

# EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.



SANTIAGO DE CALI, 2003.

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS  
PÚBLICAS DE CALI: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.**

**LINA FERNANDA LLANOS LÓPEZ  
LINA MARÍA VIDAL GÓMEZ**

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SANTIAGO DE CALI

2003

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS  
PÚBLICAS DE CALI: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.**

**LINA FERNANDA LLANOS LÓPEZ  
LINA MARÍA VIDAL GÓMEZ**

**TESIS DE GRADO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERAS CIVILES**

**DIRECTOR  
Prof. ANDRÉS VELÁSQUEZ.  
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática – OSSO.**

**ASESOR  
Prof. GILBERTO AREIZA.**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
SANTIAGO DE CALI**

**2003**

## TABLA DE CONTENIDO.

<b>0..RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. EL PROBLEMA. ....</b>	<b>3</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.2. DESCRIPCIÓN.....	4
1.3. ANTECEDENTES.....	6
1.3.1 Antecedentes de estudios de vulnerabilidad sísmica en el mundo.....	6
1.3.2 Antecedentes de estudios de vulnerabilidad de edificaciones escolares. ....	8
1.4. JUSTIFICACIÓN. ....	11
1.4.1. Importancia de los estudios de vulnerabilidad sísmica.....	11
1.4.2. Importancia de las edificaciones de las escuelas públicas. ....	12
1.4.3. Algunas evidencias de la gravedad del problema. ....	12
1.4.4. Conclusión.....	13
1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.6. OBJETIVOS.....	14
1.6.1. Objetivo general.....	14
1.6.2. Objetivos específicos.....	14
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES. ....	15
1.7.1. Alcances.....	15
1.7.2. Limitaciones. ....	15
<b>2. LAS ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI.....</b>	<b>17</b>
2.1. LOCALIZACIÓN.....	17
2.2. EVOLUCIÓN DE LAS ESCUELAS DENTRO DEL DESARROLLO URBANO DE CALI.....	18
2.3. MARCO HISTÓRICO - INSTITUCIONAL DE LAS CONSTRUCCIONES ESCOLARES.....	21



2.3.1. Ministerio de Educación Nacional. ....	21
2.3.2. SCECA – Período 1958 a 1962.....	22
2.3.3. OAPEC – Período 1962 a 1968. ....	23
2.3.4. ICCE – Período 1968 a 1989. ....	23
<b>2.4. SANTIAGO DE CALI COMO ESCENARIO ACTUAL DE LAS ESCUELAS.....</b>	<b>24</b>
2.4.1. División Político Administrativa.....	24
2.4.2. Topografía e hidrografía.....	24
2.4.3. Geomorfología y suelos.....	25
2.4.4. Fuentes regionales de amenaza sísmica.....	26
2.4.5. Cobertura en educación básica primaria oficial.....	27
<b>2.5. CONTEXTO SOCIAL CONTEMPORÁNEO DE LAS ESCUELAS.....</b>	<b>29</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. CONCEPTOS GENERALES.....</b>	<b>34</b>
3.1.1. Desastre.....	34
3.1.2. Amenaza sísmica. ....	35
3.1.3. Magnitud de un sismo.....	35
3.1.4. Intensidad de un sismo.....	36
3.1.5. Efectos locales.....	36
3.1.6. Amenazas colaterales o efectos de segundo orden.....	37
3.1.7. Vulnerabilidad sísmica.....	38
3.1.8. Riesgo sísmico.....	39
<b>3.2. MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES.....</b>	<b>40</b>
3.2.1. Métodos analíticos.....	41
3.2.2. Métodos cualitativos.....	43
<b>3.3. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ESTIMAR VELOCIDADES Y ACELERACIONES EN EDIFICIOS.....</b>	<b>48</b>
3.3.1. Descripción.....	48
3.3.2. Aplicabilidad.....	49

<b>3.4. MUESTREO ESTADÍSTICO.....</b>	<b>49</b>
3.4.1. Población, censo y muestra. ....	50
3.4.2. Tamaño de la muestra.....	51
3.4.3. Métodos de muestreo.....	52
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>55</b>
<b>4.1. MUESTREO DE ESCUELAS. ....</b>	<b>55</b>
4.1.1. Criterios para la selección de la población estudiada.....	55
4.1.2. Selección de escuelas de la población estudiada. ....	57
4.1.3. Diseño de la encuesta para la evaluación preliminar. ....	58
4.1.4. Análisis de la información recolectada en las visitas preliminares.....	61
4.1.5. Selección de la muestra específica.....	69
<b>4.2. EVALUACIÓN DETALLADA DE LA MUESTRA ESPECÍFICA. ....</b>	<b>73</b>
4.2.1. Métodos analíticos y sus desventajas.....	73
4.2.2. Aplicabilidad y parámetros propuestos por los métodos cualitativos.....	75
4.2.3. Definición de los parámetros de evaluación. ....	80
4.2.4. Diseño de los formularios de evaluación detallada.....	90
4.2.5. Estimación del grado de vulnerabilidad en la muestra específica.....	91
4.2.6. Estimación del grado de vulnerabilidad en la población estudiada. ....	98
4.2.7. Estimación de daños y pérdidas económicas. ....	103
4.2.8. Estimación de las posibles pérdidas de vidas humanas. ....	108
<b>4.3. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA. ....</b>	<b>109</b>
<b>5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>111</b>
<b>5.1. INFORMACIÓN RECOPIADA EN LA EVALUACIÓN DETALLADA. ....</b>	<b>111</b>
5.1.1. Parámetros evaluados en el Formulario 1. ....	111
5.1.2. Parámetros evaluados en el Formulario 2.....	113
5.1.3. Parámetros evaluados en el Formulario 3.....	116
5.1.4. Parámetros evaluados en el Formulario 4.....	117

<b>5.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA.</b>	119
5.2.1. Resultados de la evaluación detallada en la muestra específica.....	119
5.2.2. Resultados de la evaluación simplificada en la población estudiada.....	121
5.2.3. Análisis comparativo entre los procedimientos detallado y simplificado....	123
5.2.4. Análisis del procedimiento simplificado con respecto a los daños observados en edificaciones escolares de la región.....	125
5.2.5. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia del procedimiento simplificado. ....	129
5.2.6. Propuesta de mejoramiento del procedimiento simplificado.....	131
<b>5.3. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD EN LA POBLACIÓN ESTUDIADA</b>	134
5.3.1. Vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada.....	134
5.3.2. Vulnerabilidad por aspectos estructurales.....	135
5.3.3. Vulnerabilidad por características de los suelos.....	136
5.3.4. Vulnerabilidad por aspectos geométricos.....	138
5.3.5. Vulnerabilidad por año de construcción.....	139
5.3.6. Vulnerabilidad por número de pisos.....	140
5.3.7. Vulnerabilidad por tipo de cubierta.....	141
<b>5.4. ANÁLISIS DE INFLUENCIA DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO Y LA EDAD EN EL GRADO DE VULNERABILIDAD.</b>	143
<b>5.5. ESTIMACIÓN DE DAÑOS, PÉRDIDAS ECONÓMICAS Y DE VIDAS HUMANAS.</b>	148
5.5.1. Edificaciones de mampostería.....	148
5.5.2. Edificaciones con pórtico en concreto.....	154
5.5.3. Pérdidas totales.....	154
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	157
<b>6.1. CONCLUSIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LAS ESCUELAS.</b>	157
6.1.1. Entorno y ubicación.....	158
6.1.2. Suelos.....	158
6.1.3. Seguridad y zonas de evacuación.....	160



6.1.4. Edad y número de pisos.....	160
6.1.5. Cambios de uso y ampliaciones.....	162
6.1.6. Golpeteo.....	162
6.1.7. Tipo de cubierta. ....	163
6.1.8. Aspectos geométricos. ....	163
6.1.9. Aspectos constructivos.....	164
6.1.10. Aspectos estructurales. ....	165
6.1.11. Pérdidas económicas y de vidas humanas.....	166
<b>6.2. CONCLUSIONES METODOLÓGICAS. ....</b>	<b>167</b>
<b>6.3. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>168</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>170</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>179</b>

## LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Localización del universo de estudio.....	17
Figura 2. Número de escuelas públicas por comunas. ....	28
Figura 3. Escuelas públicas de la población estudiada.....	58
Figura 4. Encuesta de evaluación preliminar. ....	60
Figura 5. Histograma de años de construcción de las escuelas visitadas.....	63
Figura 6. Escuelas de la muestra específica.....	72
Figura 7. Curva para obtener el valor del coeficiente sísmico exigido para $A_a=0.25g$ . ....	106
Figura 8. Síntesis de la metodología.....	110
Figura 9. Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por escuelas y por edificaciones independientes. ....	121
Figura 10. Fotos de escuelas del Quindío afectadas por el sismo del 25 de Enero de 1999 en el Eje Cafetero.....	127
Figura 11. Formulario mejorado de evaluación simplificada. ....	132
Figura 12. Propuesta alternativa para estimar el grado de vulnerabilidad total. ....	133
Figura 13. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.....	134
Figura 14. Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad en la población estudiada. ....	135
Figura 15. Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.....	135
Figura 16. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.....	136



Figura 17. Distribución del grado de vulnerabilidad por comportamiento de los suelos. ....	137
Figura 18. Distribución espacial de la vulnerabilidad por comportamiento de los suelos. ....	137
Figura 19. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos.....	138
Figura 20. Distribución del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos....	139
Figura 21. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por edades. ....	139
Figura 22. Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por edades.....	140
Figura 23. Distribución del grado de vulnerabilidad por número de pisos.....	140
Figura 24. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por número de pisos. ....	141
Figura 25. Distribución del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta.....	142
Figura 26. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta. ....	142
Figura 27. Distribución porcentual del estado de daños por bloques y escuelas.....	153

## LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Cobertura en educación básica primaria oficial en las comunas de Cali. ....	29
Tabla 2. Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el número de edificaciones. ....	61
Tabla 3. Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el número de pisos. ....	62
Tabla 4. Distribución por décadas de los años de construcción de las escuelas públicas visitadas. ....	63
Tabla 5. Distribución por décadas de los años de construcción de las escuelas en relación con las tipologías estructurales. ....	66
Tabla 6. Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el tipo de cubierta. ....	67
Tabla 7. Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con los elementos que presentan posibles fallas. ....	67
Tabla 8. Distribución de las escuelas de acuerdo con los problemas asociados al comportamiento del suelo. ....	68
Tabla 9. Problemas generales observados en las edificaciones escolares. ....	68
Tabla 10. Muestra específica para evaluación detallada. ....	71
Tabla 11. Desarrollo del parámetro de evaluación del Entorno y ubicación. ....	82
Tabla 12. Desarrollo del parámetro de evaluación de los Suelos. ....	83
Tabla 13. Desarrollo del parámetro de evaluación de Seguridad y zonas de evacuación. ....	83
Tabla 14. Desarrollo de los parámetros de evaluación de Edad y Número de pisos. ....	84

Tabla 15. Desarrollo del parámetro de evaluación de Cambios de uso y ampliaciones. ....	85
Tabla 16. Desarrollo del parámetro de evaluación de Golpeteo.....	86
Tabla 17. Desarrollo del parámetro de evaluación de las Cubiertas. ....	86
Tabla 18. Desarrollo del parámetro de evaluación de Aspectos geométricos. ....	87
Tabla 19. Desarrollo del parámetro de evaluación de Aspectos constructivos y grado de deterioro.....	88
Tabla 20. Desarrollo del parámetro de evaluación estructural para pórticos. ....	88
Tabla 21. Desarrollo del parámetro de evaluación de elementos no estructurales para pórticos en concreto. ....	89
Tabla 22. Preguntas complementarias para la evaluación estructural de las edificaciones con muros confinados. ....	90
Tabla 23. Pesos originales y modificados para cada parámetro del método del índice de vulnerabilidad. ....	93
Tabla 24. Equivalencia de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad con los planteados en este estudio. ....	95
Tabla 25. Rangos de vulnerabilidad, calificaciones y porcentajes de incidencia. ..	97
Tabla 26. Intervalos normalizados de acuerdo al grado de vulnerabilidad.....	97
Tabla 27. Parámetros de evaluación y porcentaje de incidencia.....	99
Tabla 28. Calificaciones asignadas a las edificaciones con muros confinados. ...	100
Tabla 29. Calificaciones asignadas al parámetro de evaluación de los Suelos....	101
Tabla 30. Calificaciones asignadas a los Aspectos geométricos. ....	102
Tabla 31. Relación entre la categoría de daños y la demanda de ductilidad. ....	105
Tabla 32. Factor de reducción de la cortante resistente en relación con el grado de vulnerabilidad.....	106
Tabla 33. Categoría de daños y porcentaje de la edificación afectada.....	107
Tabla 34. Costo de construcción por metro cuadrado, uso y estrato socioeconómico. ....	107
Tabla 35. Costo por metro cuadrado de muro en ladrillo tolete común de 10 cm de espesor. ....	109
Tabla 36. Porcentajes de posibles pérdidas de vidas humanas.....	109



Tabla 37. Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica obtenidos con el procedimiento de evaluación detallado. ....	120
Tabla 38. Grado de vulnerabilidad de las escuelas restantes de la población estudiada. ....	122
Tabla 39. Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica. ....	123
Tabla 40. Comparación entre grados de vulnerabilidad de la muestra específica y las demás de la población estudiada. ....	124
Tabla 41. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia. ....	130
Tabla 42. Distribución de las escuelas emplazadas sobre conos aluviales de acuerdo con el grado de vulnerabilidad. ....	143
Tabla 43. Cálculo de la demanda de ductilidad de los bloques de las escuelas de la muestra específica. ....	150
Tabla 44. Cálculo de las pérdidas económicas y de vidas humanas. ....	152
Tabla 45. Pérdidas económicas en edificaciones con pórtico en concreto. ....	154
Tabla 46. Pérdidas económicas en edificaciones con muros confinados y sin confinar. ....	156

## LISTADO DE ANEXOS.

**ANEXO 1.** Listado de las escuelas de la población estudiada.

**ANEXO 2.** Listado de las escuelas públicas de Cali en mayor riesgo, de acuerdo con el reporte de la Secretaría de Educación Municipal.

**ANEXO 3.** Información recolectada en las visitas preliminares.

**ANEXO 4.** Formularios de evaluación detallada.

**ANEXO 5.** Calificaciones de los parámetros evaluados para definir los rangos de vulnerabilidad.

**ANEXO 6.** Evaluación del grado de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica.

**ANEXO 7.** Cálculo del grado de vulnerabilidad de las escuelas públicas de la muestra específica.

**ANEXO 8.** Cálculo del peso de las edificaciones de las escuelas de la muestra específica.

**ANEXO 9.** Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



## RESUMEN.

En este trabajo se evalúa el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Cali, cuyo estudio se consideró significativo debido a las inadecuadas condiciones que estos establecimientos presentan actualmente, a su importancia dentro de la comunidad y a los antecedentes de daños por sismo en este tipo de edificaciones, estableciendo los aspectos que influyen en su estado actual y, por lo tanto, en su vulnerabilidad sísmica, constituyéndose en una herramienta para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de riesgos en las escuelas.

Para la evaluación se definió, con base en la información del lugar de emplazamiento, una población estudiada de 70 establecimientos que fueron visitados con el objetivo de recoger datos preliminares, para seleccionar una muestra específica de 20 de ellos, dentro de la cual se logró representar las tipologías estructurales y constructivas presentes en las escuelas de la población estudiada, al igual que las formaciones geológicas superficiales, sobre las cuales se encuentran asentadas.

Se desarrolló un procedimiento cualitativo detallado de evaluación, a partir de la adaptación de métodos existentes a las características particulares observadas en las escuelas visitadas, que fue aplicado a las escuelas de la muestra específica. Con base en este procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la vulnerabilidad de las 20 escuelas, se diseñó un procedimiento simplificado para evaluar el grado de vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada. El procedimiento simplificado permitió hacer la evaluación de la vulnerabilidad sísmica

de las 70 escuelas, solamente con base en la información preliminar, obteniendo resultados idénticos a los obtenidos con el procedimiento detallado en la muestra específica.

Se determinó que el 56 % de las escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables y que 16 de ellas pueden representar un riesgo para las personas, incluso antes de que ocurra un sismo fuerte, debido a la inestabilidad de elementos estructurales y no estructurales con fallas graves, que afectan el comportamiento y la funcionalidad de estas edificaciones escolares. Por otro lado, el estudio reveló que la situación de las escuelas de Cali está subdimensionada, ya que dentro de una población de 70 establecimientos, se identificaron 27 altamente vulnerables, adicionales a los 33 que, de acuerdo a los reportes de la Secretaría de Educación, se encuentran en mayor riesgo. También se pudo identificar que el nivel de daños observado y el grado de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares evaluadas, están correlacionados con el comportamiento de los suelos, en interacción con la mala calidad estructural y constructiva y el deterioro progresivo de los elementos estructurales y no estructurales.

Finalmente, se empleó el procedimiento de la demanda de ductilidad para determinar las categorías de daño de las escuelas de la muestra específica y se realizó una proyección de estos resultados a las escuelas de la población estudiada, encontrándose que, para un sismo de  $A_a=0.25g$ , en el 10 % de las escuelas se esperan daños moderados, en el 30 % daños mayores, en el 20 % totales y en el 10 % colapso, con pérdidas económicas que ascienden aproximadamente a dos millones de dólares y un estimativo de 1300 víctimas fatales y 7700 personas heridas.

## **1. EL PROBLEMA.**

### **1.1. INTRODUCCIÓN.**

La determinación del riesgo sísmico en una ciudad o región es una herramienta muy útil para la planificación urbana. Fundamentalmente, el riesgo es el resultado de la combinación de dos características de un conjunto urbano, la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a ese fenómeno, susceptibles de sufrir daños y generar pérdidas económicas y de vidas humanas.

Todos los componentes de un complejo urbano son potencialmente vulnerables, incluyendo la infraestructura y edificaciones existentes, construidas a la par con el desarrollo y crecimiento de las ciudades para intentar satisfacer los servicios y necesidades que demanda la población, y dentro de las cuales sobresalen por su importancia las edificaciones públicas.

En Colombia, la mayoría de las edificaciones se construyeron antes del desarrollo de la primera Norma Sismorresistente (García et al., 1984) implementada en 1984 tras las desastrosas consecuencias del sismo de Popayán en 1983, donde se evidenció la falta de técnicas constructivas que garantizaran la seguridad de los ocupantes y el buen comportamiento de las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo.

Mediante la Ley 400 de 1997 entró en vigencia el nuevo Código Sismo Resistente, NSR-98, el cual plantea nuevas exigencias en el diseño y la construcción de



edificaciones y en la evaluación de la vulnerabilidad e intervención de las edificaciones indispensables existentes (hospitales, centros de salud, etc.), en un plazo determinado. Sin embargo, mientras esta Norma no sea implementada no será posible atenuar o mitigar los efectos que se han evidenciado en las edificaciones ante eventos sísmicos. Un ejemplo claro de esta situación se produjo con la ocurrencia del terremoto del 25 de enero de 1999 en el Eje Cafetero, donde los efectos en términos de vidas humanas y de pérdidas económicas fueron desastrosos en todo tipo de edificaciones, incluidos los establecimientos educativos. A pesar que las escuelas oficiales no están incluidas en el grupo de las edificaciones indispensables, en la actual Norma sismorresistente se han clasificado como edificaciones especiales y de su comportamiento frente a un sismo depende la vida de muchas personas.

En general, las prácticas constructivas inadecuadas y el incumplimiento de las normas establecidas por la ley para diseño y construcción, ha ocasionado que las edificaciones se constituyan en elementos altamente vulnerables dentro de un complejo urbano determinado, consolidando un escenario de vulnerabilidad dentro del cual se encuentran los establecimientos educativos oficiales.

Al realizar, en este trabajo, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una muestra de escuelas públicas de Cali, se aporta a la identificación de un problema que es relevante para la ciudad y afecta a gran parte de la comunidad.

## **1.2. DESCRIPCIÓN.**

El Departamento del Valle del Cauca se encuentra ubicado en una de las zonas de mayor actividad sísmica del país (OSSO, 1995b), con diversidad de formaciones geológicas, problemas de inestabilidad de suelos y condiciones geológicas,

topográficas, climatológicas e hidrológicas que generan escenarios de amenaza de gran complejidad (OSSO, 2002; Velásquez y Meyer, 1994).

Por otro lado, Cali se ha ido desarrollando desde los terrenos relativamente firmes del Cono de Cali, hacia depósitos más recientes en la antigua llanura de inundación del río Cali y hacia zonas de ladera con potencial de inestabilidad. En otras palabras, la urbanización y las edificaciones objeto de este proyecto se emplazan sobre diversidad de formaciones geológicas superficiales que deben tener comportamientos diferentes (Efecto de Sitio) ante vibraciones sísmicas. Aunque la ciudad aún no cuenta con su estudio de microzonificación sísmica, la diversidad de terrenos, estudios preliminares y estudios puntuales si muestran posibles correlaciones entre los diversos sitios y daños asociados o no con terremotos.

En este estudio se consideran trabajos previos como Ofertas y Amenazas Ambientales en Cali (Velásquez y Meyer, 1994), el estudio de amenazas para la Red Urbana de Gas Natural (OSSO, 1997), Estudio de Niveles Potenciométricos de Cali (López y Vöckler, 1999) y el Comportamiento de los Suelos de Cañaveralejo (Rosales, 2001).

Así mismo, la evaluación de rupturas de redes de acueducto sugiere que existe una relación entre el número de ellas y su edad y emplazamiento: las redes más recientes, sobre terrenos geológicamente más jóvenes presentan mayor número de daños (Municipio de Cali, 1996).

En relación con la situación de las escuelas públicas de Cali, gracias a las manifestaciones de las directivas de algunos establecimientos educativos del sector público a la Secretaría de Educación, ya se han dado a conocer las condiciones deplorables de algunas edificaciones escolares oficiales y el grave riesgo al que se encuentran expuestas las personas que estudian y laboran en ellas (EL PAÍS, 2001a, b). Actualmente, La Secretaría de Educación se encuentra



gestionando recursos para dar inicio a la intervención de las 33 escuelas públicas que presentan un mayor estado de deterioro y, en algunos casos, peligro de colapso.

### **1.3. ANTECEDENTES.**

#### **1.3.1. Antecedentes de estudios de vulnerabilidad sísmica en el mundo.**

Recientemente, en tesis relacionadas con este tópico se han hecho varias recopilaciones, muy completas, de antecedentes estudios de vulnerabilidad en el mundo y los avances que se han logrado en esta materia hasta nuestros días (Chavarría y Gómez, 2001; Peralta, 2002). Por esta razón este aparte se limitará a hacer una breve reseña histórica de la evolución de la ingeniería en este campo.

