, y se describen a continuación. El **47%** de las viviendas estudiadas **colapsan** dado a que son de adobe, tienen fallas estructurales y están en mal estado, el **6%** son **muy vulnerables** por ser estructuras mixtas de adobe con ladrillo y con fallas

estructurales, el **10%** *son vulnerables* por el estado de conservación regular y el **37%** de las estructuras de 176 viviendas *son seguras* por ser la mayoría de ellas de hormigón armado, pero esto no quiere decir que no vayan a ser destruidas por un sismo, solo que van a tener un aceptable comportamiento sísmico. De mejor forma se observa el comportamiento estructural en el Mapa de Vulnerabilidad Sísmica y anexos adjuntos a la investigación.

- El suelo en que están cimentadas las estructuras de Sangolquí, es suelo bueno, ya que proviene de erupciones volcánicas pasadas del volcán Cotopaxi, lo que hace se sean suelos duros y aceptables para la construcción; muchas de las veces el colapso de las estructuras cuando ocurre un sismo se debe a suelos malos donde las edificaciones se asientan o hunden.
- Por medio del cálculo de vulnerabilidad sísmica de la Iglesia Matriz de Sangolquí, y observando varias de las características estructurales descritas y el estado de conservación que no es bueno, hace que esta edificación sea una estructura vulnerable ante un fenómeno sísmico.

### 7.3 RECOMENDACIONES

Realizada la evaluación y cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica para el Centro Histórico de Sangolquí se recomienda que:

- Se debe realizar un formulario de encuesta para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de ciudades para optimizar su cálculo, además de

conocer la ubicación exacta por medio de un croquis o mapa del sitio de estudio y la edificación estudiada, el formulario que se utilizó en esta investigación se puede observar en los anexos del presente trabajo.

- Cuando ocurre un sismo en cualquier lugar que este se produzca; es necesario estudiarlo, conocer su intensidad, así como sus réplicas y lugares donde ocurrieron, daños que se hayan producido y poder realizar de alguna forma una proyección de lo que pueda ocurrir en años venideros, para que no se lamente la pérdida de vidas humanas y económicas, como las que causó el sismo de 1938 en el Valle de los Chillos.
- Ejecutar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en estudios de riesgo sísmico y la reducción de desastres en una determinada población, sobre todo en sitios donde la actividad sísmica es alta.
- Para realizar una evaluación de vulnerabilidad y riesgo sísmico de forma confiable, es necesario disponer de diversas informaciones considerables que no siempre se tiene y que a veces no son verdaderas, por lo tanto, el uso de una metodología probabilística es la que se utilizó y fue la más apropiada en este estudio; es recomendable que se profundice en estudios futuros para poder realizar un estudio más detallado o de toda la población de Sangolquí en general.
- Para minimizar el número de víctimas y pérdidas materiales en caso de un sismo, es necesario mejorar el diseño sísmico en las estructuras nuevas, así como también el comportamiento de las estructuras antiguas del Centro Histórico de Sangolquí.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar R. y Barona D., (2010), Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica Con Hazus-99 Adaptado Al Ecuador Utilizando Ceinci-Lab. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, Quito.
- Aguiar R., (2010,1), “Análisis de tres sismos interplaca tipo thrust registrados en: Chile 2010, Perú 2007 y Ecuador 1998”, Revista Sul Americana de Engenharia Estructural, En revisión arbitral, Brasil.
- Aguiar R., (2008), Análisis Sísmico de Edificios, Centro de Investigaciones Científicas, Escuela Politécnica del Ejército, 322 p., Quito.
- Aguiar R., (2007) Factor de reducción de las fuerzas sísmicas en Edificios de Hormigón Armado, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, 117 p., Quito.
- Aguiar R., (2002), Sistema de computación CEINCI3 para evaluar daño sísmico en los Países Bolivarianos, Centro de Investigaciones Científicas, Escuela Politécnica del Ejército, 302 p., Quito.
- Aguiar R., (2001), Sismos de El Salvador del 2001, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, 122 p., Quito.
- ATC-40 (1996), Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings, Applied Technology Council, ATC, Redwood City, California.
- Barbat, A. 1998. El riesgo sísmico en el diseño de edificios, calidad siderúrgica Madrid, España.

- Belén Benito y María Esther Jiménez. (1999). Peligrosidad Sísmica. Revista de Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación. (UPM).
- Bommer J., Salazar, W. y Samayoa, R. 1998. Riesgo sísmico en la región metropolitana de San Salvador. Programa Salvadoreño de Investigación sobre desarrollo y medio ambiente. San Salvador, El Salvador.
- Bonett, Ricardo. 2003. Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de Edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.
- CEC-2000, (2000), Código Ecuatoriano de la Construcción. Ecuador.
- Chopra A. and Goel R., (2000), "Evaluation of NSP to Estimate Seismic Deformation: SDF systems", Journal of Structural Engineering ASCE, 126 (4), 482-490.
- Egred J., (2010), "Isosistas del sismo registrado en el Valle de los Chillos", Entregadas personalmente a Diego Barona en el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, Quito.
- Fajfar P. y EERI M. (2000). "A nonlinear analysis method for performance based seismic design", Earthquake Spectra.
- Fourier d'Albe, E. 1988. An approach to earthquake risk management. Engineering Structures.
- FEMA 273 y 274 NEHRP, (1996), "Guidelines for the seismic rehabilitation of buildings", Federal Emergency Management Agency.
- Freeman S. A., Nicoletti J. P., and Tyrell J. V., (1975), "Evaluation of existing buildings for seismic risk - A case study of Puget Sound Naval

- Shipyards, Bremerton, Washington", Proceedings of the 6th U. S. National Conference on Earthquake Engineering, Seattle.
- Freeman S. A., (1978), "Prediction of response of concrete buildings to severe earthquake motion", American Concrete Institute, SP-55, 585-605, Detroit.
  - Guevara, L.T. (2002a). Efectos de los sismos de 2001 en el patrimonio cultural en El Salvador. Memorias de las III Jornadas Latinoamericanas de Arquitectura y Urbanismo 2002, Institut CATALA de Cooperació Iberoamericana –ICCI-, Barcelona, España, 105-120.
  - González Moya (2003). Informes técnicos de Mecánica de Suelos. Gobierno Municipal del Cantón Rumiñahui. Sangolquí.
  - José Martín Velásquez Vargas, 2006. Estimación de pérdidas por sismo en edificios peruanos mediante Curvas de Fragilidad analíticas. Tesis de Magíster en Ingeniería Civil. Lima - Perú.
  - HAZUS (1999), Earthquake Loss Estimation Methodology, Federal Emergency Management Agency FEMA and National Institute of Building Sciences NIBS, Vol 5, Chapter 5, Washington DC.
  - Historia de los terremotos y erupciones volcánicas en el Ecuador, 2000. Siglos XVI–XX. Crónicas y relaciones de Kolberg, Martínez, Whympers, Wolf, Yturralde y otros. Quito. Taller de estudios andinos.
  - Ilustre Municipio del Cantón Rumiñahui (2003). Plan de Conservación del Centro Histórico de Sangolquí. Dirección de Planificación y Desarrollo. Sangolquí.
  - Kellogg and V. Vega. Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian andes: Constraints from global positioning system

- geodetic studies and gravity. Geologic and Tectonic Development of the Caribbean plate boundary in southern Central America.
- Kuroiwa, J. 2002. Reducción de desastres – Viviendo en armonía con la naturaleza. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Lima, Perú.
  - Mahaney J. A., Paret T. F., Kehoe B. E., and Freeman S. A., (1993), "The capacity Spectrum Method for evaluating structural response during the Loma Prieta earthquake", Proceedings of the 1993 U.S. National Earthquake Conference, Memphis.
  - Sandi, H. (1986). "Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems", Proceeding of the eighth European Conference on Earthquake Engineering.
  - SEAOC, (1995), "Vision 2000 Report on performance based seismic engineering of buildings", Structural Engineers Association of California, Volume I , Sacramento.

## **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS:**

- <http://www.arqui.com>
- <http://www.wikipedia.com>
- [http://www.paho.org/spanish/ped/ELS\\_2001.htm](http://www.paho.org/spanish/ped/ELS_2001.htm)
- [www.proteccioncivil.org](http://www.proteccioncivil.org)

## ARTÍCULOS REALIZADOS

- Aguiar R. y Barona D. (2010). “Evaluación De La Vulnerabilidad Sísmica Con Hazus-99 Adaptado Al Ecuador Utilizando Ceinci-Lab”. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Artículo a ser publicado en la Revista del Colegio de Ingenieros Civiles de Loja. Ecuador
- Aguiar R. y Barona D. (2010). “El Centro Histórico De Sangolquí Es Muy Vulnerable Ante Un Terremoto”. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Artículo a ser publicado en Revista ESPEctativa de la ESPE. Ecuador
- Aguiar R. y Barona D. (2011). “El Centro Histórico De Sangolquí Es Muy Vulnerable Ante Un Terremoto”. Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Artículo a ser publicado en Revista CIENCIA, Vol. **14**, **1**, 1-25.

## ANEXO 1

## Cuadro de intensidades del Sismo de 1938:

PARAMETROS EPICENTRALES								
FECHA			COORDENADAS			M	ESC	
A	M	D	Lugar	LAT	LONG			ELEV
1938	08	10	JATUNPUNGO	-0,33	-78,46	2550	8	K
1938	08	10	ILALO	-0,27	-78,44	3000	8	K
1938	08	10	JERUSALEN (La Compañía)	-0,29	-78,42	2587	7	K
1938	08	10	SAN PEDRO TABOADA	-0,32	-78,48	2500	7	K
1938	08	10	EL TINGO	-0,31	-78,42	2520	7	K
1938	08	10	ALANGASI	-0,29	-78,39	2598	7	K
1938	08	10	CHAUPICHILLO	-0,32	-78,43	2510	7	K
1938	08	10	SANGOLQUI	-0,32	-78,44	2510	7	K
1938	08	10	GUANGOPOLO	-0,60	-78,45	2400	7	K
1938	08	10	PASOCHOA	-0,49	-78,50	3700	7	K
1938	08	10	LA TOLA	-0,27	-78,40	2730	7	K
1938	08	10	LA MERCED	-0,28	-78,40	2540	7	K
1938	08	10	SAN PEDRO	-0,33	-78,46	2500	7	K
1938	08	10	CONOCOTO	-0,27	-78,47	2536	7	K
1938	08	10	SAN JUAN	-0,41	-78,46	2750	7	K
1938	08	10	CHILLOGALLO	-0,30	-78,58	2886	6	K
1938	08	10	QUITO	-0,22	-78,50	2818	6	K
1938	08	10	TUMBACO	-0,22	-78,40	2348	6	K
1938	08	10	GUAPULO	-0,19	-78,46	2560	6	K
1938	08	10	CUMBAYA	-0,20	-78,43	2810	6	K
1938	08	10	ANGAMARCA	-1,10	-78,93	3970	6	K
1938	08	10	TAMBILLO	-0,41	-78,53	2785	6	K
1938	08	10	SANTA ROSA	-0,38	-78,52	2800	6	K
1938	08	10	AMAGUAÑA	-0,38	-78,45	2580	6	K
1938	08	10	PINTAG	-0,36	-78,37	2760	6	K
1938	08	10	COTOCOLLAO	-0,10	-78,49	2784	5	K
1938	08	10	UYUMBICHO	-0,40	-78,53	2750	5	K
1938	08	10	MACHACHI	-0,50	-78,56	2950	5	K
1938	08	10	YARUQUI	-0,17	-78,32	2570	4	K
1938	08	10	EL QUINCHE	-0,10	-78,29	2030	4	K
1938	08	10	PUEMBO	-0,15	-78,35	2478	4	K
1938	08	10	PIFO	-0,22	-78,33	2616	4	K
1938	08	10	AMBATO	-1,23	-78,62	2540	3	K
1938	08	10	CAYAMBE	0,05	-78,13	2812	3	K
1938	08	10	CALDERON	-0,09	-78,41	2670	3	K
1938	08	10	ATUNTAQUI	0,34	-78,23	2350	3	K
1938	08	10	POMASQUI	-0,05	-78,45	2560	3	K
1938	08	10	OTAVALO	0,22	-78,26	2556	3	K
1938	08	10	LATACUNGA	-0,93	-78,61	2740	3	K
1938	08	10	IBARRA	0,36	-78,11	2228	3	K
1938	08	10	ICHALILLO	-	-	-	7	K
1938	08	10	TOLONTAG	-	-	-	8	K
1938	08	10	PINANTURA	-	-	-	5	K

Fuente: Egred José, Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional.