Los estudios de vulnerabilidad surgen a principios del siglo XX, como una necesidad ante las consecuencias de sismos que habían ocurrido en distintos lugares del mundo (por ejemplo San Francisco, CA. USA, 1906; Mesina, Italia en 1908 y Tokio, Japón en 1923). A través de la experiencia, los ingenieros fueron encargados de evaluar los efectos de los sismos en las viviendas y en las edificaciones y de proponer medidas que minimizaran dichos efectos en el futuro. Es así como se fueron proponiendo los primeros conceptos de diseño sismorresistente y se iniciaron investigaciones en el área de la ingeniería sísmica en Japón y en Estados Unidos (AIJ, 1998; Sarria M., 1995).

Durante las décadas de los años 1960 y 1970, surgen las primeras técnicas de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones existentes denominadas Técnicas de Screening, las cuales se constituyeron en la base para métodos desarrollados posteriormente, entre los cuales se encuentran: Whitman (1972),

Okada y Bresler (1976), ATC-14 (1987), Grases (1985), Iglesias (1985), ATC-21 (1988), entre otros (Campos, 1992). Para la década de los años 1980 El Organismo de las Naciones Unidas encargado de la Atención de Desastres, UNDRO y la UNESCO definieron los términos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, de tal manera que permitieran comprender y reconocer con más claridad los problemas asociados a fenómenos naturales o antrópicos (UNDRO, 1979).

En Colombia, la experiencia vivida en sismos posteriores al de Popayán en 1983, como los del Atrato Medio (1992), Páez (1994), Tauramena (1995) y Pereira (1995), demostraron la necesidad de actualizar la Norma de Diseño Sismorresistente de 1984, adoptando nuevos esquemas de seguridad que permitan desarrollar técnicas constructivas más confiables. Es así como aparece la actual Norma de Diseño Sismo Resistente conocida también como la Ley 400 de 1997, en la cual se dedicó un capítulo para definir los criterios necesarios y un método para analizar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas antes del año de 1998. Adicionalmente, en Diciembre del año 2000 se le anexó a esta Norma una sección de Análisis de Vulnerabilidad y otra de Metodologías Alternas.

Existen varios estudios de vulnerabilidad sísmica a gran escala desarrollados por grupos de investigación de algunas universidades de Colombia. En la Universidad EAFIT se diseñaron programas de computador que permiten calcular y graficar las pérdidas ocasionadas por la ocurrencia de un sismo en la ciudad de Medellín (Jaramillo, 1997, 2001).

En el año 1992 culminó, dentro del Programa de Mitigación de Desastres en Colombia, la primera fase de la Mitigación del Riesgo Sísmico en Cali (Campos, 1992), donde se hace una estimación de las posibles pérdidas de vidas y bienes ante la ocurrencia de sismos con aceleración pico efectiva de 0.25g y 0.17g, empleando el procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado.



### 1.3.2. Antecedentes de estudios de vulnerabilidad de edificaciones escolares.

A nivel mundial, desde principios de la década de los años 1980 se gestó un interés en reconocer la importancia de las edificaciones escolares, que se tradujo en investigaciones realizadas por algunas organizaciones internacionales.

Vickery (1983), en un estudio para la UNESCO publicó un documento técnico en el cual analiza los principales problemas que entrañan el proyecto y la construcción de edificios escolares, resistentes a los desastres asociados a fenómenos naturales. Hacia 1987, se llevó a cabo un estudio de caso sobre México y la zona centroamericana (Gómez, 1987). Este documento fue realizado para la sección de infraestructuras y espacios educativos de la División de Política y Planificación del Sector de la Educación de la UNESCO. En este estudio se analiza el papel que juega el edificio escolar en casos de desastre, con el objetivo de proponer las acciones y la organización comunitaria que sean requeridas para prevenir y atender una emergencia; presenta de una manera clara y directa la aplicación de las principales condiciones del diseño y de la construcción de escuelas en zonas donde existe amenaza por uno o más fenómenos naturales.

En 1992, la Unidad de desarrollo sostenible y medio ambiente UDSMA de la OEA, promovió en América Latina el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN), e inició un programa de reducción de la vulnerabilidad del sector educativo a los peligros naturales, el cual ha promovido la preparación y ejecución de políticas, planes, proyectos y preparativos para la reducción de desastres naturales, enfocando sus actividades en la infraestructura física del sector. El año 1993 fue declarado el Año de Reducción de la Vulnerabilidad en Escuelas y Hospitales ante las Amenazas Naturales por el DIRDN. Como parte de este Programa, la UDSMA y el ex-Departamento de Asuntos Educativos (DAE) de la OEA, ofrecieron en 1992 y 1993 talleres sobre

reducción de la vulnerabilidad a los peligros naturales, en los cuales participaron profesionales vinculados a los programas de planificación física y planes de emergencia escolar de los respectivos Ministerios de Educación de cada país (UDSMA, 2002).

Argudo et al. (1992) publicó un documento con el objetivo principal de proponer una metodología para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de escuelas y bibliotecas de Guayaquil, Ecuador. En este estudio se plantea la importancia de ejecutar investigaciones preliminares tendientes a caracterizar el peligro o amenaza sísmica, su ubicación, severidad y recurrencia dentro de un período de tiempo en relación con un área vulnerable y estimar la vulnerabilidad de dichas edificaciones, en función de pérdidas o daños que sismos probables pueden ocasionar sobre las personas y la infraestructura física, incluyendo la evaluación del impacto ocasionado en el normal funcionamiento de la comunidad.

A fines de 1994, el Programa OEA-ECHO, con el apoyo financiero de la Oficina Humanitaria de la Comunidad Europea (ECHO), inició actividades piloto en El Salvador y Nicaragua. En 1995, el Programa de Reducción de la Vulnerabilidad del Sector Educativo a los Peligros Naturales se expandió para incluir, en una segunda etapa, a Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá. El Programa capacita a personal técnico de los Ministerios de Educación, de los organismos oficiales para la ejecución de las obras públicas y de las organizaciones no gubernamentales (ONG), para preparar perfiles de vulnerabilidad de escuelas. El Programa OEA-ECHO también asiste a los Ministerios en la coordinación de programas nacionales de infraestructura educativa, el fomento de la participación comunitaria para reducir la vulnerabilidad a peligros naturales y la obtención de apoyo para financiar medidas de mitigación (UDSMA, 2002).

En 1997 se planteó la necesidad de realizar un estudio que permitiera evaluar distintos centros educativos de la República de Panamá, para así poder estimar el



grado de vulnerabilidad y los daños que podrían sufrir ante la ocurrencia de sismos, maremotos, inundaciones, entre otros (Wong et al., 1997). El objetivo fundamental de este proyecto fue definir o estimar un grado de vulnerabilidad y daños, con base en las características del lugar, como son las áreas de riesgo, el material de la estructura o la cantidad de personas que se encuentren involucradas con la edificación escolar.

En Colombia, los primeros intentos de incorporar la prevención de desastres en el sector educativo se concretaron en enero de 1992 cuando el Ministerio de Educación Nacional expidió la Directiva Ministerial No. 13, en la cual se asignaron responsabilidades al sistema educativo como integrante del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. La contribución del sistema educativo al Programa escolar de prevención de desastres, se orientó en dos propuestas específicas, una de ellas era la creación de planes de prevención de desastres en cada plantel educativo y la otra, consistía en promover el análisis de los peligros y el mejoramiento de las condiciones de seguridad y saneamiento ambiental de las edificaciones educativas (Ministerio de Educación Nacional, 1992).

#### 1.4.1 JUSTIFICACION

Posteriormente, el Decreto No. 93 de 1998 adopta el Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, cuya elaboración había sido establecida en el artículo 3° del Decreto-Ley 919 de 1989. Dentro de la estrategia de socialización de la prevención y la mitigación de desastres se contemplaron, entre otros, los programas de Información pública para la prevención y reacción adecuada de la comunidad en caso de desastre y de incorporación de los conceptos de prevención de desastres y protección ambiental en la educación formal.

El desarrollo de dichos programas se planteó mediante subprogramas, entre los cuales se destacan la Ampliación de la cobertura del programa escolar en los planteles educativos, el Impulso de programas preventivos en edificaciones públicas y el Desarrollo de programas docentes de formación sobre el tema para



los educadores. En este Plan se adjudicó la responsabilidad de la ejecución de los programas al Ministerio de Educación, Ministerio del Medio Ambiente, la Dirección Nacional de Atención y Prevención de Desastres y las Entidades Territoriales (Ministerio del Interior, 1998).

Finalmente, el Código de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998) define en el capítulo A.2.5.1, cuatro grupos de uso para las edificaciones, tres de ellas tienen una función de carácter público. Las del grupo IV son las Indispensables (Hospitales, Clínicas, Centros de Salud, etc.), las del grupo III son las de Atención a la Comunidad (Bomberos, Defensa Civil, Policía, Cruz Roja, etc.) y las del grupo II son las Estructuras y Edificaciones Especiales, dentro de las cuales figuran escuelas, colegios, universidades, estadios, coliseos, etc., reconociendo la importancia de las edificaciones escolares en relación con la necesidad de que su funcionamiento no se vea interrumpido después de un evento sísmico (AIS, 1997).

## **1.4. JUSTIFICACIÓN.**

### **1.4.1. Importancia de los estudios de vulnerabilidad sísmica.**

Para la planificación de una ciudad como Cali, ubicada en una de las zonas de mayor amenaza sísmica del país y con un escenario tan complejo de amenazas naturales y antrópicas, es necesario realizar estudios en los cuales se implementen procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad estructural y funcional de las edificaciones, con el objetivo de establecer las bases para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de desastres.

Los estudios de vulnerabilidad adquieren una importancia especial cuando las edificaciones objeto de estudio han sido construidas antes del desarrollo de los códigos sismo resistentes o, como se verá posteriormente, su construcción ha nacido de la gestión de una comunidad que no tiene capacidad económica ni técnica para hacerlo adecuadamente y que tampoco recibe la atención del Estado para satisfacer este tipo de necesidades.

#### **1.4.2. Importancia de las edificaciones de las escuelas públicas.**

Las edificaciones escolares por su función representan una prioridad dentro de las necesidades de la comunidad, y de su comportamiento frente a un sismo o cualquier otro fenómeno natural depende la vida y seguridad de muchas personas, entre ellas niñas, niños y adolescentes, de cuya formación depende el desarrollo y crecimiento del país. Adicionalmente, es una práctica común que, una vez se presenta una emergencia, los establecimientos educativos son convertidos en albergues provisionales para damnificados y personal de apoyo.

#### **1.4.3. Algunas evidencias de la gravedad del problema.**

- **Sismo del Eje Cafetero del 25 de enero de 1999.**

En Marzo de 1999 se realizó la Evaluación técnica de infraestructura para el Departamento del Valle de Cauca, que tenía como objetivo dar a conocer un inventario de los daños ocasionados por el sismo del 25 de enero de 1999. De acuerdo con esta evaluación, en la zona rural y urbana de los municipios del norte del Valle, se encontraron 61 establecimientos educativos averiados y tres totalmente destruidos. Resultados como estos pueden dar un indicio de las condiciones en que se encuentran las edificaciones escolares y llevan a

considerarlas como un componente altamente vulnerable de la región (DNPAD, 1999).

- **Las escuelas de Cali... sin que haya ocurrido un sismo fuerte.**

En la ciudad de Cali el problema de vulnerabilidad de las edificaciones de escuelas oficiales es de tal magnitud, que en Septiembre del 2001 la Secretaría de Educación Municipal dio a conocer que 33 escuelas públicas se encuentran en un estado deplorable y que requieren una intervención inmediata, debido a que presentan hundimientos, grietas y fallas estructurales graves, que ponen en riesgo la vida de aproximadamente 80 000 niños y niñas, sin mencionar a los maestros y empleados que laboran en dichas instituciones (EL PAÍS, 2001a).

#### **1.4.4. Conclusión.**

Este análisis llevó a concluir que existe una necesidad apremiante de desarrollar un trabajo que permita determinar, el grado de vulnerabilidad de una muestra representativa de las edificaciones donde operan las escuelas oficiales de Santiago de Cali, evaluando si, por ejemplo, en términos de época de construcción, tipologías y localización con respecto a los diversos terrenos, mediante un procedimiento de evaluación unificado, se encuentran patrones de deterioro o daños, estimando el potencial de pérdidas ante la ocurrencia de un evento sísmico.

#### **1.5. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Cali y cuál sería un procedimiento adecuado para realizar un estudio que permita determinarlo?



## **1.6. OBJETIVOS.**

### **1.6.1. Objetivo general.**

Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas públicas de la ciudad de Santiago de Cali.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Seleccionar una muestra representativa de las escuelas oficiales de Santiago de Cali, con base en criterios de localización, facilidad de acceso al barrio, el tipo de suelo, la geología y la topografía.
- Desarrollar un procedimiento que pueda adaptarse a la información disponible de las escuelas de la ciudad, determinando los parámetros que van a ser evaluados en el estudio de vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones escolares.
- Mediante un formulario de evaluación diseñado previamente, realizar visitas a las escuelas de la muestra seleccionada, con el fin de evaluar todos los parámetros definidos en el procedimiento desarrollado.
- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica de cada establecimiento escolar de acuerdo con el procedimiento desarrollado, y estimar los daños y las posibles pérdidas económicas ante la ocurrencia de un sismo específico.
- Integrar los resultados obtenidos en el estudio en un sistema de información geográfica para hacer un análisis dentro del contexto global de la ciudad y,

eventualmente, identificar si el nivel de daños observado está correlacionado con edad, tipologías y lugar de emplazamiento de las edificaciones.

## **1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES.**

### **1.7.1. Alcances.**

- Determinación del grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra de escuelas públicas de Cali, desarrollando un procedimiento de evaluación que permita identificar los aspectos que las hacen vulnerables.
- Evaluación preliminar de 70 escuelas, como insumo para el desarrollo metodológico y la selección de una muestra específica, estadísticamente representativa.
- Integración de los resultados obtenidos en este estudio en un Sistema de Información Geográfica, que permite ubicar ágilmente los establecimientos de la muestra seleccionada, que tienen un grado de vulnerabilidad bajo, medio, alto y muy alto.

### **1.7.2. Limitaciones.**

- En el grupo de edificaciones escolares evaluadas no se incluyeron aquellas en donde no se facilitó el acceso al barrio o la entrada al establecimiento.

- El grado de vulnerabilidad determinado es solo un estimativo, que no pretende describir la realidad absoluta de las condiciones en las que se encuentra cada uno de los establecimientos educativos estudiados.
- No se aplicaron métodos detallados para la estimación de daños de las escuelas de la muestra específica, sino que se emplearon los valores de demanda de ductilidad y el grado de vulnerabilidad de las edificaciones.
- El tamaño de la muestra de escuelas evaluadas y el nivel de detalle de la evaluación se limitó tanto por los recursos humanos y económicos disponibles para su ejecución, como por la información que se pudo recolectar.
- Conociendo el grado de vulnerabilidad de una estructura y la amenaza a la que está sometida, puede llegarse a determinar el riesgo de esta ante el peligro o amenaza de un fenómeno. Debido a que la amenaza ante un evento sísmico no es objetivo de este proyecto, no se determinó el riesgo en el que se encuentran cada uno de los establecimientos educativos analizados y por lo tanto no se analizarán directamente las amenazas colaterales o efectos de segundo orden.



## 2. LAS ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI.

### 2.1. LOCALIZACIÓN.

Las escuelas públicas objeto de estudio se encuentran ubicadas dentro del perímetro urbano de la ciudad de Santiago de Cali. Esta ciudad se sitúa al occidente del valle geográfico del río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central, a una altura promedio de 1000 metros sobre el nivel del mar, a tres grados 27 minutos de latitud norte y 76 grados 32 minutos de longitud oeste (Municipio de Cali, 1996).

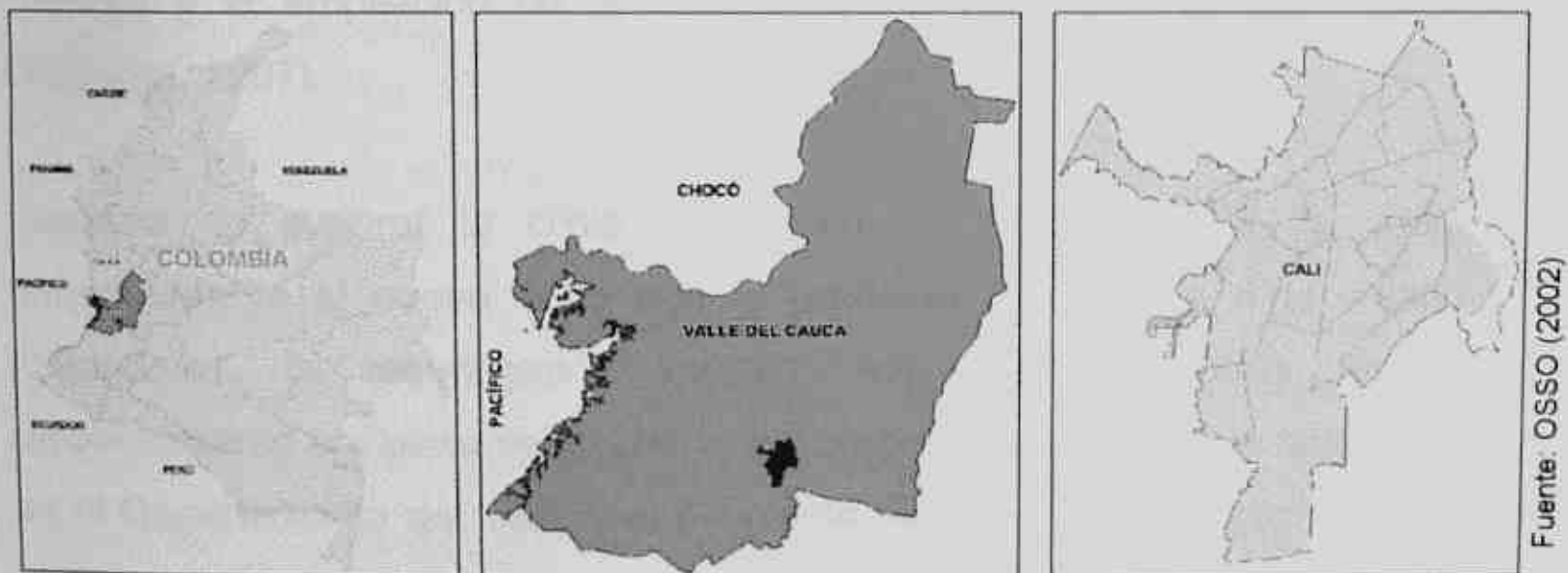


Figura 1. Localización del universo de estudio.

## 2.2. EVOLUCIÓN DE LAS ESCUELAS DENTRO DEL DESARROLLO URBANO DE CALI.

*El mejor profeta del futuro es el pasado.*

*Lord Byron*

La historia urbanística de Santiago de Cali se remonta a los siglos XVI y XVIII cuando su papel principal consistía en ser uno de los asentamientos de paso entre el reino de la Nueva Granada y el Perú. Su perímetro urbano era una angosta faja situada en la encrucijada formada por el camino a Popayán, el camino a Juanchito y Candelaria y el Río Cali. Fue un crecimiento sin mayores afanes que se extendió, desde su fundación en 1536, durante casi cuatro siglos (C.A.L.I.19, 1995).

La principal razón por la cual, hasta finales del siglo XIX, Santiago de Cali se mantuvo como un pequeño poblado al margen del desarrollo, era la ausencia de vías de comunicación con el interior del país y el Pacífico. Esta carencia fue suplida cuando a principios del Siglo XX se dio la construcción del Ferrocarril del Pacífico y la ampliación de la infraestructura vial, tanto terrestre como fluvial (Vásquez, 1997).

Después de superar la crisis económica de 1929 a 1932, la cual detuvo temporalmente el nuevo ritmo que el progreso le imprimía a la ciudad y sus alrededores, la recuperación impuso, entre muchos otros procesos, el reconocimiento por parte del gobierno del problema asociado a la falta de escuelas en el Departamento del Valle y al deficiente estado de las edificaciones escolares existentes, tanto en el área rural como urbana. Para ese entonces había ya una crisis en el campo de la educación, que se podía evidenciar en el propio estado de la infraestructura escolar existente, tal como se revela en el informe del Director de Educación Pública del Valle Luis Carlos Velasco Madriñán, refiriéndose a su gestión durante el período comprendido entre septiembre de 1938 a febrero de

1939 (Gobernación del Valle, 1939), en el cual, un educador hace la siguiente descripción de las escuelas de las zonas rurales y asentamientos marginales aledaños a la Cali de esa época:

*"La casa que sirve de local a la escuela rural ha sido construida por los vecinos en cooperativas con entusiasmo, llamadas convites. Unos dan la madera, otros las tejas, otros llevan la piedra, los más aportan el trabajo y en pocos días de esfuerzo aunado, aparece el modesto edificio con una sala mediana, un cuarto para alcoba de la maestra y una cocina, como tantas, construida por tres piedras sobre un muro de tierra. El local es pocas veces mejor que las habitaciones de los vecinos; a menudo peor. El piso de tierra con la humedad y el uso se agrieta y da alojamiento a toda clase de bichos. Los techos de paja o de láminas galvanizadas no defienden a los escolares de las inclemencias del clima. No hay luz en el aula y el aire no circula. En las tierras calientes la falta de cielo raso produce verdaderos hornos a través de las hojas metálicas. En los climas fríos los niños se hacinan con sus ruanas sucias y rotas, buscando el mutuo calor. Los bancos, cuando los hay, estúpidamente iguales, dejan a los pequeños con los pies en el vacío, mientras los mayores se hacen joroba.*

*En los contornos del local hay charcas y criaderos de zancudos. Los cochinos y las gallinas se mezclan con los niños. Parece prohibida la huerta reglamentaria, por su ausencia. No hay campo para cultura física, ni juegos. No hay excusados, ni baños. El edificio es en muchos casos de propiedad natural de los vecinos, pero el municipio se niega a hacer reparaciones y los padres de familia creen que es un lujo construir casas mejores que la que ellos habitan, por consiguiente, no hay esperanza de reformas a las viviendas campesinas con este medio. A lo mejor un cacique de la región se adueña del local cuando la escuela se suspende o la maestra se va."*



Es por esta época, en mayo de 1936, cuando aparece la primera oficina administrativa dedicada a la construcción escolar mediante el Decreto No. 1122, como respuesta inicial del Gobierno a la crisis educativa naciente (Ministerio de Educación, 1990).

Un fenómeno que es importante denotar es la constitución regional vallecaucana, su aislamiento, su capacidad de autoabastecerse productiva y culturalmente, su red vial centrífuga con miras a la exportación, las cuales tienen una importancia particular para el entendimiento del papel de las escuelas. Sobre esa base se construyó posteriormente, durante el período de la modernización (a partir de la década de los años cuarenta), la nueva estructura social dentro de la cual operaría la educación de ahí en adelante (Aguerrondo, 1994).