## ANEXO 2

Nomenclatura de los sistemas estructurales que considera HAZUS-99:

Clasificación Estructural	Descripción	Altura		
		Rango		Valor Típico
		Nombre	Pisos	Piso
1	Estructuras de Madera Liviana.		1 - 2	1
2	Estructuras de Madera para Industria.		Todos	2
3	Pórticos de acero compuestos por vigas y columnas. Se usan diafragmas horizontales para transmitir cargas.	Bajo	1 - 3	2
4		Mediano	4 - 7	5
5		Alto	8 +	13
6	Pórticos arrojados de acero con diagonales. Además tienen columnas y vigas.	Bajo	1 - 3	2
7		Mediano	4 - 7	5
8		Alto	8 +	13
9	Pórticos de acero liviano.		Todos	1
10	Pórticos de acero con muros de corte. El pórtico resiste la carga vertical y el muro el sismo. También incluye sistema dual	Bajo	1 - 3	2
11		Mediano	4 - 7	5
12		Alto	8 +	13
13	Pórticos de acero con paredes de bloque sin reforzar para resistir sismo. Es un edificio antiguo.	Bajo	1 - 3	2
14		Mediano	4 - 7	5
15		Alto	8 +	13
16	Pórticos de vigas y columnas de hormigón armado. Se incluyen edificios antiguos y modernos.	Bajo	1 - 3	2
17		Mediano	4 - 7	5
18		Alto	8 +	12
19	Pórticos con muros de corte para resistir la acción sísmica.	Bajo	1 - 3	2
20		Mediano	4 - 7	5
21		Alto	8 +	12
22	Pórticos de hormigón armado con paredes sin reforzar. Edificios antiguos que pueden tener problemas con sismos.	Bajo	1 - 3	2
23		Mediano	4 - 7	5
24		Alto	8 +	12
25	Casa Prefabricada de hormigón		Todos	1
26	Pórticos de Concreto Prefabricado con muros de corte de hormigón.	Bajo	1 - 3	2
27		Mediano	4 - 7	5
28		Alto	8 +	12
29	Mampostería Reforzada confinado con elementos de madera o metal.	Bajo	1 - 3	2
30		Mediano	4 - 7	5
31	Estructuras con mampostería reforzada con diafragmas de concreto prefabricado.	Bajo	1 - 3	2
32		Mediano	4 - 7	5
33		Alto	8 +	12
34	Estructuras con mampostería no reforzada.	Bajo	1 - 2	1
35		Mediano	3 +	3
36	Casas Móviles.		Todas	1

Fuente: Aguiar R., (2002), Sistema de computación CEINCI3 para evaluar daño sísmico en los Países Bolivarianos, Centro de Investigaciones Científicas, Escuela Politécnica del Ejército, 302 p., Quito.

### ANEXO 3

#### Formulario de Encuesta para Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Ciudades

(Lado Frontal)

#### EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE CIUDADES

Elaborado Por:..... Fecha:.....

#### UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA:

Zona:.....Manzana:.....Predio:.....Ciudad:.....

Dirección:.....

#### INFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA:

Número de pisos:..... Altura total (medida desde la base de la estructura):.....

Área de la edificación m<sup>2</sup> (Aprox.):.....Años de la edificación:.....

Estado de conservación:.....

Tipo de materiales:.....

Tipo de suelo: Duro.....Semiduro.....Blando..... Muy Blando.....

Uso de la estructura:.....

Regular en planta? :.....Regular en elevación?:.....

Probabilidad de ampliación de la edificación?:.....

Tipo de estructura: Básica (Vivienda, oficinas, etc.):.....

Especial (Colegios, Policía, etc.):.....Esencial (Hospitales, Clínicas, etc.):.....

Tipo de falla estructural (en caso de tenerla):

Piso Blando?.....Columna corta?:.....

Golpeteo de edificios?:.....Edificio abierto?:.....

Otra falla?:.....

#### INFORMACIÓN A SER LLENADA EN LA OFICINA

**DATOS OBTENIDOS:** Zona Sísmica:.....

Nivel de diseño sísmico:.....Clasificación estructural:.....

Desplazamiento Punto de Demanda:.....

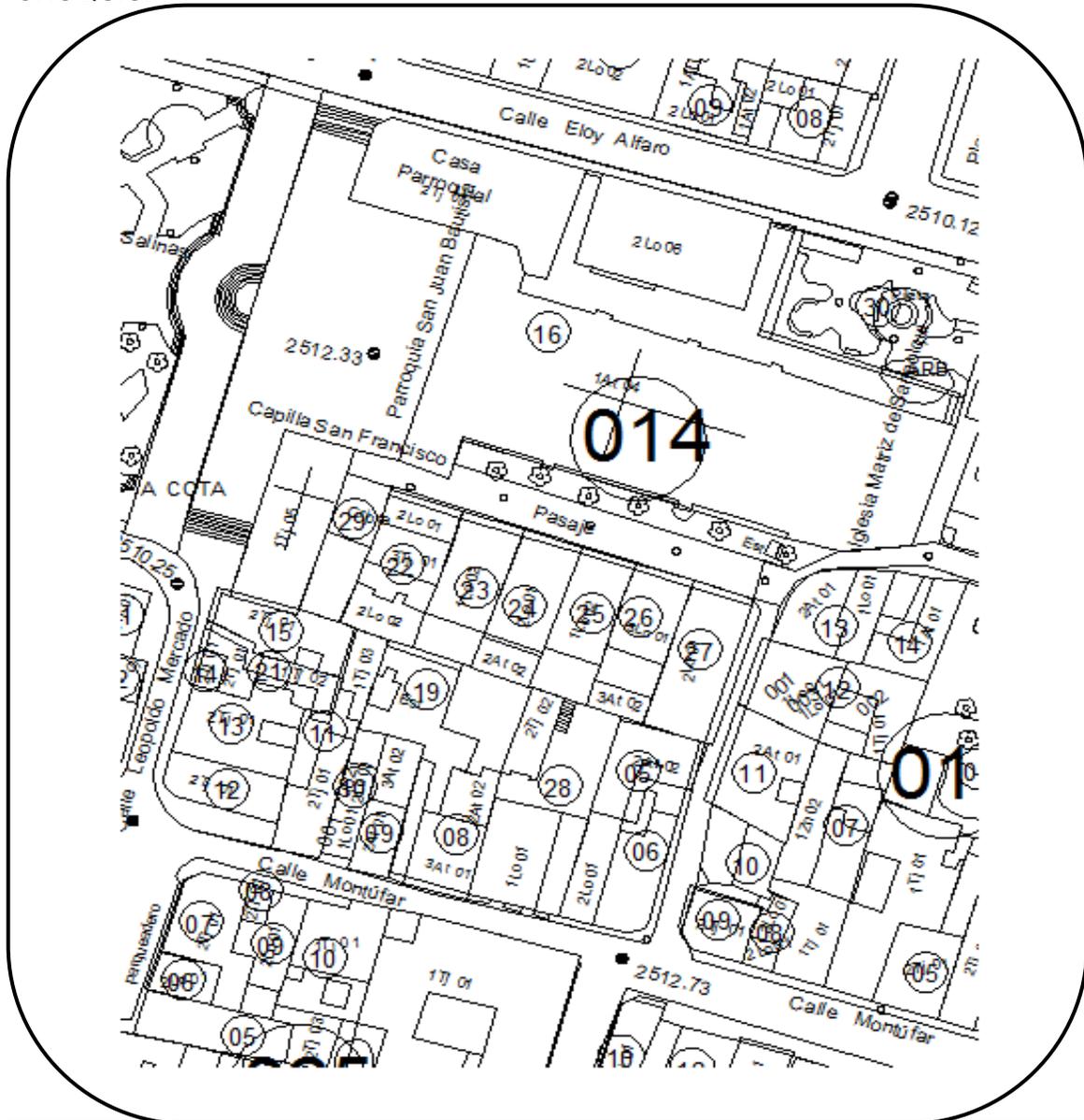
Aceleración Punto de Demanda:.....

DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural					
No estructural por DRIFT					
Contenidos					

### Formulario de Encuesta para Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Ciudades

(Lado Posterior)

CROQUIS:



**OBSERVACIONES:** .....

.....

.....

.....

.....

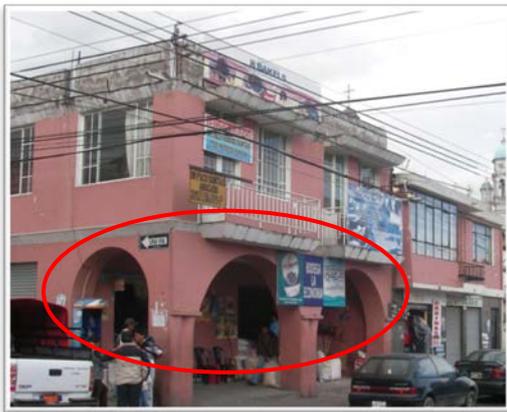
.....

**ANEXO 4****FALLAS ESTRUCTURALES FRECUENTES OBSERVADAS EN LA INVESTIGACIÓN:****ESTRUCTURAS DE ADOBE**

**ANTEPECHO SIN CONFINAMIENTO**



**PISO BLANDO**



**ESTADO DE CONSERVACIÓN (REGULAR Y MALO)**



**IRREGULAR EN ELEVACIÓN**



### CASAS CON VOLADIZOS



### GOLPETEO DE EDIFICIOS



## ANEXO 5

**TABLAS DE LOS PORCENTAJES O NIVELES DE DAÑO CALCULADOS  
EN LAS ESTRUCTURAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE SANGOLQUÍ:**

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 01	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 35			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	59,672	33,279	6,451	0,599
No estructural por DRIFT	0,000	59,689	33,288	5,294	1,729
Contenidos	52,760	38,210	8,080	0,820	0,130

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 02	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 03	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	48,7521	32,4450	14,9394	3,8635
No estructural por DRIFT	0,0000	45,9587	36,0334	14,1124	3,8955
Contenidos	0,0000	65,3406	29,1505	5,1781	0,3307

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 04	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	48,7521	32,4450	14,9394	3,8635
No estructural por DRIFT	0,0000	45,9587	36,0334	14,1124	3,8955
Contenidos	0,0000	65,3406	29,1505	5,1781	0,3307

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 05	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 06	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,086	30,558	23,172	12,184
No estructural por DRIFT	0,000	32,059	30,157	22,686	15,098
Contenidos	0,000	56,091	32,449	10,299	1,162

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 07	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	47,648	35,024	14,631	2,697
No estructural por DRIFT	0,000	40,888	35,056	16,997	7,059
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 08	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	49,078	33,616	15,070	2,236
No estructural por DRIFT	0,000	42,176	35,396	16,092	6,337
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 09	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 17			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	58,513	36,545	4,522	0,420
No estructural por DRIFT	0,000	42,587	37,479	14,943	4,991
Contenidos	25,200	53,980	18,410	2,280	0,130

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 10	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 17			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,0000	58,5133	36,5446	4,5224	0,4197
No estructural por DRIFT	0,0000	42,5871	37,4789	14,9430	4,9911
Contenidos	25,2000	53,9800	18,4100	2,2800	0,1300

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 11	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 12	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 13	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	2,310	65,540	27,430	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 14	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	31,070	42,070	21,190	5,480	0,190
No estructural por DRIFT	0,000	55,788	35,810	6,878	1,524
Contenidos	45,220	42,070	11,510	1,070	0,130

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 15	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	53,0800	34,4600	11,5100	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	53,0789	36,5489	8,5615	1,8107
Contenidos	24,6100	53,9800	18,4100	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 16	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	17,8200	57,9300	21,1900	2,8700	0,1900

Zona : 01		Manzana : 007		Predio : 17	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	17,1000	57,9300	21,1900	3,5900	0,1900

Zona : 01		Manzana : 008		Predio : 03	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	34,0500	46,0200	18,4100	1,3900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	50,5343	36,6698	10,3005	2,4954
Contenidos	17,8200	57,9300	21,1900	2,8700	0,1900

Zona : 01		Manzana : 008		Predio : 06	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,0000	49,4919	34,0994	14,4513	1,9573
No estructural por DRIFT	0,0000	43,5011	35,6750	15,1657	5,6582
Contenidos	17,8800	57,9300	21,1900	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 008		Predio : 09	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	34,9300	42,0700	18,4100	4,4600	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	56,9651	35,2263	6,1584	1,6502
Contenidos	50,9100	38,2100	9,6800	1,0700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 008		Predio : 10	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	17,1000	57,9300	21,1900	3,5900	0,1900

Zona : 01		Manzana : 008		Predio : 13	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	58,7200	30,8500	9,6800	0,6200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	54,6264	36,1409	7,7062	1,5265
Contenidos	31,7200	50,0000	15,8700	2,2800	0,1300