Durante el período de postguerra, la modernización, que trajo consigo un notable crecimiento de la población urbana, un proceso de urbanización de la economía, el surgimiento de nuevos grupos humanos como las clases medias, el proletariado industrial y los cinturones de marginalidad, así como también una marcada influencia de los medios de comunicación, impuso la cultura moderna a las antiguas tradiciones culturales y transformó de manera radical la estructura agraria. A la agricultura de hacienda extensiva y la agricultura de mediano empresario, que habían constituido los dos contextos sociales predominantes, se añadió la agricultura comercial intensiva y el minifundio campesino. Por otra parte, se experimentaron procesos diferentes de desarrollo en su base urbana y agrícola y se llegó a una nueva forma de desarrollo desigual, que se reflejaba en el incremento de construcciones legales en contraste con las múltiples invasiones que se empezaban a establecer en las zonas marginales de la ciudad (Aguerrondo, 1994).

Esto sucedió en medio de un crecimiento demográfico más lento, en el cual los viejos inmigrantes, que se habían establecido en las zonas marginales, ejercieron

presión sobre la tierra y se produjeron grandes ocupaciones de hecho, como por ejemplo en El Rodeo en los años sesenta al igual que en el Distrito de Aguablanca hasta los años ochenta, configurando un conflicto social muy agudo, que llevó a las entidades gubernamentales a hacer grandes esfuerzos para atenuarlos, intentando adaptar la ciudad a su nuevo desarrollo económico (Vásquez, 1997).

De esta manera se consolidó la ciudad de Cali contemporánea, con una distribución urbanística fragmentada entre el interior y los cordones marginales que lo rodean a orillas del río Cauca y a lo largo de los cerros, generando un contexto de marcadas diferencias en todos los ámbitos sociales y del cual, desafortunadamente, no se escapa la educación y la forma en que su infraestructura se ha proyectado y construido.

### **2.3. MARCO HISTÓRICO - INSTITUCIONAL DE LAS CONSTRUCCIONES ESCOLARES.**

De acuerdo con las memorias de gestión, durante 20 años, del Instituto Colombiano de Construcciones Escolares ICCE (Ministerio de Educación, 1990), se conoce la siguiente reseña histórica de oficinas y dependencias con funciones asociadas a la construcción de edificaciones escolares.

#### **2.3.1. Ministerio de Educación Nacional.**

Como ya se mencionó, la primera referencia sobre una oficina administrativa dedicada a la construcción escolar aparece mediante el Decreto No. 1122 del 6 de mayo de 1936, a la que posteriormente se le llamó Oficina de Arquitectura Escolar.

En el Decreto No. 1902 de 1945, recibe el nombre de Sección de Alfabetización y Construcciones Escolares. En el Decreto No. 2261 de 1947, recibe la designación de Departamento de Arquitectura. En el Decreto No. 2067 de 1954 figura como dependencia de la Subsecretaría Técnico-Cultural, con el nombre de Arquitectura y Edificios Escolares. En 1957, según el Decreto No. 206, pasa a depender de la Oficina de Planeación del Ministerio de Educación, como Sección de Arquitectura Escolar. Finalmente, aparece como Sección de Arquitectura de la División de Fomento Escolar.

### **2.3.2. SCECA – período 1958 a 1962.**

De acuerdo con las políticas definidas en el Plan Decenal de Educación de la Alianza para el Progreso, convenidas en 1961 en Punta del Este, en Colombia se adopta el Plan Cuatrienal de Construcciones Escolares, que debía edificar 22 000 nuevas aulas entre 1962 y 1965. Para entonces ya se había firmado un convenio entre la Misión Económica de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos y el Gobierno Colombiano. Este convenio había sido ratificado el 14 de octubre, en desarrollo de la Ley 24 de 1959, y aparece así el Servicio Cooperativo de Educación Colombo-Americano (SCECA). Este organismo contaba con dos Codirectores: uno estadounidense, con sede en Cali, y otro colombiano con sede en Bogotá.

En enero de 1962 comienza a sesionar en Bogotá la Junta Central del Plan Cuatrienal de Construcciones Escolares, que se propone edificar 4 275 nuevas aulas, ese mismo año. Limitaciones técnico-administrativas de esta Junta y del SCECA se pusieron de manifiesto y se planteó que el Banco Educativo Colombiano administrara el Plan. Este proyecto no llegó a cumplirse.



### **2.3.3. OAPEC – período 1962 a 1968.**

Se crea entonces la Oficina Administrativa para Programas Educativos Conjuntos, OAPEC, mediante el acuerdo firmado el 31 de diciembre de 1962 entre el Ministerio de Educación y la Misión Económica de los Estados Unidos. Desaparece así, el SCECA. La antigua División de Fomento Escolar, con sus secciones de investigaciones y de arquitectura del Ministerio de Educación, pasó a formar parte de OAPEC. El OAPEC manejaba tres cuentas especiales dedicadas a la construcción de escuelas, al entrenamiento de maestros y al fomento de la educación vocacional.

De 1962 a 1968 OAPEC fue prácticamente el organismo que inició un programa continuo de construcción y reparación de planteles, al igual que de dotación para primaria y secundaria.

### **2.3.4. ICCE – período 1968 a 1989.**

El Instituto Colombiano de Construcciones Escolares, ICCE, se crea para satisfacer la necesidad de contar con un organismo competente para planear y ejecutar la infraestructura física del sector educativo oficial. El ICCE siguió desarrollando la mayor parte de las actividades que tenía la OAPEC, como era la reparación, construcción y dotación de planteles tanto de primaria como de secundaria. El ICCE tenía, entre otras funciones, elaborar con el Ministerio de Educación los planes de construcciones escolares y ejecutarlos realizando todos los estudios necesarios para tal fin y, también, realizar las obras de ampliaciones y adaptación de las construcciones escolares de carácter nacional. El ICCE fue sustituido a partir de 1988 por la Dirección General de Construcciones Escolares como una dependencia del Ministerio de Educación Nacional.

Actualmente la Secretaría de Educación Municipal se encarga de todas las funciones relacionadas con la educación pública, incluyendo la construcción, supervisión y mantenimiento de las edificaciones escolares oficiales.

## **2.4. SANTIAGO DE CALI COMO ESCENARIO ACTUAL DE LAS ESCUELAS.**

### **2.4.1. División político - administrativa.**

Mediante el Acuerdo 15 del 11 de agosto de 1988, Cali se dividió en 20 comunas, las cuales se encuentran compuestas por barrios con características similares, en lo referente a sus condiciones socio económicas y urbanísticas (Municipio de Cali, 1996).

### **2.4.2. Topografía e hidrografía.**

En la ciudad de Santiago de Cali las pendientes varían entre menos del 3 % y el 35 %. Las comunas 1 y 20 presentan pendientes muy altas debido a que se encuentran localizadas en su totalidad sobre el piedemonte de la Cordillera Occidental. Las comunas 2, 17, 18 y 19 presentan simultáneamente zonas de topografía suave y zonas con pendiente hasta del 35 %. El resto de las comunas, a medida que se acercan al río Cauca, presentan en su totalidad pendientes muy pequeñas, inferiores al 3 % (OSSO, 1995a).

Santiago de Cali es llamada la ciudad de los siete ríos pues, de norte a sur, se encuentra drenada por los ríos Cali-Aguacatal, Cañaveralejo, Meléndez, Lili y Pance, los cuales desembocan en el río Cauca, ubicado al oriente de la ciudad, formando extensos depósitos en forma de cono sobre los cuales se han formado

los asentamientos humanos que hoy conocemos como la zona más amplia de la capital del Valle (Municipio de Cali, 1996).

La pendiente de un terreno determina, en el caso de los ríos, la estabilidad de los suelos. Con excepción de la cuenca del río Cauca, las seis restantes atraviesan el municipio de Santiago de Cali desde el occidente al oriente, descendiendo rápidamente por las montañas de Los Farallones, con terrenos de pendientes superiores a 45 grados, hasta el valle geográfico del río Cauca.

Desde siempre, los ríos y, principalmente, las bondades de sus aguas, han motivado la creación de asentamientos o de sociedades organizadas de personas, en cercanía a sus riberas. Sin embargo, a pesar de contar con siete cuencas que facilitarían su zonificación, se puede decir que el 50 % del área ocupada por la ciudad ha sido utilizada sin estudiar previamente los usos potenciales de los suelos de las riberas de los ríos.

Los ríos del municipio de Cali, a su paso por la zona urbana, han sido afectados en las características de su lecho, márgenes, recorrido, calidad y cantidad de agua. En las dos últimas décadas del Siglo XX se convirtieron en parte del sistema de alcantarillado de la ciudad siendo los receptores finales de las aguas residuales y de las aguas lluvias (DAGMA, 1997).

### **2.4.3. Geomorfología y suelos.**

Al occidente de la ciudad se presentan suelos rocosos de formación volcánica con capas superficiales meteorizadas (saprolito de diabasa). Entre el piedemonte de la Cordillera Occidental y el río Cauca se han formado, como se mencionó anteriormente, los conos de material aluvial de los seis ríos que cruzan a Cali (DAGMA, 1997).



El cono del río Cali está compuesto por intercalaciones de arenas, gravas y limos medianamente cementados. En el de Cañaveralejo es frecuente un primer estrato de arcillas de cerca de 20 metros de espesor. Los de Meléndez, Lili y Pance presentan intercalaciones de arcillas, limos y arenas, con más abundante presencia de gravas en el último (Municipio de Cali, 1996).

Los barrios Salomia, Ciudadela Desepez, La Base, Los Andes, Las Delicias, La Flora, Vipasa, Prados del Norte, Benjamín Herrera, Industrial, Olímpico, Departamental, Eucarístico y otros de esta zona se densificaron con edificaciones cimentadas superficialmente sobre terrenos de alto potencial contracto – expansivo, los cuales pueden generar diversos problemas asociados a daños progresivos de las construcciones a causa de los asentamientos diferenciales de sus cimientos (Villafañe y Coronado, 2000).

En las cercanías del río Cauca se presentan depósitos de arena poco consolidados con niveles freáticos muy altos y con potencial de sufrir licuación en algunos sectores (Campos, 1992).

#### **2.4.4. Fuentes regionales de amenaza sísmica.**

De acuerdo con lo expuesto en el capítulo de Sismicidad Regional del Plan para la Mitigación de Riesgos en Cali (Municipio de Cali, 1996), la sismicidad de toda la región andina colombiana está determinada por la convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Suramérica, entre las cuales se ha desarrollado una especie de microplaca en el área comprendida desde la zona de subducción frente a la Costa Pacífica hasta el piedemonte de la Cordillera Oriental. Los esfuerzos producidos por la fricción entre estas placas constituyen las fuentes sísmicas para

la ciudad de Cali, dentro de las cuales las más importantes son: la Zona de Subducción, la Zona de Wadati-Benioff y la de Sismicidad Intraplaca.

La Zona de Subducción, con una traza superficial que abarca de 150 a 200 km en dirección paralela al Litoral Pacífico, es la más importante de las fuentes sísmicas en Colombia, en términos de las magnitudes máximas y recurrencias de sismos grandes, con magnitudes mayores de 8.0 y su sismicidad es superficial (hasta 40 km de profundidad). La Zona de Wadati-Benioff es la continuación de la Zona de Subducción. Su sismicidad es la más profunda de la región (hasta más de 100 km). Se concentra en el norte del Valle del Cauca, con magnitudes que pueden ser de 7.0.

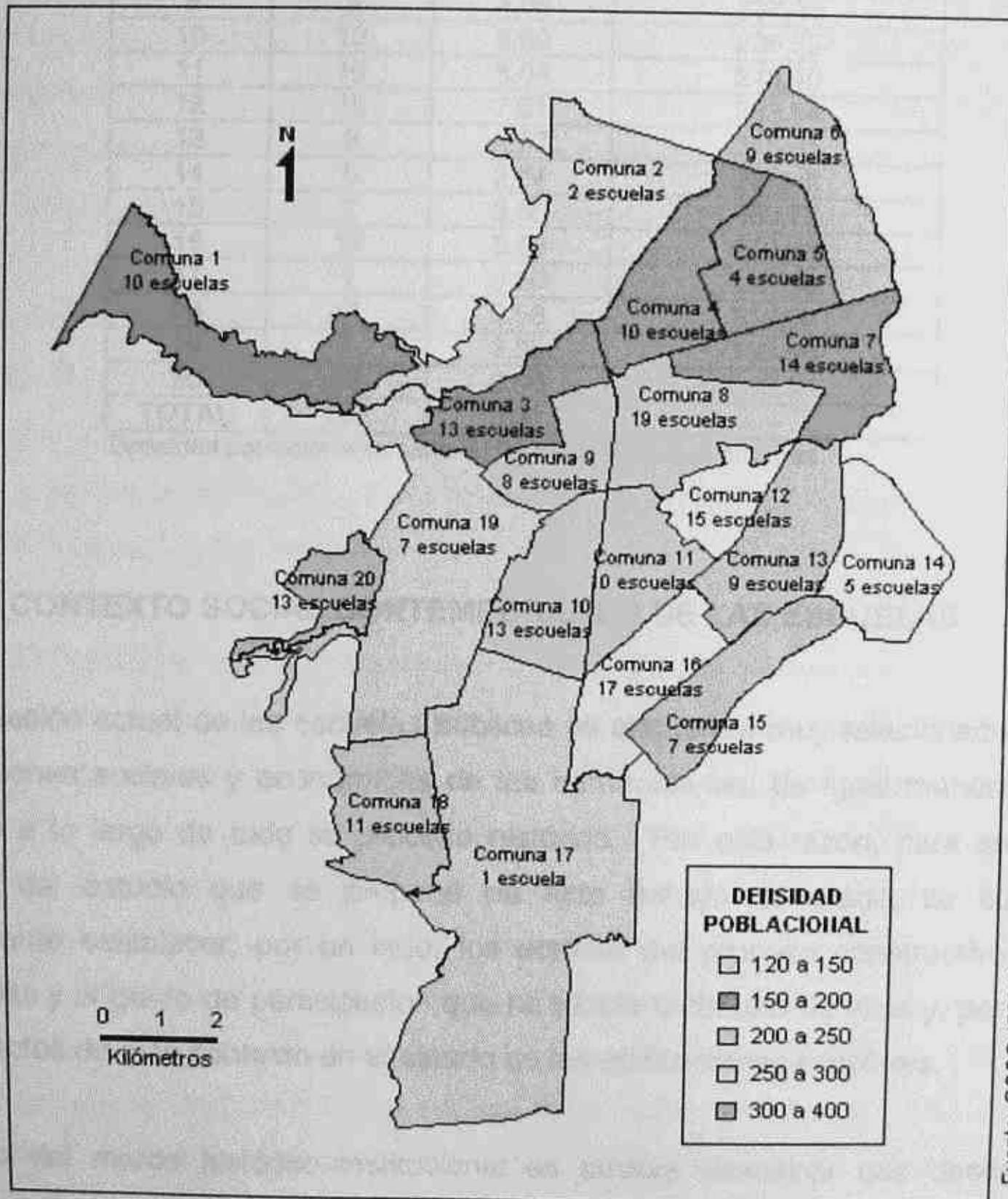
A la denominada Sismicidad intraplaca pertenecen fallas como las del sistema Romeral y Cauca, que pueden generar los sismos más cercanos a la ciudad de Cali. Los sismos de Popayán en 1983, Páez en 1994 y Eje Cafetero en 1999, fueron generados por fallas intraplaca.

Este cuadro de fuentes de amenaza sísmica se expresa, en la NSR-98, en términos de definir todo el occidente de Colombia, y en él, Cali como zona de amenaza sísmica alta. Por otro lado, la misma Norma promulga la elaboración de una microzonificación que en la ciudad aún está pendiente.

#### **2.4.5. Cobertura en educación básica primaria oficial.**

De acuerdo con su localización, se puede afirmar que las escuelas de Cali se encuentran distribuidas a todo lo largo y ancho de la ciudad, cubriendo la mayoría de zonas existentes con diferentes tipos de usos del suelo.

La Gobernación del Valle del Cauca cuenta con un inventario (Gobernación del Valle del Cauca, 2001), para Santiago de Cali, 221 establecimientos escolares públicos que brindan educación básica primaria. De estos 221 establecimientos, 24 se encuentran ubicados en el área rural de Cali y el resto dentro del perímetro urbano. La distribución por comunas, de las 197 escuelas oficiales en el área urbana de Cali, de acuerdo a su densidad poblacional, se puede observar en la Tabla 1.



Fuente: OSSO (2002)

Figura 2. Número de escuelas públicas por comunas.



**Tabla 1.** Cobertura en educación básica primaria oficial en las comunas de Cali.

Comuna	Escuelas	% del total	Densidad poblacional (hab/Ha)
1	10	5,08	189,82
2	2	1,01	123,00
3	13	6,60	168,08
4	10	5,08	159,22
5	4	2,04	164,40
6	9	4,57	359,10
7	14	7,11	152,13
8	19	9,64	205,15
9	8	4,06	237,30
10	13	6,60	239,79
11	10	5,08	243,40
12	15	7,61	283,54
13	9	4,57	345,01
14	5	2,54	287,46
15	7	3,55	360,73
16	17	8,63	252,62
17	1	0,50	128,58
18	11	5,58	213,68
19	7	3,55	139,96
20	13	6,60	353,94
<b>TOTAL</b>	<b>197</b>	<b>100</b>	-

Densidad poblacional tomada de DAPM (1995). Cali en cifras.

## 2.5. CONTEXTO SOCIAL CONTEMPORÁNEO DE LAS ESCUELAS.

La situación actual de las escuelas públicas se encuentra muy relacionada con las condiciones sociales y económicas de las comunidades, de igual manera que lo estuvo a lo largo de todo su proceso histórico. Por esta razón, para sentar las bases del estudio que se propone en este trabajo de grado, se consideró importante establecer, por un lado, los actores del proceso constructivo de las escuelas y el grado de participación que ha tenido cada uno de ellos y, por el otro, los efectos de este contexto en el estado de las edificaciones escolares.

Dentro del marco histórico institucional es posible identificar que desde 1936 existen dependencias u organismos gubernamentales encargados de elaborar

proyectos, ejecutar construcciones y llevar a cabo el mantenimiento de los establecimientos educativos oficiales; sin embargo, se ha podido evidenciar que la presencia de estos entes dentro de las comunidades ha sido incipiente frente a las verdaderas necesidades que se presentaron durante el Siglo XX y que se han venido agudizando sistemáticamente, a medida que la población ha ido creciendo.

Probablemente el gobierno, en su búsqueda de la eficiencia en la gestión de los recursos destinados a la educación, generó que la transición entre esquemas administrativos y legales haya sido un proceso muy recurrente, que ha hecho inevitable la afectación de la continuidad de los proyectos relacionados con la educación pública, manifestándose comúnmente en obras escolares inconclusas o construidas en medio del afán, sin la proyección ni la supervisión adecuadas.

Dentro de este contexto de ineficiencia y ausencia estatal, se han gestado numerosos proyectos con auspicio no gubernamental (nacional o internacional) en los barrios marginados de Cali, los cuales han permitido a la comunidad suplir algunas de sus necesidades como respuesta al sinnúmero de conflictos sociales que se entretajan en las calles y hogares más pobres.

No es el objetivo de este proyecto hacer una recopilación de estudios desarrollados en las zonas marginales de Cali, pero sí se considera necesario hacer un breve acercamiento al problema de la vulnerabilidad de las escuelas públicas desde una perspectiva social. Durante la revisión de literatura relacionada con proyectos educativos e investigaciones en las escuelas, se encontraron varios informes sobre la zona del Distrito de Aguablanca, como el Proyecto Génesis de Innovación Escolar y Cambio Social (Camargo et al., 1997) y el Diagnóstico socio educativo de los centros docentes del Programa Gestión Educativa Local del Distrito de Aguablanca (Molina, 1996), en los cuales se identificaron algunos parámetros que caracterizan también el proceso evolutivo de las escuelas de otros sectores de Cali, como ha podido constatarse mediante las inspecciones hechas, dentro de la

agenda de este proyecto, en escuelas de sectores como Santa Elena, Terrón Colorado, Chiminangos, El Jordán y León XIII, entre otros.

Dentro de la compilación hecha para el Proyecto Génesis (Camargo et al., 1997), se publicó una entrevista a una "Investigadora", cuyo nombre no es revelado y que ha participado en numerosos proyectos en Aguablanca, en salud, en educación, en investigaciones de la Alcaldía e incluso en proyectos de participación comunitaria. En un documento llamado "Las Escuelas de Aguablanca", ella expresa que: *"..., pero ustedes saben mejor que yo lo utópico que es hablar de calidad de la educación en Aguablanca. Ustedes conocen las condiciones de la infraestructura de los centros docentes, que es otra más de las manifestaciones de la marginalidad de la educación en el Distrito."*

Con estas palabras introduce una investigación sobre los centros docentes del Programa Gestión Educativa Local del Distrito de Aguablanca (Molina, 1996), en la que se describen las características generales de las escuelas del distrito y que, como se mencionó antes, se pueden adaptar a las escuelas de otros barrios de la ciudad:

*"En las escuelas del Estado, se trabaja con mínimos recursos para su funcionamiento. La comunidad sobrelleva la carga de la educación, pues debe asumir el mantenimiento de los planteles y solucionar problemas que no son de su competencia (compra de trapeadores, escobas, mantenimiento de las instalaciones, etc.), para lo cual tienen que realizar pagos de cuotas, matrículas, mingas, rifas y bazares. Las escuelas del Estado poseen aulas de clase, patio de recreo, y la dirección es un salón pequeño en el que se atienden las tareas de coordinación, secretaría y es, a la vez, el lugar donde los profesores se reúnen, descansan y planean actividades, muchas veces también sirve de Biblioteca. Las áreas especializadas en las escuelas del Estado vienen siendo principalmente el restaurante escolar, donde lo hay. En el patio de recreo está incrustada una*



*cancha múltiple; este patio debe ser compartido por todos los juegos comunes de un recreo y grupos de niños que desean y les interesa jugar baloncesto o microfútbol, generando hacinamiento y atropello. En las escuelas de las juntas de acción comunal en representación de la comunidad y del Ejército Nacional (División Cantón Nápoles) se encuentra un salón destinado para todas las labores conjuntamente, no poseen áreas especializadas. No se encuentra un espacio definido para cada actividad administrativa, usándose una sala con subdivisiones hechas de madera o sencillamente por un escritorio."*

Pero el hacinamiento no es exclusivo de las "áreas libres" de las escuelas, también se sitúa en las aulas pues, en el Distrito de Aguablanca, cada aula debe alojar un promedio de 56,87 alumnos, teniendo en cuenta escuelas oficiales, colegios privados, instituciones educativas religiosas y centros docentes de carácter comunitario (Camargo et al., 1997).

A partir del testimonio de la trabajadora social arriba citada, se podría deducir que la normatividad aplicada en dichas construcciones escolares tiende a ser nula y por lo tanto que la calidad esperada de estas edificaciones es muy precaria; dicha situación, evidentemente, se reflejará en la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones hechas a retazos. Sin embargo, esta es una situación común no solo en las construcciones escolares; en gran cantidad de sectores de Cali la urbanización se ha dado como un proceso ininterrumpido de auto-construcción de viviendas, pues cada propietario ha avanzado en la construcción de su casa en la medida de sus posibilidades económicas y sin emplear la asesoría de una persona formada en el tema de la sismorresistencia o de las técnicas constructivas más apropiadas.

La gravedad que induce la autoconstrucción de las viviendas, en lo referente a la vulnerabilidad de las escuelas es que en muchas ocasiones el Municipio o la comunidad decide iniciar los proyectos escolares arrendando o comprando casas

ya construidas aduciendo ciertas facilidades para arrendar en algunos barrios marginados. Este es el caso de un mecánico industrial que un buen día decidió fundar una escuela en Marroquín (Barrio de la comuna 14) y convertirse en director y maestro. Él lo relata de la siguiente manera: *"Y llegué a Marroquín. ¿Por qué Marroquín y no otro sitio?, porque en ese tiempo era la moda (En el documento no se indica una fecha). Generalmente cuando uno va a empezar y no sabe para dónde va, busca los sectores más deprimidos, porque hay más facilidades, porque más fácil te arriendan una casa, porque la gente todavía no quiere venir a vivir. Inclusive había gente que daba la casa a cuidar, no más. Por eso escogí Marroquín. Marroquín lo hemos hecho nosotros, el gobierno y las entidades no gubernamentales"* (Camargo et al., 1997).

La evolución de las escuelas públicas, especialmente en los barrios marginados de Cali, ha sido un proceso complejo donde han intervenido, como lo dice el maestro de Marroquín, el gobierno, la comunidad y las entidades no gubernamentales; las necesidades se han ido supliendo en una búsqueda incansable de gente que ha trabajado, admirablemente, por las escuelas con "las uñas", pero quizás generando un escenario de vulnerabilidad en las construcciones escolares con muchas aristas.

### **3. MARCO TEÓRICO.**

#### **3.1. CONCEPTOS GENERALES.**

Conocer la terminología asociada a la vulnerabilidad de las edificaciones permite identificar las causas que la generan y, además, hace más eficiente la creación y aplicación de programas de prevención y mitigación de desastres de acuerdo con las condiciones naturales, sociales, culturales y políticas de una comunidad. Por lo anterior, es necesario hacer una breve descripción de algunos conceptos generales asociados al tema de la vulnerabilidad sísmica.

##### **3.1.1. Desastre.**

Es importante hacer una adecuada definición de este término, teniendo en cuenta no solamente el grado de destrucción, las pérdidas de vidas humanas y daños económicos que ocasiona en una determinada región, sino también los procesos sociales que generan condiciones de vulnerabilidad y que, por lo tanto condicionan su ocurrencia. Es decir, el desastre no será el fenómeno natural o humano, sino la relación de este con un contexto social, y solamente ocurrirá cuando los efectos del fenómeno superen la capacidad material, social, política, económica e institucional de la población para evitar sus efectos negativos (LA RED, 1995).



### **3.1.2. Amenaza sísmica.**

Se entiende por amenaza, al peligro latente asociado a un fenómeno físico, de origen natural o tecnológico, que puede presentarse en un lugar específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, bienes y el medio ambiente. Además, se puede definir como la probabilidad de ocurrencia, dentro de un período específico de tiempo y dentro de un área dada, de un evento potencialmente dañino generado por la ocurrencia de un fenómeno natural o por la actividad del hombre (UNDRO, 1979; Caicedo et al, 1994). La amenaza sísmica varía de un lugar a otro debido a la frecuencia e intensidad de los sismos que se presenten en determinada región (AIS, 2001).

Para identificar la existencia de amenaza sísmica, es necesario llevar a cabo estudios del medio que combinen el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora de sismos y la probabilidad de que un fenómeno, con una magnitud determinada, pueda ocurrir. La realización de estos estudios, permite adelantar acciones para reducir los efectos producidos por un sismo en las personas y edificaciones de una región (LA RED, 1995).

### **3.1.3. Magnitud de un sismo.**

Es una medida de la energía liberada por un sismo que no varía con la distancia al epicentro y se determina conociendo los registros de las ondas sísmicas en un sismógrafo situado a una distancia determinada del epicentro (García, 1998). La escala de magnitud fue originada en 1931 por K. Wadati, en Japón, y desarrollada por Richter en 1935, en California, además, debido a que las fuentes sísmicas se encuentran a cualquier distancia de una estación sismográfica, Richter también desarrolló un método para tener en cuenta la atenuación de la onda sísmica en el cálculo de la magnitud (Bolt, 2000). Es una escala logarítmica y por lo tanto, pasar

de un grado a otro significa un cambio considerable de energía liberada (Peraffán, 1978).

#### **3.1.4. Intensidad de un sismo.**

Es una medida subjetiva de los efectos y daños causados por un sismo en las personas y en las edificaciones, la cual se obtiene por medio de observadores, que se desplazan a las diferentes zonas afectadas por el sismo y allí asignan la intensidad para cada sitio, de acuerdo con los efectos observados. Por lo tanto, no es una medida única para un sismo, dado que el efecto producido en diferentes lugares por el mismo sismo es distinto y que, en la medida que el lugar se encuentre más alejado de la zona epicentral, menores serán los efectos (García, 1998). La escala de intensidad más utilizada es la de Mercalli Modificada (MM), que depende de la calidad de las construcciones y del grado de objetividad de las personas del lugar donde se haga la medición. Esta escala esta ordenada de menor a mayor grado de destructibilidad y esta definida desde el grado I, que indica que es sólo detectable por instrumentos muy sensibles como los sismógrafos, hasta el grado XII correspondiente a la destrucción total de la mayoría de las edificaciones (Peraffán, 1978).

#### **3.1.5. Efectos locales.**

Se definen como la variación de una señal sísmica entre dos puntos próximos, debido a la configuración geológica del lugar que se caracteriza por su geometría y sus propiedades dinámicas. Algunas de estas propiedades son las velocidades de onda S y P, la densidad, el módulo de corte y el coeficiente de amortiguamiento (García, 1998), siendo éstas un factor determinante en las características del

espectro de respuesta, debido a que influyen directamente en su amplitud, contenido frecuencial y duración (García y Alfaro, 2002).

Por medio de los Estudios de Microzonificación se pueden conocer las condiciones del suelo para cada zona, de una ciudad o región, con propiedades dinámicas similares permitiendo elaborar un espectro de respuesta para cada una, sin embargo, cuando se carece de una microzonificación se hace necesario emplear el espectro definido por la Norma Colombiana de Diseño Sismo Resistente, NSR -98, para el diseño sísmico de estructuras.

De acuerdo con el Título A de la NSR-98, los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles del suelo característicos S1, S2, S3 y S4, definidos de acuerdo con la conformación del terreno del lugar. Para tener en cuenta estos efectos, la Norma considera un coeficiente de sitio, S, cuyos valores varían entre uno y dos de acuerdo al perfil de suelo que se identifique en la zona (AIS, 1997).

### **3.1.6. Amenazas colaterales o efectos de segundo orden.**

Surgen como consecuencia de las vibraciones producidas por un sismo y pueden ocasionar pérdidas considerables. Las más comunes son deslizamientos y licuación de suelos, incendios e inundaciones.

El método usado para evaluar estas amenazas, es el mismo utilizado para estimar la vibración directa del suelo, el cual consiste en determinar qué tan grave puede ser la amenaza, calcular el área que puede verse afectada y con que rapidez puede ocurrir el fenómeno. Está de más decir, que la realización de estudios que permitan identificar este tipo de amenazas, son una herramienta importante para el desarrollo de planes de prevención y mitigación de desastres (Campos, 1992).



### 3.1.7. Vulnerabilidad sísmica.

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza, a sufrir daño o pérdidas (Wong et al, 1997). Además, es una característica dependiente de la forma como haya sido diseñada y construida la edificación, e independiente de la amenaza sísmica del sitio donde esté ubicada. Todo sistema constructivo susceptible de ser afectado por un terremoto, puede ser objeto de un estudio de vulnerabilidad, es decir, líneas vitales, puentes, edificaciones, entre otros (UNDRO, 1979).

Entender la vulnerabilidad de las edificaciones requiere identificar los factores de tipo social y físico - técnicos, sobre los cuales se debe actuar para reducir los efectos causados por la presencia de fenómenos naturales o antrópicos. Dentro de los factores determinantes en la vulnerabilidad de una región, se encuentran el establecimiento de asentamientos humanos en zonas con un alto grado de amenaza y la falta de planeación del desarrollo urbano de distintas regiones y comunidades. La presencia de estos asentamientos no solo se debe a la falta de conocimiento de la población, sino también a que no hay más opciones ni recursos para elegir terrenos más seguros (LA RED, 1995).

Para obtener resultados aceptables en un estudio como el que se plantea en este proyecto, se deben considerar conjuntamente los componentes estructural, no estructural y funcional de la vulnerabilidad de cada edificación perteneciente al universo en estudio. De allí la importancia de comprender estos conceptos dentro de la evaluación que se realice, pero no concebidos como aspectos independientes, sino como un conjunto de parámetros que actúan de manera integrada para determinar el grado de vulnerabilidad de una edificación.

- **Vulnerabilidad estructural.**

Este componente de la vulnerabilidad también se conoce como vulnerabilidad física, hace referencia al grado de afectación que pueden sufrir los elementos estructurales de una edificación y está relacionada con la capacidad que tiene una estructura para soportar las solicitaciones a las que se ve sometida en el momento de un sismo (Wong et al, 1997).

- **Vulnerabilidad no estructural.**

Está asociada a los daños que puedan tener los sistemas arquitectónicos de una edificación que, en términos económicos y de vidas humanas, pueden ser tan importantes como los daños estructurales (Wong et al, 1997).

- **Vulnerabilidad funcional.**

Se define en términos de los efectos de un desastre en el buen funcionamiento y desempeño de una edificación de acuerdo con su función (Wong et al, 1997). La Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR – 98, le da una importancia especial a la vulnerabilidad funcional, clasificando aquellas construcciones que tienen que seguir cumpliendo con su función y operación después de ocurrido cualquier evento o fenómeno sísmico, como edificaciones indispensables (AIS, 1997).

### **3.1.8. Riesgo sísmico.**

Se define como la probabilidad esperada de pérdidas de vidas y la posibilidad de que se presenten efectos económicos, sociales, físico – técnicos y ambientales,

como consecuencia de la materialización de la amenaza y del contexto social y ambiental que facilitan la ocurrencia de los desastres (UNDRO, 1979).

Conociendo la amenaza de una zona y la vulnerabilidad de los elementos que se encuentran en ella, se puede determinar el riesgo al que están sometidas. Por lo anterior, se puede expresar el riesgo sísmico como una función de la amenaza sísmica y de la vulnerabilidad de las edificaciones, de la siguiente manera (Wong et al, 1997):

$$\text{Riesgo Sísmico} = \text{Amenaza Sísmica} \times \text{Vulnerabilidad}$$

### **3.2. MÉTODOS PARA EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES.**

Actualmente existen una gran cantidad de herramientas metodológicas para la determinación del grado de vulnerabilidad, las cuales pueden ser adaptadas a un estudio en una zona específica. Estos métodos se clasifican en Analíticos y Cualitativos.

En los trabajos de grado relacionados con estudios de vulnerabilidad de edificaciones existentes, llevados a cabo en la Universidad del Valle en los últimos dos años, se han hecho recopilaciones detalladas de los métodos que se han desarrollado en el mundo, para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras (Chavarría y Gómez, 2001; Peralta, 2002). Por esta razón, a continuación se hará solo una breve descripción de los métodos estudiados y los parámetros que tienen en cuenta para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones.



### 3.2.1. Métodos analíticos.

Tienen su fundamento en un modelo calibrado que tiene en cuenta el análisis dinámico inelástico del edificio, que permite conocer el proceso de plastificación paso a paso y el posterior colapso de la estructura. La aplicabilidad de estos métodos ha sido muy discutida, ya que requieren una alta complejidad en el modelo utilizado y la evaluación del comportamiento de las edificaciones ante la posible ocurrencia de sismos de diferentes magnitudes, con el fin de cubrir las posibilidades de acción sobre la estructura (Construweb, 2001).

Entre los métodos más usados están el Método NSR-98, el Método FEMA 178, el Método ATC-14 y el Método FEMA-273 y son descritos brevemente a continuación.

- **Método NSR-98.**

En el capítulo A-10 de la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR – 98, se presenta una descripción de este método y los criterios que tiene en cuenta para evaluar la vulnerabilidad sísmica estructural de edificaciones construidas antes de la vigencia de dicha Norma.

Para llevar a cabo una evaluación de vulnerabilidad empleando este método, se debe realizar un análisis elástico dinámico de la estructura que permita estudiar su comportamiento y saber si cumple con los requisitos exigidos por la norma sísmica vigente. Con los resultados obtenidos de este análisis y las capacidades actuales calculadas en los elementos, se calculan los índices de sobre-esfuerzo y los índices de flexibilidad de los pisos cuyos valores inversos definirán el grado de vulnerabilidad de la estructura.

Se puede decir que el objetivo de este método es hallar los puntos débiles y posibles zonas de las estructuras que puedan causar pérdidas de vidas ante los eventos sísmicos (Palomino, 1999).

- **Método FEMA – 178.**

El Building Seismic Safety Council de EE.UU desarrollo este método, el cual es empleado para realizar la evaluación y el diagnóstico sísmico de cualquier edificación existente. Las guías y procedimientos del FEMA-178 son utilizados únicamente para evaluar la capacidad de la edificación en cuanto a si es peligrosa para ser ocupada o no, y no evalúa el uso de la estructura después del terremoto (Palomino, 1999).

La metodología del FEMA-178 plantea una serie de interrogantes para el sistema estructural, pórticos resistentes a momento, diafragmas, conexiones y amenazas geológicas, entre otros, los cuales están diseñados para descubrir defectos, puntos débiles o zonas vulnerables de la edificación. El análisis realizado por medio de este método se debe llevar a cabo mediante procedimientos simples y en caso de resultar que la edificación es cuestionable, se deberá realizar una investigación más detallada como la del NSR-98 o la del FEMA-273 (Palomino, 1999).

- **Método del ATC-14.**

Hace énfasis en la determinación de los “puntos débiles del edificio” con base en la observación de daños en edificios similares, producidos por eventos sísmicos anteriores.

Para determinar la vulnerabilidad de una edificación, se deben calcular los esfuerzos cortantes actuantes y los desplazamientos relativos del entrepiso. Con las fuerzas cortantes en los entrepisos se calcula el esfuerzo promedio ( $V_{av}$ ) de los

elementos resistentes verticales del edificio, el cual se compara con el esfuerzo estimado del material mediante la relación  $V_{av}/4.26$ ; si esta relación es menor que uno indica que la estructura presenta problemas de corte y que requiere de un análisis estructural más detallado (Cardona, 1990; Chavarría y Gómez, 2001).

- **Método FEMA-273.**

Está diseñado para identificar los elementos estructurales que podrían tener un mal comportamiento frente a la ocurrencia de un evento sísmico, porque tienen poca capacidad o resistencia. Además, define diferentes técnicas y criterios de diseño que permiten alcanzar diferentes niveles de desempeño sísmico de la edificación. Dentro de los niveles de desempeño sísmico se encuentran, el Nivel Operacional, Nivel de Ocupación Inmediata, Nivel de Protección de la Vida y el Nivel de Prevención de Colapso y su escogencia depende del comportamiento que se espere de la edificación durante y después de un sismo.

El procedimiento del FEMA-273 permite hacer una Rehabilitación Simplificada o una Rehabilitación Sistemática. La Rehabilitación Simplificada es usada para edificaciones bajas, de configuración geométrica sencilla y generalmente en zonas de amenaza sísmica baja e intermedia. La Rehabilitación Sistemática, se basa en el comportamiento no lineal de la respuesta de la estructura y revisa cada elemento estructural, para verificar la interacción aceptable de los desplazamientos esperados y de las fuerzas internas en los elementos estructurales (Palomino, 1999).

### **3.2.2. Métodos cualitativos.**

Para realizar el estudio de vulnerabilidad de un conjunto de edificios, se han desarrollado múltiples métodos cualitativos que permiten hacer la evaluación de



forma rápida y sencilla. Estos métodos son usados para obtener un estimativo de la vulnerabilidad de las edificaciones, lo que permite conocer el comportamiento de una zona urbana ante la ocurrencia de algunos fenómenos naturales, proporcionando con esto una herramienta muy importante para los planes de prevención y mitigación de desastres.

Dentro de los métodos cualitativos que han sido desarrollados se encuentran las Técnicas de Screening, el Método ATC-21, el Método NAVFAC, los Métodos japoneses, el Método venezolano, el Método I.S.T.C., el Método del índice de vulnerabilidad, el Método de la AIS y el procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado (Chavarría y Gómez, 2001).

- **Método ATC – 21.**

Conocido también como el Método de Revisión por Filtro de Peligros Sísmicos Potenciales en edificaciones existentes, es un método muy sencillo que se basa en darle una calificación inicial a la edificación, a la cual se le suman o restan puntos a medida que avanza la revisión y se filtran las características estructurales de la misma. Esta calificación inicial depende del tipo de estructura y del sistema de resistencia sísmica que tenga el edificio.

Los parámetros que este método tiene en cuenta para sumar o restar al puntaje inicial son la altura del edificio, las irregularidades geométricas, la flexibilidad de los pisos y la existencia de torsión en planta. La calificación obtenida al final de la revisión varía entre 0 y 6, siendo 2 la calificación sugerida como límite para definir la seguridad de la edificación. El resultado de la evaluación por este método puede ser considerado como una evaluación preliminar y, de obtener que un edificio es inseguro, deberá ser evaluado utilizando los procedimientos del NSR-98 o del FEMA-273 (Palomino, 1999).

- **Método NAVFAC.**

Determina el índice de daños que un sismo determinado puede causar en una estructura, evaluando la capacidad de la misma por medio del coeficiente de corte basal resistente ( $C_b$ ), el desplazamiento al tope de la estructura ( $S$ ) y el periodo fundamental ( $T$ ). Si el índice de daño global ( $I_g$ ) es mayor que el 60 % se debe proceder a realizar una evaluación más detallada de la estructura (Cardona, 1990).

- **Métodos japoneses.**

Su procedimiento consiste en la determinación de un índice sísmico ( $I_s$ ) que representa el comportamiento global de un entrepiso y depende de subíndices que caracterizan el comportamiento estructural de la edificación, el movimiento del terreno, la distribución de masas y rigideces, el deterioro con el tiempo, la importancia, edad y uso de la estructura (Cardona, 1990; Organización Panamericana de la Salud, 1993).

- **Método venezolano.**

El procedimiento propuesto en este método evalúa cortes por separado y calcula el índice sísmico por medio de una ecuación en la cual intervienen el cociente entre la fuerza cortante resistente del entrepiso y la fuerza sísmica cortante ( $E$ ), un índice que representa las condiciones de irregularidad en planta y en elevación ( $D$ ) y otro que representa las condiciones de deterioro en el tiempo ( $T$ ) (Cardona, 1990; Jaramillo y Trujillo, 1999).

Los índices que intervienen en la ecuación del índice sísmico se obtienen a partir de tablas desarrolladas por los creadores del método, para dar valores a los coeficientes que se emplean en el cálculo de dichos índices. Para el índice de deterioro los valores de los coeficientes se definen de acuerdo con parámetros que

involucran la inspección de aspectos como deflexiones, presencia de grietas en elementos estructurales, de columnas cortas, cambios de uso de las edificaciones, edad del edificio, estado de mantenimiento y ampliaciones o remodelaciones. Para el índice de irregularidad en planta y elevación tiene en cuenta la relación entre largo y ancho de la edificación, las discontinuidades del diafragma, los retrocesos, la presencia de planta baja libre, la uniformidad de las alturas de piso y el golpeteo.

- **Método del I.S.T.C.**

Determina la vulnerabilidad de un grupo de edificios cuya estructura está soportada por muros de mampostería de tipologías y características constructivas similares, evaluando la capacidad resistente del edificio por medio de dos parámetros,  $I_1$  e  $I_2$ , que representan los dos posibles modos de rotura en los muros. Con estos índices se calcula el índice  $I_3$ , que es utilizado para determinar, en conjunto con los otros dos, la vulnerabilidad del edificio sobre la base de la Función de Vulnerabilidad propuesta por el I.S.T.C. (Bernardini et al, 1992).

- **Método del índice de vulnerabilidad.**

Evalúa la vulnerabilidad de un edificio utilizando un formulario de levantamiento en el que se han recopilado, a través de los años, algunos de los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios. Dichos parámetros son la organización y calidad del sistema resistente, la resistencia convencional de los materiales, la posición del edificio y de la cimentación, los diafragmas horizontales, la configuración en planta y en elevación, la distancia máxima entre muros, el tipo de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación del edificio. La combinación de estos parámetros, por medio de una escala predefinida, en un único valor numérico llamado índice de vulnerabilidad es lo que hoy en día se conoce como el método del índice de vulnerabilidad.



El índice de vulnerabilidad de una edificación, se obtiene mediante una suma ponderada de los valores numéricos que expresan la "calidad sísmica" de cada uno de los parámetros estructurales y no estructurales, que se considera juegan un papel importante en el comportamiento sísmico de las estructuras.

Actualmente, se reconoce que este método sólo puede dar una estimación aproximada de la vulnerabilidad de los edificios, que permita tomar las decisiones pertinentes durante los planes de mitigación de desastres (Augusti et al, 1985).

- **Método de la AIS.**

Determina la vulnerabilidad sísmica de viviendas de mampostería, evaluando sus aspectos geométricos, constructivos y estructurales. Dentro de los aspectos que se evalúan están, la irregularidad en planta y en altura, la cantidad de muros, la calidad de las juntas de pega en mortero y de los materiales, las vigas de amarre, los muros confinados y reforzados, cimentación, suelos, entorno, entre otros. Cada uno de ellos se califica mediante la visualización y la comparación con patrones generales. Esta calificación se realiza en tres niveles: vulnerabilidad baja, vulnerabilidad media y vulnerabilidad alta.

Finalmente, después de que se haya obtenido y calificado toda la información requerida, se hace una calificación global de la vulnerabilidad sísmica de la vivienda, con base en las deficiencias que presente en cualquiera de los aspectos estudiados (AIS, 2001).

- **Procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado.**

Este procedimiento fue concebido desde el principio para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de uno y dos pisos para una zona determinada, pero se puede adaptar fácilmente a otras condiciones sísmicas ya que considera efectos

locales. Relaciona directamente el grado de vulnerabilidad dependiente de la demanda de ductilidad, con la descripción de los posibles efectos sísmicos sobre la estructura (Cardona y Hurtado, 1990).