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 01	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	11,6400	57,9300	27,4300	2,8700	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	45,9214	36,8265	13,3265	3,9256
Contenidos	10,1600	61,7900	24,2000	3,5900	0,2600

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 06	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	43,1600	42,0700	13,5700	1,0700	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	51,5446	36,8500	9,4645	2,1410
Contenidos	24,6100	53,9800	18,4100	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 09	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	17,8200	57,9300	21,1900	2,8700	0,1900

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 10	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	17,8200	57,9300	21,1900	2,8700	0,1900

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 13-001	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	53,0800	34,4600	11,5100	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	53,0789	36,5489	8,5615	1,8107
Contenidos	27,7400	53,9800	15,8700	2,2800	0,1300

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 13-002	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	22,4200	53,9800	21,1900	2,2800	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	47,0492	37,1449	12,3868	3,4192
Contenidos	10,1600	61,7900	24,2000	3,5900	0,2600

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 14	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	9,2900	61,7900	24,2000	4,4600	0,2600

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 15	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	26,8900	50,0000	21,1900	1,7900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	48,1887	36,2516	12,6868	2,8729
Contenidos	9,2900	61,7900	24,2000	4,4600	0,2600

Zona : 01		Manzana : 009		Predio : 17	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	22,4200	53,9800	21,1900	2,2800	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	47,0492	37,1449	12,3868	3,4192
Contenidos	10,1600	61,7900	24,2000	3,5900	0,2600

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 07	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	53,0800	34,4600	11,5100	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	53,0789	36,5489	8,5615	1,8107
Contenidos	24,6100	53,9800	18,4100	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 09	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	3,6400	61,7900	30,8500	3,5900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	44,4620	36,6763	14,3569	4,5048
Contenidos	9,2900	61,7900	24,2000	4,4600	0,2600

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 10	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,0000	64,9039	30,5506	4,4167	0,1287
No estructural por DRIFT	0,0000	42,8238	36,5710	15,4460	5,1591
Contenidos	1,2000	65,5400	27,4300	5,4800	0,3500

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 12-001	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 17			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	59,9943	35,6557	3,9079	0,4421
No estructural por DRIFT	0,0000	43,4930	38,4680	13,7306	4,3083
Contenidos	32,2100	50,0000	15,8700	1,7900	0,1300

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 14	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	63,3126	31,5510	5,0174	0,1190
No estructural por DRIFT	0,0000	41,4988	36,2130	16,4471	5,8411
Contenidos	0,0000	65,2666	29,1175	5,1723	0,4436

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 15	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,6400	61,7900	30,8500	3,5900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	44,4620	36,6763	14,3569	4,5048
Contenidos	5,4500	65,5400	24,2000	4,4600	0,3500

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 16	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,8100	53,9800	34,4600	6,6800	1,0700
No estructural por DRIFT	0,0000	45,1600	36,2850	13,7150	4,8400
Contenidos	44,9000	42,0700	11,5100	1,3900	0,1300

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 18	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	65,1700	24,2000	9,6800	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	56,6687	35,9363	6,3095	1,0854
Contenidos	58,1100	34,4600	6,6800	0,6200	0,1300

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 19	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	63,3126	31,5510	5,0174	0,1190
No estructural por DRIFT	0,0000	41,4988	36,2130	16,4471	5,8411
Contenidos	0,0000	65,2666	29,1175	5,1723	0,4436

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 20	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,6400	61,7900	30,8500	3,5900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	44,4620	36,6763	14,3569	4,5048
Contenidos	9,2900	61,7900	24,2000	4,4600	0,2600

Zona : 01		Manzana : 012		Predio : 21	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,6400	61,7900	30,8500	3,5900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	44,4620	36,6763	14,3569	4,5048
Contenidos	9,2900	61,7900	24,2000	4,4600	0,2600

Zona : 01		Manzana : 019		Predio : 02	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	65,1700	24,2000	9,6800	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	56,6687	35,9363	6,3095	1,0854
Contenidos	61,8700	30,8500	6,6800	0,4700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 019		Predio : 07	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 17			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	58,5133	36,5446	4,5224	0,4197
No estructural por DRIFT	0,0000	42,5871	37,4789	14,9430	4,9911
Contenidos	17,8800	57,9300	21,1900	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 01	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 02	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 03	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 04	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 05	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 06	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 07	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 08	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 09	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 10	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 11	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 12	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 17			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	59,9943	35,6557	3,9079	0,4421
No estructural por DRIFT	0,0000	43,4930	38,4680	13,7306	4,3083
Contenidos	32,2100	50,0000	15,8700	1,7900	0,1300

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 13	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	34,626	30,491	22,394	12,489
No estructural por DRIFT	0,000	32,875	30,924	22,049	14,153
Contenidos	0,000	55,425	32,940	10,455	1,179

Zona : 01		Manzana : 020		Predio : 14	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	53,0800	34,4600	11,5100	0,8200	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	53,0789	36,5489	8,5615	1,8107
Contenidos	24,6100	53,9800	18,4100	2,8700	0,1300

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 05	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	65,170	24,200	9,680	0,820	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	56,669	35,936	6,310	1,085
Contenidos	66,610	27,430	5,480	0,350	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 06	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	54,0600	30,8500	13,5700	1,3900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	55,4570	35,1840	8,0994	1,2596
Contenidos	58,1100	34,4600	6,6800	0,6200	0,1300

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 08	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural :			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	58,180	33,919	7,173	0,728
No estructural por DRIFT	0,000	57,436	33,485	7,081	1,998
Contenidos	47,050	42,070	9,680	1,070	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 09	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural :			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	58,180	33,919	7,173	0,728
No estructural por DRIFT	0,000	57,436	33,485	7,081	1,998
Contenidos	47,050	42,070	9,680	1,070	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 10-002	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	5,450	65,540	24,200	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 11	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 12	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 13	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	54,0600	30,8500	13,5700	1,3900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	55,4570	35,1840	8,0994	1,2596
Contenidos	58,1100	34,4600	6,6800	0,6200	0,1300

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 14	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 15	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

<b>IGLESIA</b> -Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 16	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 35			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	21,740	50,000	24,200	3,590	0,470
No estructural por DRIFT	0,000	59,689	33,288	5,294	1,729
Contenidos	52,760	38,210	8,080	0,820	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 19	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 21	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	48,752	32,445	14,939	3,864
No estructural por DRIFT	0,000	45,959	36,033	14,112	3,896
Contenidos	0,000	65,341	29,151	5,178	0,331

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 22	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 23	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	54,0600	30,8500	13,5700	1,3900	0,1300
No estructural por DRIFT	0,0000	55,4570	35,1840	8,0994	1,2596
Contenidos	58,1100	34,4600	6,6800	0,6200	0,1300

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 24	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 25	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 26	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 27	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 28	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 01/001	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 02	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 04	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 014		Predio : 05	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 06	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	47,648	35,024	14,631	2,697
No estructural por DRIFT	0,000	40,888	35,056	16,997	7,059
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 07	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 08	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 10	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 11	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 13	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 015		Predio : 14	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 01	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 02-001	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 04	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 05	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 06	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 07	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 08	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 09	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 11	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 017		Predio : 13	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,0000	64,9039	30,5506	4,4167	0,1287
No estructural por DRIFT	0,0000	42,8238	36,5710	15,4460	5,1591
Contenidos	1,2000	65,5400	27,4300	5,4800	0,3500

Zona : 01		Manzana : 027		Predio : 01	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 02	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 03	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 04	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 05	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 06	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 07	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 08	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	2,220	65,540	27,430	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 09	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	63,313	31,551	5,017	0,119
No estructural por DRIFT	0,000	41,499	36,213	16,447	5,841
Contenidos	0,000	67,444	26,753	5,345	0,458

Zona : 01		Manzana : 025		Predio : 10	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 02	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	47,648	35,024	14,631	2,697
No estructural por DRIFT	0,000	40,888	35,056	16,997	7,059
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 03	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 04	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 05	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 06	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	47,648	35,024	14,631	2,697
No estructural por DRIFT	0,000	40,888	35,056	16,997	7,059
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 07	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 08	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 09	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 10-001	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 12	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 13	
Diseño Sísmico : bajo		Clasificación Estructural : 22			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	47,648	35,024	14,631	2,697
No estructural por DRIFT	0,000	40,888	35,056	16,997	7,059
Contenidos	17,820	57,930	21,190	2,870	0,190

Zona : 01		Manzana : 026		Predio : 14	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 01	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	2,220	65,540	27,430	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 2	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	11,640	57,930	27,430	2,870	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	45,921	36,827	13,327	3,926
Contenidos	9,290	61,790	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 04	
Diseño Sísmico : moderado		Clasificación Estructural : 16			
<b>DAÑO:</b>	<b>SIN DAÑO</b>	<b>LIGERO</b>	<b>MODERADO</b>	<b>EXTENSIVO</b>	<b>COMPLETO</b>
	%	%	%	%	%
Estructural	0,000	64,904	30,551	4,417	0,129
No estructural por DRIFT	0,000	42,824	36,571	15,446	5,159
Contenidos	1,200	65,540	27,430	5,480	0,350

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 05	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	5,450	65,540	24,200	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 06	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	5,450	65,540	24,200	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 01	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 040		Predio : 02	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	43,160	42,070	13,570	1,070	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	51,545	36,850	9,465	2,141
Contenidos	24,610	53,980	18,410	2,870	0,130

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 03-001	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	5,450	65,540	24,200	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 04	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 06	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 07	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 08	
Diseño Sísmico : alto		Clasificación Estructural : 16			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	3,640	61,790	30,850	3,590	0,130
No estructural por DRIFT	0,000	44,462	36,676	14,357	4,505
Contenidos	5,450	65,540	24,200	4,460	0,350

Zona : 01		Manzana : 032		Predio : 09	
Diseño Sísmico : muy bajo		Clasificación Estructural : 34			
DAÑO:	SIN DAÑO %	LIGERO %	MODERADO %	EXTENSIVO %	COMPLETO %
Estructural	0,000	51,227	32,883	12,404	3,486
No estructural por DRIFT	0,000	48,450	34,503	13,544	3,503
Contenidos	5,540	65,540	24,200	4,460	0,260

## ANEXO 6

TIPOS DE FALLAS ESTRUCTURALES OBSERVADAS EN MANZANAS  
Y CLASIFICACIÓN SEGÚN SU VULNERABILIDAD SÍSMICA :

Código	Tipo De Falla
01	Estructura De Adobe
02	Antepecho Sin Confinamiento
03	Piso Blando
04	Estado de Conservación Bueno/Regular/Malo
05	Ampliación
06	Irregular En Elevación
07	Mampostería No Confinada
08	Casas Con Voladizos < a 1 m.
09	Casas Con Voladizos de 1 a 2 m.
10	Golpeteo De Edificios
11	Edificio Abierto

## GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA :

SIMBOLOGÍA			
Colapso	~	Rojo	
Muy Vulnerable	~	Azul	
Vulnerable	~	Morado	
Es segura	~	Verde	

A continuación se muestra la lista de viviendas según la encuesta realizada con las fallas descritas anteriormente y su clasificación de vulnerabilidad

Zona/Manzana/Predio	Código											Grado
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
<b>Manzana 007</b>												
01 - 007 - 01	1		1	R						1	1	
01 - 007 - 02	1		1	R						1		
01 - 007 - 03	1		1	R						1		
01 - 007 - 04	1		1	R						1		
01 - 007 - 05	1		1	R						1		
01 - 007 - 06	1		1	R						1		
01 - 007 - 07			1	R						1		
01 - 007 - 08			1	R				1		1	1	
01 - 007 - 09				R	1				1	1		
01 - 007 - 10				R	1	1	1	1		1		
01 - 007 - 11	1		1	B		1				1	1	
01 - 007 - 12	1			B						1		
01 - 007 - 13	1			B						1		
01 - 007 - 14				R			1			1		
01 - 007 - 15				B						1		
01 - 007 - 16				B						1		
01 - 007 - 17		1		R	1	1			1	1	1	
<b>Manzana 008</b>												
01 - 008 - 02	1			R		1				1		
01 - 008 - 03				B				1		1	1	
01 - 008 - 04	1			R								
01 - 008 - 05	1	1		R					1	1		