### **3.3. MÉTODO SIMPLIFICADO PARA ESTIMAR VELOCIDADES Y ACCELERACIONES MÁXIMAS EN EDIFICIOS.**

#### **3.3.1. Descripción.**

El método fue desarrollado con base en un modelo continuo que combina la aplicación de un análisis modal con un modelo simplificado, para estimar las aceleraciones absolutas máximas en edificios al ser sometidos a movimientos sísmicos. El modelo que plantea consiste en una viga vertical equivalente en voladizo que combina las deformaciones laterales de flexión y cortante, el cual, a partir del período fundamental de vibración de la edificación y de un parámetro adimensional que mide el grado de participación de las deformaciones laterales por flexión y cortante, permite determinar los períodos de vibración correspondientes a los modos superiores, las formas modales y los factores de participación modal del edificio.

La importancia de este modelo radica en que para estimar las posibles pérdidas por sismo en una edificación, o para realizar un mejor diseño de la estructura intentando limitar los daños en la misma, es necesario estimar las velocidades y aceleraciones que pueden ocurrir en los diferentes pisos de un edificio (Miranda, 2001).

### **3.3.2. Aplicabilidad.**

Es recomendable aplicar este método cuando se desea realizar este tipo de análisis para un número elevado de inmuebles o para estimar los posibles daños en edificaciones existentes. Sin embargo, el método es aplicable solamente en edificios altos y en edificaciones en las que la base del sistema estructural sean marcos, muros de rigidez o la combinación de estos elementos. Además, la rigidez lateral de la estructura debe permanecer constante en toda la altura del edificio.

Por otro lado, el método utiliza un análisis modal que solamente tiene en cuenta los tres primeros modos de vibración de la estructura, por lo que su aplicabilidad se limita para edificios en suelos blandos en los que la participación de los modos superiores es menor. Si esta metodología desea aplicarse en estructuras sobre suelos firmes se debe considerar una incertidumbre considerable en los resultados, debido a que el contenido de frecuencias del movimiento del terreno incrementa la participación de los modos (Miranda, 2001).

### **3.4. MUESTREO ESTADÍSTICO.**

El objetivo de un estudio estadístico es, principalmente, analizar y evaluar determinados parámetros de una población. Cuando esta población es grande y no puede ser estudiada en su totalidad, es necesario definir y justificar la utilización de técnicas de muestreo que permitan realizar la escogencia de una muestra representativa de la misma (Cochran, 1980).

Realizar una evaluación detallada de todas las edificaciones escolares oficiales de la ciudad, está por fuera de los alcances de este trabajo, es por esta razón que la definición de técnicas de muestreo es tan importante para lograr un trabajo de



campo con menos personal y con un menor volumen de información reduciendo los costos, haciendo más rápida la evaluación y, a su vez, permitiendo una precisión considerable.

### **3.4.1. Población, censo y muestra.**

Las muestras se emplean como un medio para acercarse al conocimiento de la realidad. Sin embargo, para que a través ellas sea posible reproducir el universo con la precisión que se requiera en cada caso, es necesario que el diseño muestral cumpla los principios de las técnicas de muestreo. Los conceptos fundamentales que permiten tener una idea clara de los métodos de muestreo más utilizados son: población, censo y muestra. A continuación, se presentan las definiciones de estos conceptos.

- **Población.**

La palabra población es empleada para indicar la totalidad del universo que interesa considerar, y que se requiere esté bien definido para que, en todo momento, se tenga claro qué elementos lo componen. No obstante, teniendo en cuenta las limitaciones para la obtención de información, cuando se realiza un trabajo puntual, conviene distinguir entre la población objetivo, definida como el conjunto de elementos a los cuales se quiere extrapolar los resultados, y la población estudiada, definida como el conjunto de elementos accesibles en el estudio (Sánchez, 1980; Cochran, 1980).

- **Censo.**

Es el estudio de todos los elementos que componen la población. La realización de un censo no siempre es posible por los costos en tiempo y dinero, las posibles

pruebas destructivas a las que haya que someter a los elementos y el tamaño de la población sea infinito o tan grande que exceda las posibilidades del investigador (Zarkovich, 1967). Según Sánchez (1980) si el estudio de estos elementos se realiza sobre la población estudiada, y no sobre la población objetivo, entonces el proceso recibe el nombre de marco o espacio muestral.

- **Muestra.**

Se entiende por muestra a una parte representativa de la población, la cual debe reunir las similitudes, las diferencias y las características de ésta que sean importantes para la investigación. La selección de una muestra se recomienda cuando no es posible o recomendable realizar un censo de la población que se desea estudiar (Campos, 1992).

### 3.4.2. Tamaño de la muestra.

La determinación del tamaño óptimo de la muestra se debe realizar teniendo en cuenta que debe ser lo suficientemente pequeña, para lograr que el costo del estudio sea bajo, y lo suficientemente grande, para que el error del muestreo sea admisible. La estimación del tamaño de la muestra se puede hacer partiendo de un conocimiento del nivel de precisión deseado, los costos relativos y el tiempo requerido (Cochran, 1980).

Debido a la complejidad del cálculo del tamaño de la muestra con respecto a todas las características del programa censal, es aconsejable, en tales casos, seleccionar un cierto número de características que se consideren fundamentales para el uso que se quiera hacer de los datos, y calcular el tamaño de la muestra respecto a ellos (Cochran, 1980). Por lo tanto, para calcular el tamaño de la muestra, es recomendable realizar encuestas preliminares que permitan tener un mejor

conocimiento de los parámetros de evaluación y de la variabilidad de las características dentro de los elementos objeto de estudio (Campos, 1992).

### **3.4.3. Métodos de muestreo.**

Los métodos desarrollados para realizar muestreos estadísticos, se clasifican en métodos de muestreo probabilístico y métodos de muestreo no probabilístico. De acuerdo con las recomendaciones del profesor Roberto Behar en Campos (1992), se puede establecer que los métodos de muestreo que más se adaptan a una evaluación de la vulnerabilidad sísmica son los probabilísticos. Los métodos probabilísticos son aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra y, por consiguiente, todas las posibles muestras de tamaño  $n$  tienen la misma probabilidad de ser elegidas. Solo esta clase de métodos de muestreo nos aseguran la representatividad de la muestra extraída y por esta razón son los más recomendables. A continuación, se presenta una breve descripción de estos métodos.

#### **▪ Muestreo aleatorio simple.**

Es un método de selección de  $n$  unidades en un conjunto de  $N$  de tal modo que cada una de las combinaciones tengan la misma oportunidad de ser elegidas. El procedimiento empleado consiste en asignar un número a cada individuo de la población y a través de algún medio mecánico elegir tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de la muestra requerido. Este procedimiento tiene muy poca o nula utilidad práctica cuando la población que se quiere estudiar es muy grande (Cochran, 1980).



- **Muestreo aleatorio sistemático.**

De acuerdo con lo planteado por Cochran (1980), esta técnica exige, como la anterior, numerar todos los elementos de la población, de los cuales se extrae un número aleatorio. Después, a partir de este número aleatorio  $i$  se definen los elementos que integran la muestra como  $i, i+k, i+2k, i+3k, \dots, i+(n-1)k$ , donde  $k$  es el resultado de dividir el tamaño de la población entre el tamaño de la muestra.

- **Muestreo aleatorio estratificado.**

En Sánchez (1980) se plantea que esta técnica implica una división de la población en categorías típicas diferentes entre sí llamadas estratos, los cuales presentan una gran homogeneidad respecto a alguna característica específica de la población. Cada estrato funciona independientemente, lo que permite la aplicación simultánea de métodos de muestreo diferentes para elegir los elementos específicos que formarán parte de la muestra. Los criterios de estratificación, su número y el de estratos dependen de los objetivos concretos de cada caso, de la información disponible y de la estructura de la población; las variables utilizadas para la estratificación deben estar correlacionadas con las variables objeto de la investigación.

- **Muestreo aleatorio por conglomerados.**

Este tipo de muestreo se utiliza cuando no existe un listado de las unidades o estas se encuentran demasiado dispersas. En este caso, la unidad muestral es un grupo de elementos de la población que forman una unidad denominada conglomerado. El muestreo por conglomerados consiste en seleccionar aleatoriamente un número determinado de conglomerados y en estudiar cada uno de sus elementos (Sánchez, 1980; Zarkovich, 1967).

Según Cochran (1980), ante lo compleja que puede llegar a ser la situación real de un muestreo determinado y dado que en la mayor parte de las aplicaciones, las unidades conglomerados (como son municipios, ciudades o manzanas de una ciudad) contienen números diferentes de elementos o subunidades (como son regiones geográficas, viviendas o personas), se recomienda emplear el muestreo polietápico. Este tipo de muestreo se caracteriza por operar en sucesivas etapas, empleando en cada una de ellas el método de muestreo probabilístico más adecuado.

## **4. METODOLOGÍA.**

### **4.1. MUESTREO DE ESCUELAS.**

La población objetivo de este estudio son las escuelas públicas localizadas en la zona urbana de la ciudad de Cali que, de acuerdo con el listado de la Gobernación del Valle (2001), está compuesta por 197 unidades de muestreo o, en este caso, establecimientos educativos.

La distribución espacial de las escuelas y los recursos existentes para el desarrollo de este estudio, son los aspectos que determinaron la necesidad de hacer la selección de una población estudiada contenida en la población objetivo. Según Cochran (1980), la razón es que localizar un número definido de escuelas y desplazarse entre ellas genera mayores costos de campo (en tiempo, dinero y recursos humanos) que localizar el mismo número de establecimientos, si estos se encuentran concentrados en sectores específicos de la ciudad (un grupo de manzanas, un barrio, una comuna, etc.).

#### **4.1.1. Criterios para la selección de la población estudiada.**

La selección de la población estudiada se realizó aplicando la técnica de muestreo por conglomerados, que es la que más se adapta a las condiciones de este estudio. Para aplicar dicha técnica, Cochran (1980) plantea que aunque se cuente con una lista de unidades de muestreo, es recomendable, definir unidades conglomeradas mayores o grupos de escuelas, con base en características



específicas establecidas de acuerdo con la información disponible, buscando un refinamiento en el muestreo.

Una fuente de información es el listado de establecimientos educativos de la Gobernación del Valle (2001), que proporciona información sobre la dirección, barrio, comuna, número telefónico y el nombre del director o directora de cada establecimiento.

Adicionalmente, para la ciudad de Cali, se cuenta con una cartografía digital en desarrollo por el Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO, 2002), compuesta por capas de información muy útiles dentro de un análisis de vulnerabilidad a gran escala; las capas de información son la distribución urbanística (área municipal, manzanas, barrios y comunas), la topografía, la geología, la ubicación de los establecimientos educativos, los drenajes y las vías.

Por consiguiente, las características consideradas para la selección de los conglomerados fueron el tipo de suelo, la geología, la topografía, la ubicación, teniendo en cuenta, también, la facilidad de acceso y los aspectos socioeconómicos del sector donde se encuentra cada escuela.

En relación con el tipo de suelo y la geología del lugar de emplazamiento de las escuelas, se crearon grupos de escuelas de acuerdo con las distintas formaciones presentes en la ciudad. De acuerdo con OSSO (2002), las formaciones geológicas superficiales de los terrenos donde están emplazadas las escuelas son: conos aluviales del río Cali, Cañaveralejo y Meléndez; estratos de arenas, limos y arcillas (Q1, Q2, Q4, Q5 y Q6), depósitos derivados del Terciario (Qc), depósitos torrenciales (Qd), depósitos de rocas sedimentarias (QvT), rocas sedimentarias (T) y diabasas parcialmente meteorizadas (Kv).

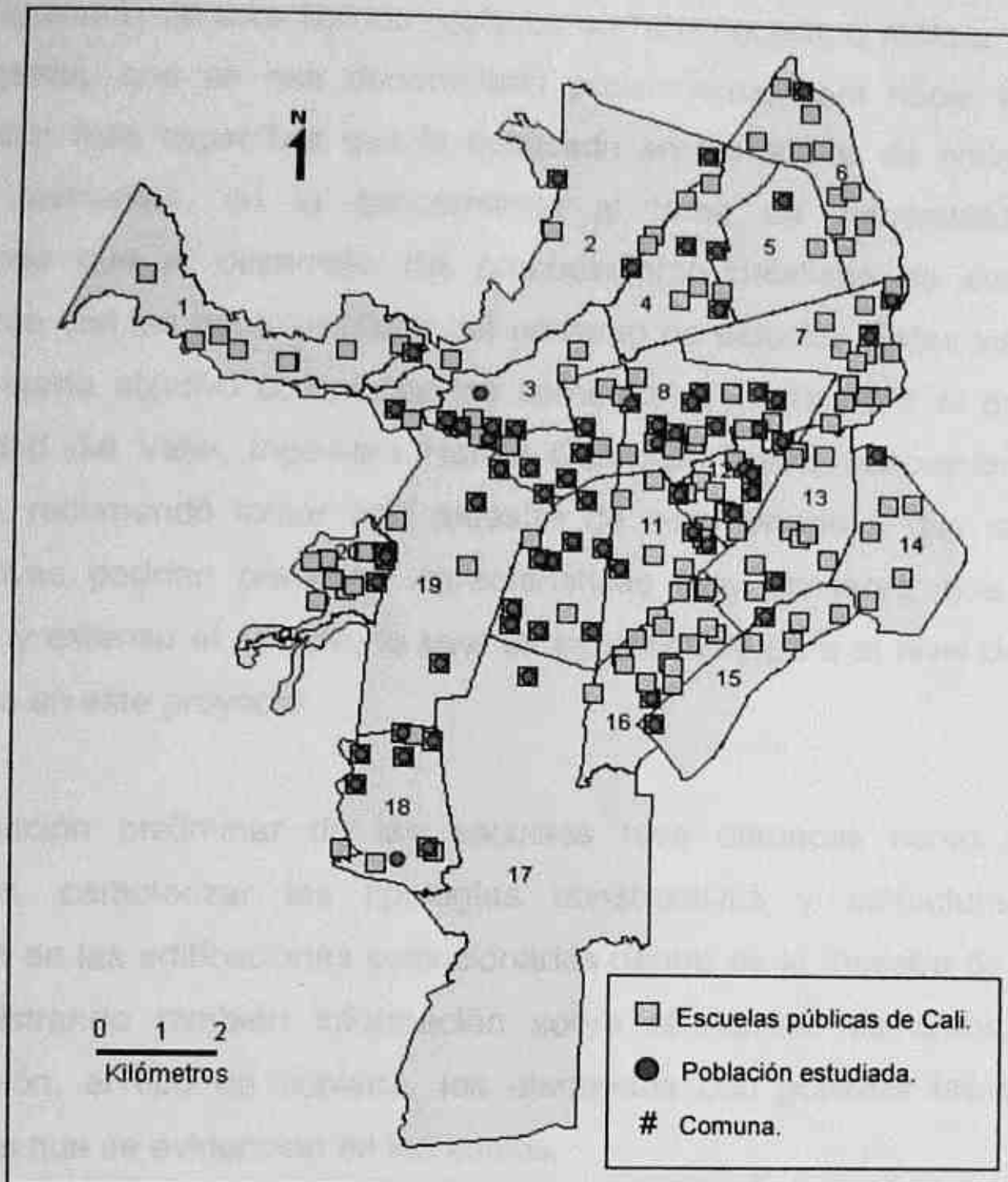
Con respecto a la topografía de las zonas donde se encuentran ubicadas las escuelas públicas urbanas de Cali, se formaron dos grupos, uno de ellos con las escuelas localizadas en el piedemonte de la Cordillera Occidental, con pendientes entre el 12 y el 30 %, y el otro con las escuelas de la zona plana de la ciudad, con pendientes inferiores al 3 %.

#### **4.1.2. Selección de las escuelas de la población estudiada.**

A partir del cruce de la información geológica y topográfica con la ubicación urbanística, se generó un listado de 150 escuelas públicas para iniciar las visitas y yendo a cada sector de la ciudad, se empezaron a descartar algunos establecimientos situados muy cerca de algunos que ya habían sido visitados, teniendo en cuenta que se tomaran elementos de todos los conglomerados formados. En otros casos, se descartaron establecimientos que se encontraban en zonas donde, según los comentarios de vecinos y vecinas, no era recomendable ingresar por su alta peligrosidad.

La población estudiada está constituida por 70 escuelas públicas, distribuidas dentro del conjunto de comunas de Cali, las cuales constituyen una muestra del 31,6 % del universo de escuelas oficiales de este municipio. En el Anexo 1 se presenta la lista de las escuelas seleccionadas y en la Figura 3 su distribución en la ciudad de Cali.

Previamente, se conocía una lista con 33 escuelas que han sido reportadas por la Secretaría de Educación Municipal, como las que se encuentran en las peores condiciones, y se incluyó una muestra de 13 de ellas para la evaluación preliminar, teniendo en cuenta también, los criterios de selección expuestos anteriormente. En el Anexo 2 se puede observar una lista de las 33 escuelas en riesgo.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

**Figura 3.** Escuelas públicas de la población estudiada.

#### 4.1.1. Diseño de la encuesta para la evaluación preliminar.

Al iniciar este trabajo de grado no existía recopilación de información sobre las escuelas aparte de la que se expone en el listado oficial de la Gobernación del Valle, la cual se limita a direcciones, teléfonos, barrios, núcleos, directores y directoras. No se ha podido encontrar un registro integrado o una base de datos que contenga los años de construcción, las tipologías constructivas y arquitectónicas de las escuelas públicas.



Ante la ausencia de este tipo de registros se hizo necesario realizar una serie de visitas cortas, que se han denominado preliminares, para hacer el acopio de información más específica que la publicada en los diarios de noticias o en los listados existentes, en lo concerniente al tema de vulnerabilidad sísmica, permitiendo que el desarrollo del procedimiento detallado de evaluación sea consistente con las características del universo de estudio. Estas visitas también tuvieron como objetivo comprobar los comentarios hechos por el profesor de la Universidad del Valle, Ingeniero Harold Cárdenas quien, conocedor de algunas escuelas, recomendó tomar una muestra de ellas debido a que sus tipologías constructivas podrían presentar características muy similares, que harían muy repetitivo y extenso el estudio, lo cual es injustificable para el nivel de detalle que se plantea en este proyecto.

La evaluación preliminar de las escuelas tuvo entonces como uno de sus propósitos, caracterizar las tipologías constructivas y estructurales que se presentan en las edificaciones seleccionadas dentro de la muestra de escuelas de Cali, registrando también información sobre el número de pisos, el año de construcción, el tipo de cubierta, los elementos con posibles fallas y tipos de problemas que se evidencian en los suelos.

El acopio de esta información se hizo por medio de una sencilla encuesta que se adaptó a partir del formato empleado por la Comisión Científica de Evaluación Post - terremoto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, para la evaluación de daños realizada después del sismo del 25 de enero de 1999 ocurrido en el Eje Cafetero. La encuesta fue diseñada para inspecciones visuales cualitativas sobre el tipo de estructura, la cubierta, los elementos estructurales y no estructurales con evidencias de deterioro o fallas y los problemas asociados a los suelos, además de observaciones e información sobre localización, edad de la construcción y número de edificaciones de cada escuela. La adaptación a este estudio de dicha encuesta se muestra en la Figura 4.

Escuela: _____	
Dirección/teléfono: _____	
Director: _____	
Número de edificaciones: _____	
<b>1. Número máximo de pisos por edificación:</b> _____	
<b>2. Año de construcción:</b> _____	
a. Antes de 1984	_____
b. Entre 1984 y 1998	_____
c. Después de 1998	_____
<b>3. Tipo de estructura:</b>	
a. Pórtico de concreto	_____
b. Muros confinados	_____
c. Mampostería reforzada	_____
d. Estructura mixta	_____
e. Muros sin confinar	_____
f. Muros de bahareque	_____
g. Madera - esterilla	_____
h. Otro	_____
<b>4. Tipo de Cubierta:</b>	
a. Placa de concreto	_____
b. Teja de barro	_____
c. Teja de asbesto-cemento	_____
d. Otro	_____
<b>5. Elementos con posibles fallas:</b>	
a. Pórticos	_____
b. Losas	_____
c. Cubierta	_____
d. Pisos	_____
e. Cimentación	_____
f. Mampostería	_____
g. Escalera	_____
h. Muro de contención	_____
i. Arquitectónico	_____
<b>6. Suelos:</b>	
a. Asentamientos	_____
b. Grietas	_____
c. Deslizamientos	_____
e. Otros	_____
<b>OBSERVACIONES</b>	
_____	
_____	
_____	
_____	

Adaptada del formato empleado por la Comisión Científica de Evaluación Post-terremoto (Universidad del Valle, 1999).

**Figura 4.** Encuesta de evaluación preliminar.

#### 4.1.4. Análisis de la información recolectada en la visitas preliminares.

Por razones del desarrollo metodológico (conocimiento de campo de una muestra de escuelas, de sus características constructivas, localización, etc.) y para sentar las bases de la evaluación detallada, es necesario analizar la información de las 70 escuelas visitadas.

- **Número de edificaciones:**

De los 70 establecimientos visitados, 17 tienen una edificación (24,3 %), nueve tienen dos edificaciones (12,9 %), 24 tienen tres edificaciones (34,3 %), siete tienen cuatro edificaciones (10,0 %), nueve tienen cinco edificaciones (12,9 %) y cuatro tienen seis o más edificaciones (5,7 %).

**Tabla 2.** Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el número de edificaciones.

No. de edificaciones	No. de escuelas	% del total
1	17	24,3
2	9	12,9
3	24	34,3
4	7	10,0
5	9	12,9
6 o más	4	5,7

- **Número máximo de pisos por edificación:**

La distribución del número máximo de pisos arrojó que, de las 70 escuelas visitadas, 37 (52,9 %) tienen solo edificaciones de un piso, 31 (44,3 %) tienen edificaciones máximo de dos pisos y dos (2,9 %) tienen una edificación de tres pisos.

**Tabla 3.** Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el número de pisos.

No. de pisos	No. de escuelas	% del total
1	37	46,8
2	31	40,3
3	2	2,9



#### ▪ Año de construcción:

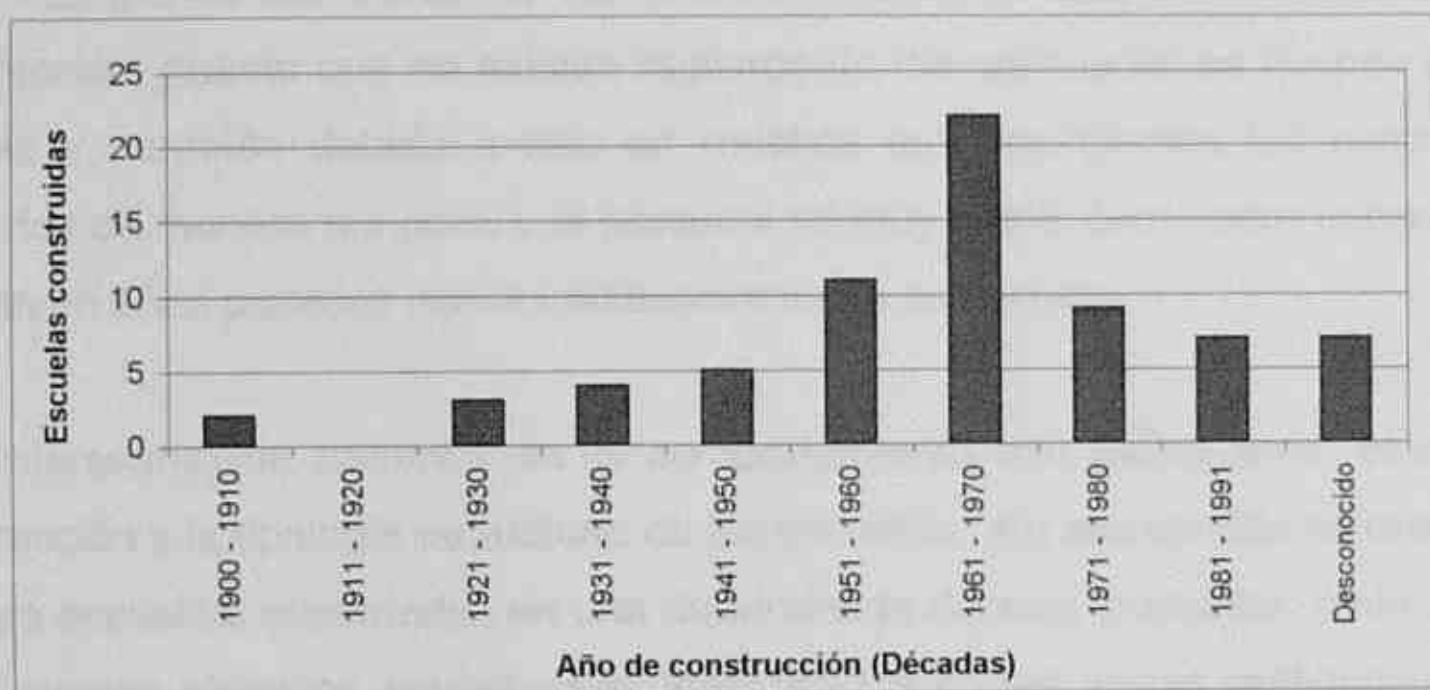
Para caracterizar este parámetro se establecieron inicialmente tres intervalos, de acuerdo con las fechas de expedición de la primera y segunda Norma Sismorresistente en Colombia, sin embargo, estos tres intervalos no fueron muy dicentes, pues de las 70 escuelas visitadas, 58 fueron construidas antes de 1984 y 5 fueron construidas entre 1984 y 1998. Para siete escuelas visitadas no se conoce el año de construcción porque no existen registros y, en otros casos, el personal docente y administrativo es nuevo; en estos casos solo fue posible suponer que fueron construidas antes de 1984 debido a la tipología constructiva observada y a los comentarios de los vecinos que pudieron entrevistarse.

Para optimizar esta clasificación se determinaron 9 intervalos por décadas desde 1901 hasta 1991, pero excluyendo del conteo las siete escuelas cuyo año de construcción exacto no fue posible conocer. Estos intervalos hicieron más clara la distribución de este parámetro, haciéndose evidente que la mayor concentración, el 31,43 %, se encuentra en el período comprendido entre 1961 y 1970. Le siguen las décadas de 1951 a 1960 y de 1971 a 1980 con concentraciones de 15,71 % y 12,86 %, respectivamente. Las décadas comprendidas entre 1931 y 1950 presentan 5,71 y 7,14 % cada una y la década de 1981 a 1991 10,0 %. Las décadas comprendidas entre 1900 y 1930 presentan concentraciones menores al 5,0 %.

En la Tabla 4 puede verse la distribución por décadas de los años de construcción de las 63 escuelas visitadas en las que se pudo conocer este parámetro con alguna precisión, y en la Figura 5 se puede observar el histograma de los datos.

**Tabla 4.** Distribución por décadas de los años de construcción de las escuelas públicas visitadas.

Intervalo	Cantidad	%
1900 - 1910	2	2,86
1911 - 1920	0	0,00
1921 - 1930	3	4,29
1931 - 1940	4	5,71
1941 - 1950	5	7,14
1951 - 1960	11	15,71
1961 - 1970	22	31,43
1971 - 1980	9	12,86
1981 - 1991	7	10,00
Se desconoce	7	10,00
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100</b>



**Figura 5.** Histograma de años de construcción de las escuelas públicas visitadas.

▪ **Estructura:**

Los sistemas estructurales encontrados en las 70 escuelas visitadas fueron: Pórtico en Concreto, Muros confinados, Muros sin confinar y la combinación de los anteriores. De la matriz se obtuvo que, de las escuelas visitadas, 16 (22,9 %) tienen solo Muros sin confinar y 19 (27,1 %) tienen solo Muros confinados. Las que tienen edificaciones con varias tipologías estructurales siguieron este

comportamiento: 16 (22,9 %) tienen edificaciones de Muros confinados con edificaciones de Muros sin confinar, cinco (7,1 %) tienen edificaciones de Muros sin confinar con una edificación de Pórtico en Concreto, 13 (18,6 %) tienen edificaciones de Muros confinados con una edificación en Pórtico y solo una (1,4 %) tiene una edificación en Pórtico en Concreto con edificaciones de Muros sin confinar y Muros confinados.

En todas las escuelas que tienen pórtico en concreto, este se presenta en una sola edificación y, por su apariencia y por los comentarios de algunos profesores, se estima que son construcciones muy nuevas (de 4 a 3 años de antigüedad), aunque en la mayoría de los casos no fue posible determinar con exactitud su año de construcción, puesto que no existen registros de las adecuaciones hechas a cada escuela y, también debido a que en muchos establecimientos los cargos son ocupados de manera temporal y el personal es muy nuevo como para conocer qué sucedió en años pasados con las edificaciones de su escuela.

Algo interesante de observar es el comportamiento que existe entre el año de construcción y la tipología estructural de las escuelas. En ese sentido se determinó cuántas escuelas, construidas en una determinada década, presentan cada uno de los diferentes sistemas estructurales identificados en las visitas preliminares. El comportamiento para cada década fue el siguiente:

De 1900 a 1910: De las dos escuelas visitadas en esta época...

De 1900 a 1910: De las dos escuelas visitadas que fueron construidas en este período, una tiene muros confinados y la otra tiene edificaciones con muros confinados y edificaciones con muros sin confinar.

De 1911 a 1920: No se visitó ninguna escuela construida en este periodo.

De 1921 a 1930: De las tres escuelas visitadas en este periodo...

De 1921 a 1930: De las tres escuelas visitadas que se construyeron en este período, una presenta muros sin confinar y dos presentan muros confinados.



De 1931 a 1940: De las cuatro escuelas que se cuentan en este intervalo, todas presentan muros sin confinar y una de ellas presenta adicionalmente una edificación con un pórtico. Cabe anotar que este pórtico muy posiblemente no fue construido en aquella época sino que es una construcción muy nueva, como se había anotado anteriormente.

De 1941 a 1950: De las cinco construidas en esta década, una presenta muros confinados, dos presentan muros sin confinar y dos tienen edificaciones con muros confinados y edificaciones con muros sin confinar.

De 1951 a 1960: En este intervalo se cuentan once escuelas. Cinco de ellas tienen muros confinados, cuatro muros sin confinar, dos presentan edificaciones de muros confinados y muros sin confinar. Dos de estas edificaciones tiene una edificación adicional con pórtico en concreto, construido recientemente.

De 1961 a 1970: De las escuelas visitadas, 22 fueron construidas durante este periodo. Nueve presentan muros confinados, seis muros sin confinar, siete la combinación de estos. Cuatro de estos establecimientos tiene una edificación con pórtico en concreto con edades no superiores a cuatro años.

De 1971 a 1980: De las nueve escuelas construidas en esta época, dos tienen muros sin confinar, cinco presentan muros confinados y dos tienen muros confinados y sin confinar. Al igual que en la década anterior, en esta época, se encontraron cuatro establecimientos que tienen una edificación adicional con pórtico en concreto construida recientemente.

De 1981 a 1991: Se visitaron siete escuelas. Seis de ellas presentan edificaciones con muros confinados, las cuales tienen una edificación con pórtico

en concreto de tres a cuatro años de edad y la otra, tiene solamente muros confinados.

En la Tabla 5 pueden observarse los datos del conteo realizado para este análisis. El total de escuelas analizadas fue de 63 porque no se conocen los años de construcción de las escuelas restantes.

**Tabla 5.** Distribución por décadas de los años de construcción de las escuelas visitadas en relación con las tipologías estructurales.

Intervalo	Cantidad	MC	MSC	MC + MSC
1900 - 1910	2	1		1
1911 - 1920	0			
1921 - 1930	3	2	1	
1931 - 1940	4		4	
1941 - 1950	5	1	2	2
1951 - 1960	11	5	4	2
1961 - 1970	22	9	6	7
1971 - 1980	9	5	2	2
1981 - 1991	7	7		
Desconocido	7	2	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>17</b>

MC: muros confinados y MSC: muros sin confinar.

#### ▪ **Cubierta:**

Los tipos de cubierta encontrados fueron teja de barro, teja de asbesto – cemento y sistema residencial (teja de barro y asbesto – cemento). De las 70 escuelas visitadas preliminarmente, 30 (42,9 %) tienen cubierta de teja de barro, 13 (18,6 %) tienen cubierta de asbesto – cemento, siete (10,0 %) tienen sistema residencial, 14 (20,0 %) tienen edificaciones con teja de asbesto – cemento y edificaciones con teja de barro, cinco (7,14 %) tienen edificaciones con teja de asbesto – cemento y edificaciones con sistema residencial y en una escuela se desconoce el material de cubierta.

**Tabla 6.** Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con el tipo de cubierta.

Tipo de Cubierta	No. de	% de total
Teja de barro	30	42,9
Teja de asbesto cemento	13	18,6
Sistema residencial	7	10,0
Teja de barro y asbesto-cemento	14	20,0
Teja de asbesto-cemento y sistema residencial	5	7,1
Se desconoce el material de cubierta	1	1,4
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	<b>100,0</b>

▪ **Elementos con posibles fallas estructurales:**

En el Formulario Preliminar se consideró que dentro de los posibles elementos con fallas están los pórticos, las losas, la cubierta, los pisos, la cimentación, la mampostería, las escaleras, los muros de contención y los elementos arquitectónicos. De las 70 escuelas visitadas, cinco presentan fallas en los pórticos, cinco en las losas, cuatro en la cubierta, 41 en los pisos, tres en la cimentación, 45 en la mampostería, seis en las escaleras, una en el muro de contención y 42 en elementos arquitectónicos.

**Tabla 7.** Distribución de las escuelas visitadas de acuerdo con los elementos que presentan posibles fallas.

Elementos con posibles fallas	No. de escuelas	% del total
Pórticos	5	7,1
Losas	5	7,1
Cubierta	4	5,7
Pisos	41	58,6
Cimentación	3	4,3
Mampostería	45	64,3
Escaleras	6	8,6
Muro de contención	1	1,4
Elementos arquitectónicos	42	60,0



- **Suelos:**

Para clasificar los problemas en las edificaciones asociados al comportamiento del suelo, se evaluaron los siguientes aspectos: asentamientos, grietas y deslizamientos. De las 70 escuelas visitadas, 29 tienen problemas de asentamientos, 31 presentan grietas y en una se observó un pequeño deslizamiento.

**Tabla 8.** Distribución de escuelas de acuerdo con los problemas asociados al comportamiento del suelo.

Problemas en suelos	No. de escuelas	% del total
Asentamientos	29	41,4
Grietas	31	44,3
Deslizamientos	1	1,4

- **Otros problemas observados:**

En el Formulario Preliminar se pudo registrar, por medio de las Observaciones, información muy importante que será de gran utilidad en el análisis que comprenda la información tanto preliminar como detallada. La observación de estos aspectos se hizo desde el exterior de las instalaciones en cinco escuelas, debido a que no fue posible el ingreso. Esta información se resume en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Problemas generales observados en las edificaciones escolares.

Resumen de observaciones	No. de escuelas
Juntas inadecuadas	8
Columna corta	10
Ampliaciones	9
Vanos grandes	30
Culatas sueltas	17
Irregularidades en planta y en altura	9
No coincidencia en los niveles de las losas	20
No hay continuidad en viguetas y columnetas	6
Cielorraso deteriorado	8

#### 4.1.5. Selección de la muestra específica.

Para un estudio de vulnerabilidad sísmica a gran escala, con el nivel de profundidad que se planteó en este estudio, se consideró que no es necesario evaluar la totalidad de las escuelas de la población estudiada, dado que durante las visitas preliminares se constató que muchas edificaciones presentan la misma tipología estructural, al igual que problemas comunes que pueden incidir en la vulnerabilidad sísmica, lo que las hace muy similares y haría la evaluación muy repetitiva. Otro aspecto que fue posible sondear mediante las visitas preliminares fue el año de construcción que también tiene una distribución muy característica, con mayores concentraciones durante períodos muy definidos.

Partiendo de estos dos parámetros de selección de una muestra específica (tipología estructural y edad) se planteó un parámetro adicional: el lugar de emplazamiento de las edificaciones. Aunque Cali carece de un estudio de microzonificación, con base en estudios hechos en zonas específicas (Municipio de Cali, 1996; Villafañe y Coronado, 2000; Rosales, 2002), se han identificado daños asociados a las características de los suelos sin que haya ocurrido un sismo fuerte, constituyéndose este en un parámetro que podría ser determinante en el comportamiento de las edificaciones ante la ocurrencia de un sismo.

Cali se encuentra asentada sobre suelos que van desde muy firmes en las zonas más antiguas hasta suelos con alto potencial de licuación en las cercanías del río Cauca, pasando por arcillas contracto-expansivas, rellenos, humedales desecados, etc.. Por medio del inventario de daños en redes de acueducto en Cali (Municipio de Cali, 1996), se identificó que las redes más antiguas ubicadas en barrios como San Antonio con suelos más firmes han presentado menos daños que las más recientes, ubicadas en barrios como Alfonso López, con suelos más jóvenes. Los resultados de este estudio se resumieron en un plano de Cali que muestra las zonas de la ciudad donde se han registrado más daños en las redes de acueducto.

El cruce de la información de daños en las redes de acueducto y alcantarillado con el Estudio de Niveles potenciométricos (López y Vöckler, 1999), permitió identificar que las zonas donde se han presentado la mayor cantidad de daños corresponden a rellenos, humedales desecados y la existencia de paleo drenajes.

Al igual que en la selección de la población estudiada, la técnica de muestreo que más se adapta a las condiciones de la selección de la muestra específica, es el muestreo por conglomerados, teniendo en cuenta como características para la definición de los conglomerados, las recopiladas en las visitas preliminares como la tipología estructural y la edad y, adicionalmente, el lugar de emplazamiento.

En la muestra específica se buscó una distribución equilibrada de los sistemas estructurales presentes en las edificaciones escolares visitadas; en cuanto al año de construcción, se trató de seleccionar al menos una escuela por década y de acuerdo al lugar de emplazamiento se seleccionaron escuelas que se encontraran ubicadas sobre los diferentes tipos de terrenos característicos de Cali, como por ejemplo conos aluviales, antiguos humedales, zonas desecadas y rellenos de cauces y saprolito de diabasa, etc.

La muestra específica está conformada por 20 establecimientos escolares, compuestos por 58 edificaciones independientes. Los establecimientos se listan en la Tabla 10, con información del año de construcción, la tipología estructural y las características del lugar de emplazamiento.

Hay cinco escuelas, dentro de la muestra específica, que fueron construidas antes de 1960, nueve fueron construidas entre 1960 y 1970, tres entre 1970 y 1984 y tres después de 1984. En relación con las tipologías estructurales se encuentran tres escuelas tienen solamente edificaciones con muros sin confinar, cuatro tienen únicamente edificaciones con muros confinados, en ocho escuelas se presentan edificaciones con muros confinados y edificaciones con muros sin confinar, cuatro



escuelas presentan una edificación con pórtico en concreto y edificaciones con muros confinados, y en una escuela se observaron las tres tipologías.

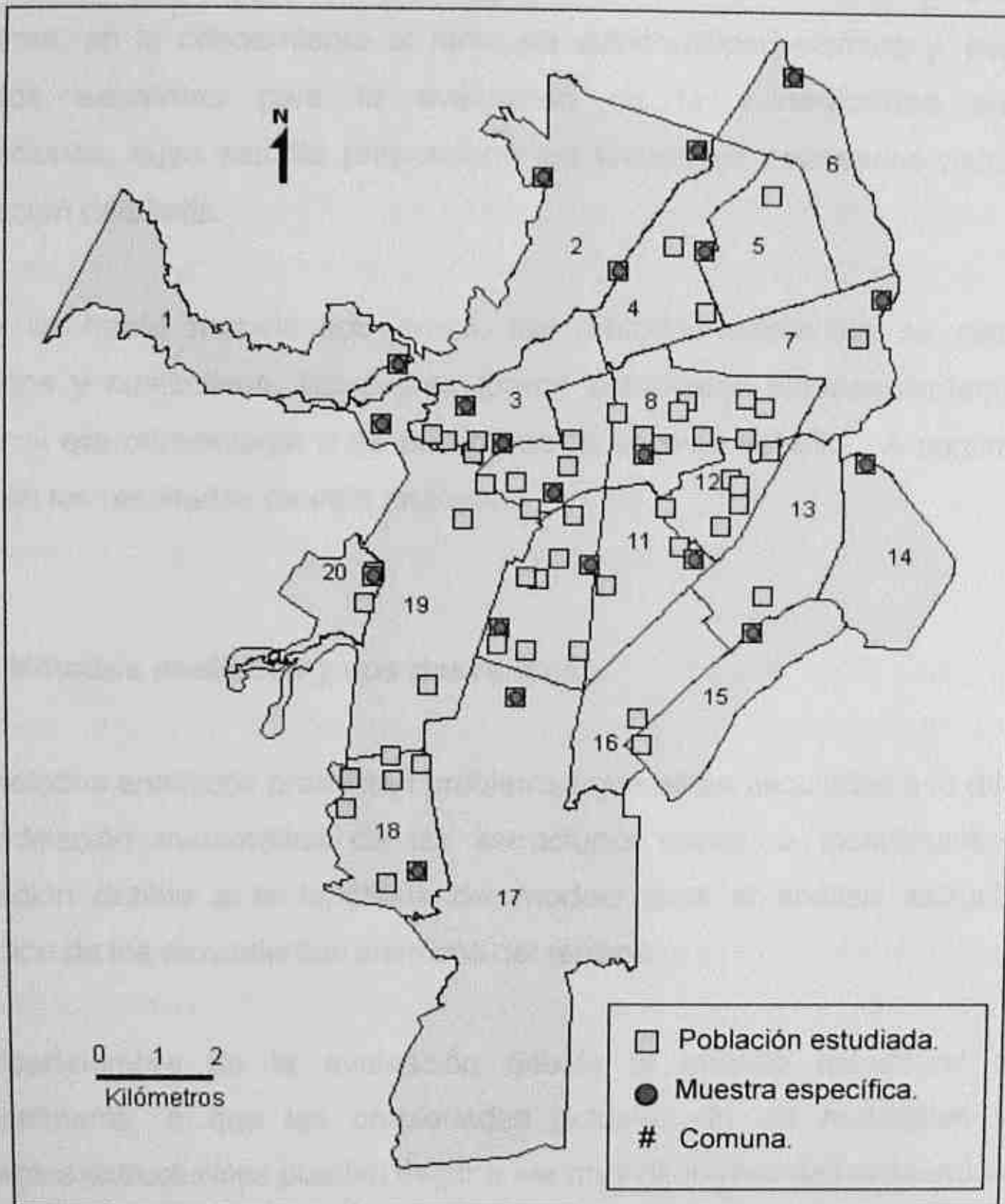
**Tabla 10.** Muestra específica para evaluación detallada.

Escuela	AC	Tipología Estructural	Características del lugar de emplazamiento	
			Perfil de Suelo	Formación geológica
Olga Lucía Lloreda	1960	MSC	S2	Cono de Cali
Mario Lloreda	1962	MC+MSC	S2	Cono de Cali
Luis Carlos Rojas Garcés	1991	PC+MC	S2	Cono de Cañaveralejo
General Anzoategui	1953	MC+MSC	S1	T, rocas sedimentarias
Santa Elena	1901	MC+MSC	S2	Cono de Cali
San Pedro Codenal	1972	MC+MSC	S3	Q5, antiguos humedales
Rufino José Cuervo	1962	PC+MC+MSC	S2	Cono de Meléndez
Francisco José de Caldas	1960	MSC	S1	Qd, saprolito de diabasa
Luis Carlos Peña	1942	MC	S2	Cono de Cali
Cristina Serrano de Lourido	1968	MC+MSC	S3	Q6, sedimentos en curvas de meandros
Fernando de Aragón	1962	MC+MSC	S2	Cono de Cali
Isaías Gamboa	1987	MC	S1	Kv, saprolito de diabasa
República de Francia	1970	MC	S2	Cono de Cali
República de Brasil	1950	MC	S2	Qc, saprolito de diabasa
José María Villegas	1965	MC+MSC	S3	Q4, sedimentos en curvas de meandros
Carlos Alberto Sardi Garcés	1953	MSC	S1	Qd, saprolito de diabasa
Las Américas	1984	PC+MC	S3	Q5, antiguos humedales
Francisco Montes Idrobo	1969	MC+MSC	S2	Cono de Cañaveralejo, sedimentos en curvas de meandros
José Ramón Bejarano	1985	PC+MC	S3	Q4, sedimentos en curvas de meandros
La Anunciación	1982	PC+MC	S3	Q4, canales y depósito de río.

Fuentes: Visitas preliminares; OSSO (2002) y López y Vöckler (1999).

En cuanto al lugar de emplazamiento, hay ocho escuelas que se encuentran sobre los conos aluviales de los ríos que atraviesan la ciudad de Cali, seis están sobre suelos conformados por estratos de arenas, limos y arcillas (Q4, Q5 y Q6) correspondientes a sedimentos en curvas de meandros, canales y depósitos de río y antiguos humedales, en dos escuelas se registran depósitos torrenciales con

estratos de gravas y arenas superpuestos a la topografía original de rocas diabásicas (Qd), una escuela se encuentra sobre rocas sedimentarias (T), una sobre saprolito de diabasa (Kv) y la otra escuela sobre depósitos de vertiente derivados de rocas del Terciario (Qc).



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

Figura 6. Escuelas de la muestra específica.

## **4.2. EVALUACIÓN DETALLADA DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.**

Para el desarrollo de un procedimiento de evaluación detallado adecuado a las condiciones de las escuelas públicas de Cali, se estudió cuidadosamente por un lado, la información recolectada en las visitas preliminares, pues su ejecución permitió un conocimiento de las características de la muestra de edificaciones escolares, en lo concerniente al tema de vulnerabilidad sísmica y, por otro, los métodos existentes para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, cuyo estudio proporcionó los elementos necesarios para definir la evaluación detallada.