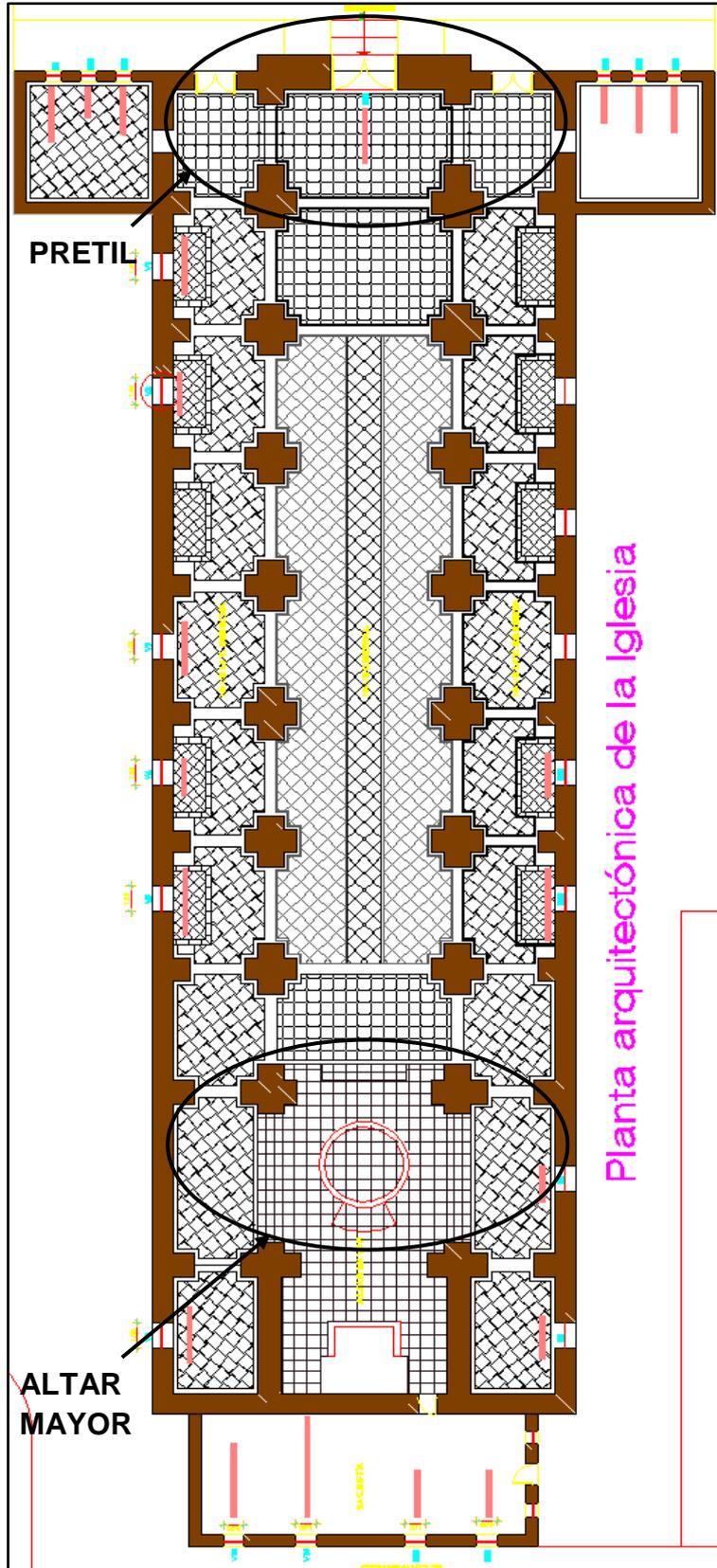
Zona/Manzana/Predio	Código											Grado
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
01 - 008 - 06		1		R					1	1		
01 - 008 - 07	1	1		R					1	1		
<b>Manzana 008</b>												
01 - 008 - 08	1	1		R					1	1	1	
01 - 008 - 09				R						1		
01 - 008 - 10				R					1	1		
01 - 008 - 12	1			R		1				1		
01 - 008 - 13				B						1		
<b>Manzana 009</b>												
01 - 009 - 01		1		R	1	1		1		1	1	
01 - 009 - 02	1			R						1		
01 - 009 - 04				R						1		
01 - 009 - 04-002	1			R						1		
01 - 009 - 05	1			R						1		
01 - 009 - 06				B						1		
01 - 009 - 07	1			R						1	1	
01 - 009 - 08	1			R						1	1	
01 - 009 - 09				R					1	1		
01 - 009 - 10				B					1	1		
01 - 009 - 12				B					1	1	1	
01 - 009 - 13-001				R					1	1		
01 - 009 - 13-002				B					1	1		
01 - 009 - 14				B					1	1		
01 - 009 - 15				B						1		
01 - 009 - 16				B						1		
01 - 009 - 17				R						1		
<b>Manzana 012</b>												
01 - 012 - 01	1			M						1	1	
01 - 012 - 02	1			M						1		
01 - 012 - 03	1			M						1		
01 - 012 - 04	1			M						1		
01 - 012 - 05	1			M						1		
01 - 012 - 07				M						1		
01 - 012 - 08	1			R						1		
01 - 012 - 09				R						1		
01 - 012 - 10				R						1		
01 - 012 - 11	1			M						1	1	
01 - 012 - 12-001				R						1	1	
01 - 012 - 14				R					1	1		
01 - 012 - 15				M						1		
01 - 012 - 16				M						1		
01 - 012 - 17	1			M						1	1	
01 - 012 - 18				M					1	1		
01 - 012 - 19		1		R		1			1	1		
01 - 012 - 20		1		R					1	1		
01 - 012 - 21		1		R				1		1		
01 - 012 - 22		1		R				1		1		
01 - 012 - 23				R			1			1		
01 - 012 - 24	1			R						1		
<b>Manzana 019</b>												
01 - 019 - 01	1			B						1		
01 - 019 - 02				B						1		
01 - 019 - 03		1		B						1	1	
01 - 019 - 04	1	1		M						1	1	
01 - 019 - 05	1	1		R						1	1	
01 - 019 - 06	1	1		R						1	1	
01 - 019 - 07				B						1	1	
01 - 019 - 08				R						1		
01 - 019 - 09	1			M						1		
<b>Manzana 020</b>												
01 - 020 - 01	1	1		R			1			1	1	
01 - 020 - 02	1	1		R			1			1		