Como se había mencionado antes, los métodos existentes se clasifican en analíticos y cualitativos, los cuales fueron estudiados independientemente para decidir si era conveniente o no su aplicación en este estudio. A continuación se exponen los resultados de este análisis.

### **4.2.1. Métodos analíticos y sus desventajas.**

Los métodos analíticos presentan problemas que están asociados a la dificultad de la modelación matemática de las estructuras reales, e incertidumbres en la evaluación debido a la hipótesis del modelo para el análisis estructural y la selección de los movimientos sísmicos del terreno.

La incertidumbre de la evaluación debida al modelo estructural se debe, principalmente, a que las propiedades actuales de los materiales y de los elementos estructurales pueden llegar a ser muy diferentes de las asumidas para el análisis y, en la mayoría de los casos, desconocidas. Por otro lado, la dificultad para identificar las características del movimiento del terreno que describen la



capacidad destructiva de un terremoto, se convierte en un factor que influye directamente en los resultados de la evaluación realizada con un método analítico.

Otro inconveniente que se presenta, para la aplicación de un método analítico en los estudios de vulnerabilidad sísmica, está asociado a los indicadores de daño que usan estos métodos, los cuales solo tienen en cuenta el daño de los elementos estructurales, y a la dificultad de correlacionar dichos indicadores con el daño económico (Caicedo et al., 1994).

Por otro lado, se hicieron tres visitas a la Secretaría de Educación para evaluar si podía ser útil y justificable la realización de un inventario de los planos existentes de las escuelas, con el fin de hacer uso de dicha información en este proyecto. Lo que se pudo observar es que solo hay planos de algunas escuelas y colegios oficiales y la información que contienen es incompleta, desorganizada y, en muchos casos, de bajo nivel técnico, es decir, es insuficiente para hacer la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por medio de un método analítico.

En conclusión, para usar estos métodos es necesario tener una información estructural detallada, la cual es difícil de conseguir debido a que, en su mayoría, los establecimientos educativos son muy antiguos y no disponen de planos. Además, debido a la cantidad de información que requieren los métodos analíticos, al análisis tan detallado que plantean y al volumen de establecimientos que van a estudiarse en este proyecto, se decidió no considerarlos en el desarrollo del procedimiento detallado que se utilizará para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares.

Adicional a los métodos analíticos convencionales, en el marco teórico se expuso un método simplificado para la estimación de velocidades y aceleraciones en edificios (Miranda, 2001), cuyo estudio permitió conocer las limitaciones que su aplicación presenta en el estudio de vulnerabilidad propuesto en esta tesis. La

razón fundamental es que el método tiene en cuenta solamente los primeros tres modos de vibración de la edificación y, debido a que la mayoría de las escuelas públicas de Cali se han identificado como edificaciones de máximo dos pisos, el método no proporcionaría la información suficiente acerca del comportamiento dinámico de los edificios en estudio ante la ocurrencia de un sismo.

Por otro lado, las recomendaciones del profesor Eduardo Miranda (comunicación personal por correo electrónico) sobre la aplicabilidad del método en las escuelas de Cali, dadas las características que se han identificado en ellas, son muy claras al indicar que un modelo continuo no es apropiado para edificaciones de uno y dos pisos, lo cual se convierte en una razón más para no utilizar este método en el desarrollo de este trabajo de grado (Miranda, 2002).

#### **4.2.2. Aplicabilidad y parámetros propuestos por los métodos cualitativos.**

Durante el proceso de estudio de los métodos cualitativos no se pretendió hacer una selección de uno de ellos, sino un compendio de los parámetros propuestos en sus procedimientos de evaluación, que permitan identificar los indicadores más determinantes en la vulnerabilidad sísmica de una edificación. A continuación se hace un resumen de los parámetros de evaluación de los métodos revisados y se establece su aplicabilidad a este trabajo de grado.

- **Método del ATC – 21.**

La calificación de la edificación al ser evaluada por este método depende de la altura del edificio, su deterioro, las irregularidades geométricas, la existencia de pisos flexibles y de torsión en planta dentro de la edificación. Debido a que este método es considerado como una evaluación preliminar y sus parámetros de evaluación están implícitos en otros métodos cualitativos, no se realizó una

aplicación directa del método pero sus parámetros fueron tenidos en cuenta durante el desarrollo del procedimiento de evaluación detallado.

- **Método NAVFAC.**

La determinación de los parámetros requeridos demanda información detallada y cálculos matemáticos que acarrearán mucho tiempo en la evaluación, los cuales se consideran injustificables debido a que es un estudio que comprende muchas edificaciones, y por esta razón el método no se aplicó.

- **Métodos Japoneses.**

El método solo es aplicable a edificaciones de concreto reforzado de mediana y baja altura, y debido a que la mayoría de las escuelas se caracterizan por presentar muros confinados y sin confinar como tipologías estructurales, no es apta para utilizarse en este estudio. De los parámetros utilizados por el método se consideró la edad de la edificación, a diferencia de los parámetros que definen el uso de la estructura y la importancia de la edificación, ya que para el caso de las escuelas no son variables sino puntos de partida en el análisis.

- **Método Venezolano.**

Es aplicable a edificios bajos de concreto reforzado o de mampostería (Cardona, 1990; Jaramillo y Trujillo, 1999), y su aplicación requiere de información que no se pudo obtener, como las especificaciones de los elementos resistentes a fuerzas laterales. Sin embargo, el método plantea una amplia gama de parámetros de evaluación que fueron adaptados a la evaluación detallada mediante preguntas sobre cambios de uso, remodelaciones, la presencia de columna corta y el grado de deterioro de elementos estructurales y no estructurales.



- **Método FEMA-178 = FEMA-310.**

Requiere información muy detallada de la cantidad de refuerzo a flexión y a cortante pero en la mayoría de los casos no se cuenta con planos de despieces y la utilización de tecnología para determinar la ubicación del acero de refuerzo haría muy costoso el estudio, por lo que se decidió que este método no tiene aplicabilidad en este proyecto.

- **Método de la AIS.**

Las descripciones hechas en el desarrollo de este método se adaptan mucho a las características observadas en las visitas preliminares, por esta razón es uno de los métodos de los que más se extrajo información y se consideró necesario exponerlo con más detalle. Los aspectos que considera para la evaluación de las edificaciones se resumen a continuación.

Aspectos geométricos: En este parámetro se evalúa la irregularidad en planta de la edificación de acuerdo a la forma geométrica y dimensiones en planta; se evalúa la cantidad de muros en cada dirección principal de la edificación y la irregularidad en altura en relación con la continuidad de los muros verticalmente.

Aspectos constructivos: Presenta opciones que permiten evaluar, de manera visual, la calidad de las juntas de pega, el tipo y la disposición de las unidades de mampostería y la calidad de los materiales.

Aspectos estructurales: Evalúa el confinamiento de los muros, su espaciamiento, las culatas, los antepechos. También evalúa la disposición de las unidades de mampostería y la calidad del acero y el concreto. Inspecciona la existencia de vigas de amarre y vigas corona, las características de las aberturas, del entrepiso y de los amarres de la cubierta.

Cimentación: Evalúa la conformación y el amarre de la cimentación.

Suelos: Se examina la consistencia del suelo de la fundación y la presencia de hundimientos, árboles o postes inclinados o si se siente vibración cuando pasa un vehículo pesado cerca de la vivienda. También recomienda revisar las condiciones de las zonas y viviendas aledañas.

Entorno: Este parámetro evalúa el tipo de topografía que se presenta en la zona.

- **Método del índice de vulnerabilidad.**

La combinación de los parámetros más determinantes en el daño de las edificaciones, definidos en este método, permiten determinar un valor numérico llamado Índice de Vulnerabilidad. Estos parámetros son la organización y calidad del sistema resistente, la resistencia convencional de los materiales, la posición del edificio y de la cimentación, los diafragmas horizontales, la configuración en planta y en elevación, la distancia máxima entre muros, el tipo de cubierta, los elementos no estructurales y el estado de conservación del edificio (Caicedo et al., 1994).

Este método también fue una fuente importante para el procedimiento de evaluación detallado de este estudio, sin embargo, debido a que el método fue diseñado para edificaciones europeas construidas en condiciones y con tipologías muy distintas, se hizo necesario hacer adaptaciones de acuerdo con las características de las edificaciones de la muestra de escuelas en estudio y de la zona donde se encuentran ubicadas.

Organización del sistema resistente: Este parámetro evalúa el grado de organización de los elementos verticales sin tener en cuenta el tipo de material. El

criterio fundamental es la presencia y la eficiencia de la conexión entre las paredes ortogonales con tal de asegurar un comportamiento de "cajón" de la estructura.

Calidad del sistema resistente: Con este parámetro se determina el tipo de mampostería más frecuentemente utilizada, diferenciando, de modo cualitativo, su resistencia con el fin de asegurar la eficiencia del comportamiento de "cajón" de la estructura. La calificación de una edificación se realiza en función del tipo de material y de la forma de los elementos que constituyen la mampostería. Por otro lado, de la homogeneidad del material y de las piezas, por toda la extensión del muro.

Resistencia convencional: Con la hipótesis de un perfecto comportamiento de "cajón" de la estructura, la evaluación de la resistencia de un edificio de mampostería puede ser calculada con razonable confiabilidad. El procedimiento utilizado requiere del levantamiento de los datos como el número de pisos, el área total de la cubierta en  $m^2$ , el área total de los muros resistentes en los sentidos  $x$  e  $y$  respectivamente en  $m^2$  y la resistencia a cortante característica del tipo de mampostería presente de la edificación.

Posición del edificio y de la cimentación: Con este parámetro se evalúa, hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta aspectos como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

Diafragmas horizontales: Evalúa la calidad de los diafragmas debido a su importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales.



Configuración en planta y elevación: Evalúa la irregularidad en planta del edificio teniendo en cuenta las dimensiones externas y las protuberancias y también la irregularidad en altura.

Distancia máxima entre los muros: Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros maestros intersectados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos.

Tipo de cubierta: Este parámetro evalúa la capacidad del techo para resistir fuerzas sísmicas, de acuerdo con la estabilidad de la cubierta y la existencia de vigas corona.

Elementos no estructurales: Se tiene en cuenta con este parámetro la presencia de elementos no estructurales que pueda causar daño a personas o cosas, evaluando la vinculación del elemento a la estructura. Se trata de un parámetro secundario, para fines de la evaluación de la vulnerabilidad.

Estado de conservación: Este parámetro evalúa el deterioro de los muros, mediante la inspección del estado de los materiales constitutivos y la presencia de fisuras.

#### **4.2.3. Definición de los parámetros de evaluación.**

El desarrollo del procedimiento de evaluación detallado se empezó a ejecutar tomando como bases, la información recopilada con las visitas preliminares y el estudio de los métodos cualitativos existentes para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones. Por medio de las visitas preliminares fue posible establecer qué podría encontrarse, al hacer una evaluación más detallada, dentro de las escuelas de la muestra, es decir, cuáles condiciones no incluir en el

estudio detallado y en cuáles características hacer énfasis para identificar si hay aspectos característicos en las edificaciones escolares evaluadas y poder determinar su influencia en el grado de vulnerabilidad.

Los parámetros de evaluación definidos en este estudio son el resultado de la integración de varios de los parámetros de evaluación de los métodos analizados anteriormente, teniendo en cuenta las condiciones específicas del universo de escuelas.

Cada parámetro se desarrolló por medio de preguntas, que integran los conceptos recogidos de los métodos que intervinieron en la definición de los parámetros de evaluación, con las observaciones hechas en la evaluación preliminar. A continuación, se explica la importancia de cada parámetro y en las Tablas 11 a 22 se indican las fuentes de las preguntas que conforman el desarrollo de cada parámetro. Las fuentes se clasifican en métodos existentes, visitas preliminares, asesoría y otros. Entre los métodos existentes se incluyeron los que plantean los parámetros que más se utilizaron en el desarrollo del procedimiento de evaluación detallado de la vulnerabilidad (métodos de la AIS y el índice de vulnerabilidad); también se designa como fuente a la actual Norma colombiana sismo resistente NSR-98. En la columna llamada otros, las preguntas cuya fuente se designa como asesoría fueron recomendaciones específicas hechas por el Ingeniero Gilberto Areiza tras haber realizado la revisión del desarrollo de los parámetros. También se relacionan otras fuentes como el método venezolano, los métodos japoneses, el método ATC-21 y un estudio de edificaciones escolares hecho en México (Gómez, 1987).

- Entorno y ubicación: El método de la AIS y el del índice de vulnerabilidad destacan la importancia de evaluar las condiciones del entorno de una edificación, para estimar su vulnerabilidad sísmica (AIS, 2001; Augusti et al., 1985). Mediante este parámetro se evalúan los aspectos relacionados con la

topografía de la zona donde se encuentra la escuela, su cercanía a una zona inundable, el estado del cerramiento y las condiciones de las viviendas y zonas aledañas a la escuela, los cuales pueden estar asociados a amenazas colaterales y a condiciones que afecten la funcionalidad de los establecimientos educativos.

**Tabla 11.** Desarrollo del parámetro de evaluación del Entorno y ubicación.

Preguntas	Parámetros fuente		
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	Visitas preliminares
¿Cuál es la topografía de la zona donde se encuentra ubicada la escuela?	Entorno	Posición del edificio y de la cimentación	-
Si la pendiente es mayor a 30° ¿se ha estabilizado el terreno?	Entorno	-	-
¿Se encuentra en cercanías de un río?	-	-	Examen visual
¿Qué situación se presenta en las zonas aledañas a la escuela (vías, postes, árboles)?	Suelos	-	-
¿En qué situación se encuentran las viviendas aledañas a la escuela?	-	-	Examen visual
¿Qué tipo de estructura presentan las viviendas aledañas?	-	-	Examen visual
¿Si el cerramiento de la escuela tiene muros total o parcialmente, en qué estado se encuentran?	-	-	Examen visual

- **Suelos:** En el método del índice de vulnerabilidad se consideran las condiciones del suelo dentro de un parámetro denominado posición del edificio y de la cimentación y el método de la AIS lo considera como un parámetro independiente (AIS, 2001; Augusti et al., 1985). Para el caso de las escuelas, y de acuerdo a lo observado en las visitas preliminares, se consideró necesario evaluarlo de manera independiente para darle una incidencia específica dentro de la estimación del grado de vulnerabilidad y evaluar las condiciones del suelo y los problemas que pueda generar en la estructura. Adicionalmente, este aspecto se consideró para tener un indicador del efecto de sitio, pues debido a la diversidad de formaciones geológicas sobre las cuales se encuentra asentada



la ciudad de Cali y, en particular, las escuelas seleccionadas, se esperan diferentes comportamientos ante vibraciones sísmicas.

**Tabla 12.** Desarrollo del parámetro de evaluación de los Suelos.

Preguntas	Parámetros fuente		
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	Visitas preliminares
¿Cuál es el perfil de suelo de la zona?	Suelos	Posición del edificio y de la cimentación	-
¿Se evidencian fallas de elementos estructurales y no estructurales debidas a asentamientos diferenciales?	-	-	Examen visual

- Seguridad y zonas de evacuación: Con este parámetro se busca determinar la existencia de elementos no estructurales que puedan representar un riesgo para la vida de las personas que circulan por las instalaciones en el momento en que ocurra un sismo. Además se intenta conocer la facilidad de evacuación en caso de emergencia y si se educa a la comunidad escolar acerca de la atención y prevención de desastres.

**Tabla 13.** Desarrollo del parámetro de evaluación de Seguridad y zonas de evacuación .

Preguntas	Parámetros fuente	
	Visitas preliminares	Otros
¿Existen elementos como lámparas, baffles o materas que puedan caer en una zona transitable?	Examen visual	-
Si la edificación tiene más de un piso y tiene barandas metálicas en los corredores de los pisos superiores, ¿estas se encuentran bien ancladas?	Examen visual	Asesoría
¿Los salones que se encuentran en malas condiciones han sido evacuados?	Examen visual	-
¿Existe facilidad en evacuar de las aulas hacia zonas libres con rapidez?	Examen visual	-
¿Se practican con frecuencia simulacros de evacuación en caso de sismo?	Examen visual	-

Los parámetros revisados anteriormente, se aplicaron a toda la escuela y los parámetros que se reseñan a continuación se emplearon para evaluar

independientemente las edificaciones que componen la planta física de la escuela, siempre y cuando presentaran tipologías estructurales como pórticos en concreto y muros confinados.

- **Edad:** Los métodos venezolano y japoneses le confieren importancia al año de construcción de la edificación en la estimación de su vulnerabilidad sísmica (Cardona, 1990). En el caso de los establecimientos escolares preseleccionados, las edades registradas durante las visitas preliminares permitieron analizar la relación entre las tipologías estructurales y constructivas y la época de construcción. Además, como se ha mencionado antes, debido a lo reciente de las Normas sismo resistentes en Colombia y a los desastrosos daños que se han registrado en eventos sísmicos pasados, se decidió considerar este parámetro dentro de la evaluación para establecer, como posible indicador de vulnerabilidad, si había alguna norma sismo resistente en vigencia, en el momento de la construcción de cada edificación escolar.
- **Número de pisos:** El método ATC-21 tiene en cuenta esta característica dentro de su análisis por filtro de peligros sísmicos potenciales en edificaciones existentes (Construweb, 2001). La influencia del número de pisos de la edificación en su comportamiento sísmico, y por lo tanto en su vulnerabilidad, se debe a que las fuerzas sísmicas son mayores en cuanto mayor sea la altura y el peso del edificio, incrementando la exigencia en la capacidad de sus elementos estructurales y no estructurales, de resistir los esfuerzos generados por un movimiento sísmico.

**Tabla 14.** Desarrollo de los parámetros de evaluación de Edad y Número de pisos.

Preguntas	Parámetros fuente
Número de pisos	ATC-21
Año de construcción	Métodos venezolano y japoneses



- **Cambios de uso y ampliaciones:** En el capítulo A.10 de la NSR-98 (AIS,1997) se establecen dos tipos de modificación a una estructura existente: adosada y en altura y se dan los requisitos que deben cumplirse en el diseño y ejecución de ampliaciones y modificaciones. En la misma Norma también se plantea la necesidad de evaluar las implicaciones de un cambio de uso en una estructura. Con base en esos principios, este parámetro evalúa el tipo de remodelaciones que se le han hecho a las edificaciones escolares, para entrar a identificar si se hicieron las adecuaciones requeridas o si, por el contrario, se generaron condiciones que incrementen su vulnerabilidad sísmica. Adicionalmente, se evalúa si se ha cambiado el uso de cada edificación, estableciendo si las condiciones de carga para las que fue diseñada la estructura han sido alteradas.

**Tabla 15.** Desarrollo del parámetro de evaluación de Cambios de uso y ampliaciones.

Preguntas	Parámetro fuente		
	NSR-98	Visitas preliminares	Otros
¿Se ha cambiado el uso de la edificación?	Capítulo A.10	-	Método venezolano
Si se cambió el uso ¿las cargas actuantes fueron incrementadas o reducidas?	Capítulo A.10	Examen visual	-
¿Se le han hecho ampliaciones a la edificación?	Capítulo A.10	-	Método venezolano
Condiciones de la remodelación en planta	Capítulo A.10	-	-
Consideraciones de la remodelación en altura	Capítulo A.10	-	-

- **Golpeteo:** Este parámetro busca identificar los problemas de colindancia que se presenten en las edificaciones escolares por su ubicación con respecto a edificaciones vecinas y que, en tal caso, ante la ocurrencia de un sismo puedan generar golpeteo, con consecuencias aún más graves si las alturas libres no coinciden (Gómez, 1987).



**Tabla 16.** Desarrollo del parámetro de evaluación de Golpeteo.

Preguntas	Parámetros fuente	
	Visitas preliminares	Otros
¿Qué situación presenta la edificación, de acuerdo a su ubicación en la escuela?	Examen visual	Asesoría y Gómez, 1987
¿Si tiene problemas de colindancia, hay coincidencia de las alturas libres?	Examen visual	Asesoría y Gómez, 1987

- Cubierta: Este parámetro es considerado para evaluar el tipo de material de la cubierta, su estructura, apoyos y el grado de deterioro de sus amarres. Las cubiertas muy pesadas se mueven como péndulos invertidos que causan esfuerzos y tensiones muy severas en los elementos sobre los cuales está apoyada (AIS, 2001).

**Tabla 17.** Desarrollo del parámetro de evaluación de las Cubiertas.

Preguntas	Parámetro fuente		
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	Visitas preliminares
¿De qué material es la cubierta?	-	-	Examen visual
¿Cuál es la estructura de cubierta?	Amarre de cubierta	Tipo de cubierta	-
¿Sobre qué se encuentra apoyada la estructura de cubierta?	-	Tipo de cubierta	Examen visual
¿Si hay apoyos en los corredores, de qué material son?	-	-	Examen visual
¿Se presenta corrosión en los anclajes o amarres de la cubierta?	Amarre de cubierta	-	-

- Aspectos geométricos: La incidencia de este parámetro en la vulnerabilidad sísmica se debe a que la geometría de una edificación puede favorecer el incremento de los esfuerzos de torsión y la concentración de fuerzas en las esquinas, causando un mal comportamiento de la edificación cuando esta es sometida a fuerzas sísmicas (AIS, 2001).

**Tabla 18.** Desarrollo del parámetro de evaluación de los Aspectos geométricos.

Preguntas	Parámetro fuente		
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	NSR-98
¿Qué irregularidades presenta en planta la edificación?	-	-	Figura A.36
¿Es simétrico?	Aspectos geométricos	Configuración en planta	-
¿Qué relación existe entre las dimensiones en planta?	Aspectos geométricos	-	-
Irregularidad en altura: ¿Hay continuidad en los muros verticalmente?	Aspectos geométricos	-	-
¿Qué proporción de muros estructurales existen en las dos direcciones principales de la edificación?	Aspectos geométricos	-	-
Midiendo el área en planta ( $A_p$ ), espesor ( $t$ ) y longitud de muros en ambos sentidos ( $L$ ). ¿Se cumple que la longitud de muros en cada dirección sea $L \geq (M_o \times A_p) / t$ ?	Aspectos geométricos	-	-

- Aspectos constructivos y grado de deterioro: En múltiples métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica se le otorga importancia a estos aspectos (métodos venezolano, ATC-21, del índice de vulnerabilidad y de la AIS). Adicionalmente, el estado de deterioro de las escuelas se evidenció notoriamente durante las visitas preliminares. El objetivo de este parámetro es identificar el grado de deterioro de los elementos no estructurales como paredes, pisos, canales y cielorasos y la calidad del mortero de pega y de los ladrillos.
- Estructura: Con este parámetro se evalúan algunos requerimientos de la Norma NSR-98 para los pórticos en concreto y, separadamente, sus elementos no estructurales como muros, antepechos y culatas en relación con sus elementos de confinamiento y las características de sus aberturas.