Zona/Manzana/Predio	Código											Grado	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
<b>Manzana 020</b>													
01 - 020 - 03	1	1		R			1			1			
01 - 020 - 04		1		R			1			1			
01 - 020 - 05	1			R						1			
01 - 020 - 06				B						1			
01 - 020 - 08	1			M						1			
01 - 020 - 09	1	1		R						1			
01 - 020 - 10	1			R						1			
01 - 020 - 11				B						1			
01 - 020 - 12				B						1			
01 - 020 - 13	1			B						1			
01 - 020 - 14				B						1			
01 - 020 - 15		1		B					1	1	1		
01 - 020 - 16				B									
01 - 020 - 17				B					1	1			
01 - 020 - 18				B						1			
01 - 020 - 19				B						1			
01 - 020 - 20	1			R						1			
01 - 020 - 21	1			B						1			
<b>Manzana 014</b>													
01 - 014 - 05				B						1			
01 - 014 - 06				B						1	1		
01 - 014 - 08	1	1		R						1			
01 - 014 - 09	1			R						1			
01 - 014 - 10-002				B						1	1		
01 - 014 - 11	1			R						1			
01 - 014 - 12	1			R				1		1			
01 - 014 - 13			1	B				1		1			
01 - 014 - 14	1			R						1			
01 - 014 - 15	1			R						1			
01 - 014 - 16				B						1			
01 - 014 - 19	1			R						1			
01 - 014 - 21	1			R						1			
01 - 014 - 22				B		1			1	1			
01 - 014 - 23				B	1					1			
01 - 014 - 24				B				1		1			
01 - 014 - 25				B	1	1		1		1			
01 - 014 - 26				B				1		1			
01 - 014 - 27				B				1		1	1		
01 - 014 - 28	1			R	1			1		1	1		
<b>Manzana 015</b>													
01 - 015 - 01-001	1			R	1					1	1		
01 - 015 - 02				B			1		1	1			
01 - 015 - 04				R					1	1			
01 - 015 - 05				B						1	1		
01 - 015 - 06		1		R						1			
01 - 015 - 07		1		R						1	1		
01 - 015 - 08	1			R						1			
01 - 015 - 10	1	1		R	1					1	1		
01 - 015 - 11	1			R						1			
01 - 015 - 13	1			R	1				1	1			
01 - 015 - 14	1			R						1	1		
<b>Manzana 017</b>													
01 - 017 - 01	1			R						1			
01 - 017 - 02-001				B						1			
01 - 017 - 04				R		1		1		1			
01 - 017 - 05	1			R						1			
01 - 017 - 06	1			R		1		1		1			
01 - 017 - 07	1			R		1		1		1			
01 - 017 - 08				B					1	1			
01 - 017 - 09				B	1			1		1	1		
01 - 017 - 11				B		1		1		1			
01 - 017 - 12-001				B		1		1		1			

Zona/Manzana/Predio	Código											Grado
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	
01 - 017 - 13				B						1		
01 - 017 - 14				R						1		
<b>Manzana 027 - Munic.</b>												
01 - 027 - 01				B		1				1	1	
<b>Manzana 025</b>												
01 - 025 - 02				B						1		
01 - 025 - 03	1			R						1		
01 - 025 - 04	1			R						1		
01 - 025 - 05				R						1		
01 - 025 - 06				R						1		
01 - 025 - 07	1			R						1	1	
01 - 025 - 08				B						1		
01 - 025 - 09				B			1			1		
01 - 025 - 10	1			R						1		
<b>Manzana 026</b>												
01 - 026 - 02		1		B				1		1		
01 - 026 - 03		1		B	1				1	1	1	
01 - 026 - 04	1			B						1		
01 - 026 - 05				B		1	1			1		
01 - 026 - 06				B					1	1		
01 - 026 - 07				B						1	1	
01 - 026 - 08	1			R						1		
01 - 026 - 09	1			R						1		
01 - 026 - 10-001	1			R		1			1	1	1	
01 - 026 - 12	1			R						1		
01 - 026 - 13		1		R					1	1		
01 - 026 - 14				R				1		1		
<b>Manzana 040</b>												
01 - 040 - 01			1	B						1	1	
01 - 040 - 02				R				1		1		
01 - 040 - 03				B					1	1		
01 - 040 - 04				R		1	1			1	1	
01 - 040 - 05				R			1			1	1	
01 - 040 - 06				R						1		
<b>Manzana 032</b>												
01 - 032 - 01				B					1	1	1	
01 - 032 - 02				B			1	1		1		
01 - 032 - 03-001			1	B						1	1	
01 - 032 - 04	1		1	R						1	1	
01 - 032 - 06	1			R	1					1		
01 - 032 - 07	1			R						1		
01 - 032 - 08		1		R			1			1		
01 - 032 - 09	1			R						1		
<b>TOTAL DE VIVIENDAS :</b>	<b>77</b>	<b>28</b>	<b>13</b>	<b>/</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>173</b>	<b>39</b>	

ANEXO 7

PLANTA ARQUITECTÓNICA DE LA IGLESIA  
(Fuente: Municipio De Rumiñahui)



## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES.-

**Apellido(s) / Nombre(s):** Barona Zaldumbide Diego Marcelo

**Dirección:** Sangolquí, Urb. El Manantial calle 31 de Mayo.

**Teléfono(s):** 2332608 - 084483082

**Correo electrónico:** diego23m@hotmail.com

**Fecha de nacimiento:** 23 de Mayo de 1986

**Edad:** 24 años

**Estado civil:** Soltero

**Sexo:** Hombre



### EDUCACIÓN / FORMACIÓN RECIBIDA.-

**ESTUDIOS PRIMARIOS:** De 1992 a 1997. Escolta del Pabellón de la Escuela.

Escuela Juan Montalvo

**ESTUDIOS SECUNDARIOS:** De 1997 a 2003. Bachiller en Físico Matemático.

Instituto Nacional Mejía

**ESTUDIOS UNIVERSITARIOS:** De 2004 a 2010. Ingeniero Civil. ESPE.

### EXPERIENCIA LABORAL:

**Febrero 2007.** Residente de Obra. Trabajos en Construcción y Dirección de Obras Civiles. Cuerpo de Ingenieros del Ejército, Grupo de trabajo Sierra Centro, Provincia Tungurahua.

**Marzo 2009.** Ayudante de Fiscalización y Control de Obras Civiles. Trabajos en Construcción y Dirección de Obras Civiles. Ilustre Municipio de Rumiñahui.

**Marzo 2010.** Ayudante de Fiscalización y Control de Obras Civiles. Trabajos en Construcción y Dirección de Obras Civiles. Ilustre Municipio de Rumiñahui.

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**ELABORADO POR:**

---

**Diego Marcelo Barona Zaldumbide**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

---

**Ing. Jorge Zuñiga**

**DIRECTOR DE LA UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO**

---

**Abg. Laura López**

**Lugar y Fecha:** \_\_\_\_\_