**Tabla 19.** Desarrollo del parámetro de evaluación de los Aspectos constructivos y el grado de deterioro.

Preguntas	Parámetros fuente			
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	Visitas preliminares	Otros
¿Qué grado de deterioro presentan los siguientes elementos?	-	-	-	ATC-21
La superficie de las paredes	-	Estado de conservación	Examen visual	Método venezolano
Los cielorrasos	-	-	Examen visual	Método venezolano
Los pisos	-	-	Examen visual	-
Las canales	-	-	Examen visual	-
¿Qué se observa en las juntas de pega?	Aspectos constructivos	-	-	-
¿Qué aspecto tiene el mortero de pega?	Aspectos constructivos	-	-	-
¿El mortero presenta resistencia al punzonamiento?	Aspectos constructivos	-	-	-
¿En qué estado se encuentran los ladrillos?	Aspectos constructivos	-	-	-
¿Cómo están dispuestos los ladrillos en el muro?	Aspectos constructivos	-	-	-

**Tabla 20.** Desarrollo del parámetro de evaluación estructural para pórticos en concreto.

Preguntas	Parámetros fuente			
	Método de la AIS	NSR-98	Visitas preliminares	Otros
¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?	-	-	Examen visual	-
¿Hay cambio de sección a lo largo de las columnas?	-	Capítulo C.7	-	-
¿Qué aspecto tiene el concreto de vigas, columnas y losas?	Calidad de materiales	-	-	-
¿Se ven manchas amarillas en el concreto?	-	-	-	Asesoría
¿Si hay exposición del acero de refuerzo, cuál es la razón?	-	-	Examen visual	-
¿Qué condiciones presentan los siguientes elementos estructurales?	-	-	Examen visual	-
Las vigas	-	-	-	Método venezolano
Las columnas	-	-	-	Método venezolano
La losa	-	-	-	Método venezolano
¿Cuáles son las dimensiones predominantes de las columnas y vigas?	-	Capítulo C.21	-	-
¿Qué proporción guardan las dimensiones de las columnas y vigas?	-	Capítulo C.21	-	Asesoría



En la Tabla 21 se exponen las preguntas que desarrollan la evaluación de los elementos no estructurales de los pórticos en concreto.

**Tabla 21.** Desarrollo del parámetro de evaluación de los elementos no estructurales para pórticos en concreto.

Preguntas	Parámetros fuente				
	Método de la AIS	Método del índice de vulnerabilidad	NSR-98	Visitas preliminares	Otros
¿Los muros se encuentran confinados con columnetas y viguetas de amarre?	Aspectos estructurales	Calidad del sistema resistente	-	-	-
¿Existe buen contacto entre los muros y elementos de confinamiento?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Cuál es el espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Se evidencia pandeo en las columnetas?	-	-	-	Examen visual	-
¿Se evidencian deflexiones en las viguetas?	-	-	-	-	Método venezolano
¿Se presenta columna corta en alguna zona del bloque?	-	-	Capítulo A.9	-	Método venezolano
¿Si existen problemas de columna corta, cómo están distribuidos?	-	-	Capítulo A.9	-	Método venezolano
¿En qué estado se encuentran los muros?	-	Estado de conservación	-	-	-
¿Tienen confinamiento los antepechos?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿En qué estado se encuentran los antepechos?	-	-	-	Examen visual	-
¿Tienen confinamiento las culatas?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Cuál es el área transversal de columnetas y viguetas?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Qué porcentaje de área total del muro tienen las aberturas y vanos?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Cómo es la longitud total de las aberturas con respecto a la longitud del muro?	Aspectos estructurales	-	-	-	-
¿Qué distancia existe desde el borde del muro hasta la abertura adyacente?	Aspectos estructurales	-	-	-	-

Las preguntas que evalúan los elementos no estructurales de los pórticos en concreto coinciden con la evaluación de las edificaciones con muros confinados. Sin embargo, para esta tipología se incluyeron algunas preguntas complementarias, mostradas en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Preguntas complementarias para la evaluación estructural de las edificaciones con muros confinados.

Preguntas	Parámetros fuente			
	Método de la AIS	Método índice de vulnerabilidad	Visitas preliminares	Otros
¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?	-	-	Examen visual	-
¿Qué aspecto tiene el concreto de viguetas y columnetas?	Calidad de los materiales	-	-	-
¿Se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto?	-	-	-	Asesoría
¿Por qué razón se encuentra expuesto el acero?	-	-	Examen visual	-
¿Si los antepechos no tienen confinamiento en qué piso se encuentran?	-	-	Examen visual	-

#### 4.2.4. Diseño de los formularios de evaluación detallada.

Las preguntas que desarrollan los parámetros seleccionados se emplearon en el diseño de los formularios de evaluación. La razón por la cual se diseñaron varios formularios de evaluación fue facilitar la recolección de la información, especialmente cuando el establecimiento está conformado por varias edificaciones con diferentes tipologías estructurales y constructivas. La presentación de los formularios se puede observar en el Anexo 4.

El **Formulario 1** se utiliza para recoger la información general de toda la escuela clasificada en estas categorías: Entorno y ubicación, Suelos, un esquema de localización de la escuela y Seguridad y zonas de evacuación

El **Formulario 2** se utiliza para recoger la información general por cada edificación que compone el establecimiento educativo. Las categorías que se manejan en este formulario son: el Número de pisos, el Año de construcción, Cambios de uso y ampliaciones, Golpeteo, Cubierta, Aspectos geométricos y Aspectos constructivos y grado de deterioro.

Los **Formulario 3 y 4** se emplean para evaluar la conformación y la calidad del sistema estructural de cada edificación, ya sea pórtico en concreto o muros confinados, respectivamente. Para los pórticos en concreto se tienen en cuenta aspectos estructurales y no estructurales (muros, antepecho y culatas) y para las edificaciones con muros confinados se hace el mismo análisis hecho para los elementos no estructurales de los pórticos en concreto.

Finalmente se diseñó un **Formulario de mediciones** para consignar las dimensiones de columnas, vigas, columnetas y viguetas, las alturas de entrepiso, las luces entre elementos verticales, la longitud y el espesor de muros en cada dirección, al igual que las áreas de las aberturas y de los vanos.

Mediante las primeras tres visitas para la evaluación detallada, fue posible hacer los ajustes necesarios a los formularios diseñados y optimizar el acopio de la información y la forma de calificación.

#### **4.2.5. Estimación del grado de vulnerabilidad en la muestra específica.**

Existen dos tipos de preguntas en los formularios, las que podrían denominarse principales y otras que se derivan de estas. Para las principales cada respuesta tiene una calificación determinada y para las derivadas cada respuesta se asocia a un factor por el cual se multiplica la calificación de la pregunta principal, con el objetivo de mantener o incrementar su magnitud. Las respuestas a cada pregunta



de los formularios corresponden a dos o tres categorías, de acuerdo con el número de opciones que presente cada una. Cuando hay dos opciones de respuesta, las categorías representan la mejor y la peor condición y, cuando las opciones de respuesta son tres, se consideró adicionalmente una categoría intermedia entre la mejor y la peor.

En la mayoría de los casos, a cada categoría se le asignó una calificación que oscila entre 1 y 10, sin embargo, cuando el aspecto evaluado tiene una influencia considerable en el grado de vulnerabilidad, a la peores condiciones se asignaron calificaciones de 12, 20 y 40, tales como donde se inspecciona la presencia de columna corta en alguna zona de la edificación, las evidencias de fallas en los muros debidas a asentamientos diferenciales y el confinamiento de los muros. A las preguntas que evalúan la calidad del mortero de pega en las edificaciones con sistema estructural de muros confinados no se les asignó una calificación alta, a pesar de su importancia en la resistencia al cortante de los muros, debido a que en muchos casos las paredes estaban repelladas y no fue posible examinarlo. En estos casos se tomaron estimativos de acuerdo con el estado y apariencia de los muros.

Las calificaciones asignadas a cada respuesta de los formularios se presentan en el Anexo 5. Con estas calificaciones se obtuvieron dos valores para cada parámetro, los cuales corresponden al mínimo y al máximo valor que puede resultar en la evaluación de cada escuela. Para cada uno de estos intervalos se definieron cuatro subintervalos que representan los rangos de vulnerabilidad bajo, medio, alto y muy alto, dentro de los cuales se clasificó cada edificación, para cada parámetro de evaluación. La necesidad de definir un subintervalo muy alto se debe a que dentro de los establecimientos evaluados, se encontraron edificaciones que, además de presentar un alto grado de vulnerabilidad sísmica, también representan un riesgo aún sin la ocurrencia de un sismo, debido a sus características estructurales y estado de deterioro.

El grado de vulnerabilidad de cada edificación que compone una escuela se obtuvo mediante el ponderado entre los valores de los rangos de vulnerabilidad, asignando a cada cual un porcentaje de incidencia distinto, de acuerdo con la influencia de cada aspecto en la vulnerabilidad de la edificación. Inicialmente, se adoptaron los porcentajes de incidencia de acuerdo con la encuesta hecha a un grupo de ingenieros e ingenieras de la ciudad (Chavarría y Gómez, 2001). Esta encuesta se realizó para calificar la importancia de los parámetros que plantea el método del índice de vulnerabilidad y asignar un peso a cada uno, de acuerdo con los saberes y experiencias de las personas encuestadas, debido a que dicho método asigna pesos a cada parámetro en relación con los daños por sismo, observados en edificaciones de Italia. Los pesos asignados a cada parámetro por el método del índice de vulnerabilidad y por los ingenieros y las ingenieras encuestadas se presentan en la Tabla 23. Para adoptar dichos pesos como porcentajes de incidencia para los parámetros evaluados en este estudio, se hizo necesario hacer una equivalencia con los parámetros del método del índice de vulnerabilidad, que puede observarse en la Tabla 24.

**Tabla 23.** Pesos originales y modificados para cada parámetro del método del índice de vulnerabilidad.

Parámetro	Método del índice de vulnerabilidad		Ingenieros e ingenieras encuestadas	
	Peso	% del total	Peso	% del total
1. Organización del sistema resistente.	1,00	11,8	1,50	17,6
2. Calidad del sistema resistente.	0,25	2,9	1,00	11,8
3. Resistencia convencional.	1,50	17,6	1,00	11,8
4. Posición del edificio y cimentación.	0,75	8,8	0,75	8,8
5. Diafragma horizontales.	1,00	11,8	1,00	11,8
6. Configuración en planta.	0,50	5,9	1,00	11,8
7. Configuración en elevación.	1,00	11,8	1,00	11,8
8. Distancia máxima entre los muros.	0,25	2,9	0,50	5,9
9. Tipo de cubierta.	1,00	11,8	0,25	2,9
10. Elementos no estructurales.	0,25	2,9	0,25	2,9
11. Estado de conservación.	1,00	11,8	0,25	2,9
<b>Total</b>	<b>8,50</b>	<b>100,0</b>	<b>8,50</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Chavarría y Gómez, 2002



En la medida en que se fueron evaluando las edificaciones escolares por medio del procedimiento detallado definido en este estudio, se hizo una calibración de los porcentajes de incidencia tomados inicialmente, de tal manera que se lograra obtener un grado de vulnerabilidad muy alto para aquellas escuelas que presentaban condiciones críticas en todos los aspectos evaluados y grado de vulnerabilidad bajo para aquellas escuelas que no presentaban problemas significativos, verificando para todos los establecimientos que el grado de vulnerabilidad fuera consistente con las condiciones observadas.

La asignación de los porcentajes definitivos se hizo de esta manera, porque no se contaba con la información necesaria para adecuarlos a las condiciones de daños en las escuelas del Valle del Cauca, ocurridos en sismos anteriores. Sin embargo, fue posible adaptar dichos porcentajes a las características particulares de las escuelas de la ciudad, al diferenciarlas de otro tipo de edificaciones, como por ejemplo las viviendas, a las cuales son aplicables las metodologías estudiadas y que presentan en general una cuantía de muros considerablemente mayor a la de edificaciones escolares, debido al requerimiento de áreas mayores para las aulas y los espacios comunes. De esta condición se deduce que para una vivienda y una edificación escolar con el mismo sistema estructural y la misma área en planta, es muy probable que la capacidad resistente de la primera sea mayor que la de la segunda, sugiriendo la necesidad de una mayor exigencia en las características estructurales de las edificaciones escolares. Por esta razón, se decidió asignar un porcentaje de incidencia al sistema estructural, mayor al planteado por los ingenieros y las ingenieras encuestadas.

Con los parámetros que evalúan los suelos y los aspectos constructivos se procedió de igual manera. Durante las visitas a los establecimientos educativos, fue muy evidente la presencia de fallas en la mampostería debidas a asentamientos diferenciales, la falta de mantenimiento de las edificaciones y la mala calidad de los materiales empleados en su construcción, lo que condujo a la



conclusión de que a estos parámetros se les debe asignar una mayor incidencia que la recomendada.

A los aspectos geométricos se les asignó una incidencia menor a la planteada por los ingenieros e ingenieras encuestadas, debido a que la configuración en planta de las edificaciones escolares se caracteriza, en general, por ser regular y por el contrario, se evidenció que los mayores problemas geométricos se asocian a la configuración en elevación, por la presencia de grandes aberturas y vanos.

En la Tabla 24 se presentan los porcentajes de incidencia resultantes en comparación con los porcentajes recomendados.

**Tabla 24.** Equivalencia de los parámetros del método del índice de vulnerabilidad con los planteados en este estudio.

Parámetros tesis	% de incidencia	Parámetros método del índice de vulnerabilidad	% de incidencia modificado
Aspectos Estructurales.	50	Organización del sistema resistente. Resistencia convencional. Diafragmas horizontales.	41,2
Suelos.	15	Posición del edificio y de la cimentación.	8,8
Aspectos Geométricos.	15	Configuración en planta. Configuración en elevación. Distancia máxima entre muros.	29,5
Cubierta.	2	Tipo de cubierta.	2,9
Seguridad y zonas de evacuación.	1	Elementos no estructurales.	2,9
Aspectos constructivos y grado de deterioro.	10	Calidad del sistema resistente. Estado de conservación.	14,7
Entorno y ubicación	1	-	-
Edad y número de pisos	2	-	-
Cambios de uso y ampliaciones	2	-	-
Golpeteo	2	-	-
<b>Total</b>	<b>100</b>	-	<b>100,0</b>

En el resto de parámetros, como la cubierta, entorno y ubicación, edad y número de pisos, cambios de uso, ampliaciones y golpeteo, se consideró que los problemas asociados a ellos se derivan de otros parámetros a los que se les dio mayor incidencia; por ejemplo, los problemas de cubierta, número de pisos, cambios de uso, ampliaciones y golpeteo pueden asociarse a problemas estructurales y los problemas asociados al entorno y ubicación a los de los suelos. Con este criterio se decidió evaluarlos independientemente para identificarlos y, en cuanto al porcentaje de incidencia, se procedió a distribuir el porcentaje restante entre ellos.

En la Tabla 25 se muestra un resumen de las calificaciones parciales obtenidas, los rangos definidos y los porcentajes de incidencia para cada parámetro. En ella pueden observarse, que los formularios y los parámetros difieren en la cantidad de preguntas y por lo tanto los puntajes obtenidos para cada parámetro de evaluación no se encuentran normalizados. Para normalizar las calificaciones se consideraron intervalos uniformes con valores para cada rango de vulnerabilidad, los cuales fueron tomados a partir de los valores que utiliza el método del índice de vulnerabilidad para las categorías A, B, C y D, con puntajes de 0, 5, 25 y 45, respectivamente. La facilidad de adaptación de los parámetros definidos en este estudio con los parámetros de evaluación que plantea el método del índice de vulnerabilidad, hizo posible su aplicabilidad en la definición de la forma de calificación de los parámetros. Fue necesario entonces, convertir los intervalos definidos en la Tabla 25 a una calificación comprendida en los intervalos mostrados en la Tabla 26, en la cual se muestran también las fórmulas que se determinaron para calcular el equivalente del valor "x", siendo este la calificación resultante del formulario, en el intervalo estandarizado. Con todos los puntajes convertidos a los intervalos estandarizados se procede a determinar el grado de vulnerabilidad total, calculando el promedio ponderado de todos los parámetros, de acuerdo con el porcentaje de incidencia que se definió para cada uno.

**Tabla 25.** Rangos de vulnerabilidad, calificaciones y porcentajes de incidencia.

Parámetros	Calific.		Rangos de vulnerabilidad								% de incidencia
	Mín	Máx	Bajo		Medio		Alto		Muy Alto		
			Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	
<b>FORMULARIO 1</b>											
Entorno y Ubicación	6	52	6	18	18	29	29	41	41	52	1
Suelos	2	30	2	9	9	16	16	23	23	30	15
Seguridad y zonas de evacuación	3	50	3	15	15	27	27	38	38	50	1
<b>FORMULARIO 2</b>											
Edad y número de pisos	2	20	2	7	7	11	11	16	16	20	2
Cambios de uso y ampliaciones	1	25	1	7	7	13	13	19	19	25	2
Golpeteo	1	12	1	4	4	7	7	9	9	12	2
Cubierta	4	45	4	14	14	25	25	35	35	45	2
Aspectos Geométricos	3	40	3	12	12	22	22	31	31	40	15
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	60	7	20	20	34	34	47	47	60	10
<b>FORMULARIO 3</b>											
Estructura: Pórtico en Concreto	8	85	8	27	27	47	47	66	66	85	30
Muros y Antepechos	7	109	7	33	33	58	58	84	84	109	20
<b>TOTAL 1</b>	<b>44</b>	<b>528</b>	<b>44</b>	<b>165</b>	<b>165</b>	<b>286</b>	<b>286</b>	<b>407</b>	<b>407</b>	<b>528</b>	<b>100</b>
<b>FORMULARIO 4</b>											
Estructura: Muros Confinados	9	143	9	43	43	76	76	110	110	143	50
<b>TOTAL 2</b>	<b>38</b>	<b>477</b>	<b>38</b>	<b>148</b>	<b>148</b>	<b>258</b>	<b>258</b>	<b>367</b>	<b>367</b>	<b>477</b>	<b>100</b>

Sup. e Inf. son límite superior e inferior del intervalo, respectivamente.

**Tabla 26.** Intervalos normalizados de acuerdo con el grado de vulnerabilidad.

Grado de vulnerabilidad	Intervalo normalizado	Fórmula de conversión(*)
Bajo	De 0 a 10	$\left(\frac{10}{Sup - Inf}\right) * (x - Inf)$
Medio	De 10 a 20	$10 + \left(\frac{10}{Sup - Inf}\right) * (x - Inf)$
Alto	De 20 a 30	$20 + \left(\frac{10}{Sup - Inf}\right) * (x - Inf)$
Muy Alto	De 30 a 40	$30 + \left(\frac{10}{Sup - Inf}\right) * (x - Inf)$

Sup. e Inf. son límite superior e inferior del intervalo no normalizado, respectivamente.



#### 4.2.6. Estimación del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.

Inicialmente se había considerado hacer una proyección de los resultados obtenidos para la muestra específica a las 50 escuelas restantes de la población estudiada, sin embargo, después de la evaluación detallada se observó que se podría tener una mayor aproximación a la realidad, de la que se obtendría con una proyección directa de los resultados, utilizando la información preliminar en la estimación del grado de vulnerabilidad de estos establecimientos. Lo que sustenta lo anterior es que, mediante la evaluación detallada, se identificó que la mayoría de las características recopiladas en las visitas preliminares habían tenido una alta incidencia en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares de la muestra específica, que de acuerdo con los porcentajes de incidencia asignados a cada parámetro, equivalen al 84 % del valor del grado de vulnerabilidad. Lo interesante de este procedimiento es que se convirtió en una herramienta para plantear una validación metodológica del desarrollo detallado que se realizó para las escuelas de la muestra específica, en contraste con un procedimiento de evaluación, basado en aspectos similares, pero con un desarrollo muy breve y una ejecución mucho más rápida.

Tabla 17. Parámetros de evaluación y porcentajes de incidencia

La selección de los parámetros de este procedimiento simplificado de evaluación se hizo, como se mencionó antes, priorizando la información preliminar de acuerdo a su influencia en la vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica. Los parámetros establecidos son el sistema estructural, la calidad de los suelos de la zona, los aspectos geométricos de la edificación, el año de construcción, el número de pisos y el tipo de cubierta. A cada parámetro se le asignó un porcentaje de incidencia que para el caso del sistema estructural, suelos y aspectos geométricos, corresponde a los asignados en la evaluación detallada para cada uno, es decir que también se les está dando la mayor incidencia en el grado de vulnerabilidad de

Escuela específica de la muestra específica de la población estudiada

las escuelas de la población estudiada, de acuerdo a la calibración hecha durante la evaluación de las escuelas de la muestra específica.

Los demás parámetros se definieron a partir de la información preliminar disponible y son el año de construcción, el número de pisos y el tipo de cubierta, repartiendo el porcentaje restante entre ellos. A la cubierta se le asignó un 10 % y al año de construcción y el número de pisos se les asignó un 5 % a cada uno. La razón para priorizar entre ellos al tipo de cubierta es que la distancia entre muros determina la separación de los apoyos de la cubierta y, en la gran mayoría de los casos, esta distancia es mayor a la altura del entrepiso por los amplios espacios requeridos en este tipo de edificaciones. En caso de que ocurra un sismo con una componente vertical como la del sismo del Eje Cafetero en 1999, las estructuras de cubierta podrían fallar al no soportar la tracción generada por el movimiento en sentido vertical, peligro que se vería agravado si la distancia entre apoyos de cubierta es inadecuada y la cubierta clasifica como pesada. En cuanto a las calificaciones, se definió un rango que varía de 5 a 30, asignándolas a la mejor y a la peor condición, respectivamente.

**Tabla 27.** Parámetros de evaluación y porcentajes de incidencia.

Parámetro de evaluación	% de incidencia
Sistema Estructural	50
Suelos	15
Aspectos geométricos	15
Año de construcción	5
Número de pisos	5
Tipo de cubierta	10

- **Sistema estructural:**

En el Formulario Preliminar se consignaron las tipologías estructurales y los problemas identificados en las escuelas de la población estudiada y a partir de

dicha información se definieron las calificaciones para el sistema estructural de cada escuela. En el caso de las edificaciones con pórticos en concreto se dieron calificaciones de acuerdo los problemas evidenciados. Cuando se observó la presencia de columna corta se asignó una calificación de 25, si se evidenciaban daños en la mampostería 10, 7 cuando se observaron juntas inadecuadas y culatas sin confinamiento y 5 cuando no se observó ningún problema. Para las edificaciones con muros sin confinar se decidió asignar la peor calificación, equivalente a 30.

Para las edificaciones de muros confinados se asignaron las calificaciones mostradas en la Tabla 28, indicando que en las edificaciones en los que se detectaron problemas en la mampostería, donde se evidenció la presencia de columna corta, ausencia de juntas y culatas sin confinamiento se les asignó una calificación de 25; para los que presentaran solo daños en la mampostería se les asignó una calificación de 20; para los que presentaron problemas en las juntas y culatas sueltas o presencia de columna corta, se les asignó una calificación de 10 y en los que no se identificaron problemas aparentes en su estructura se les dio una calificación de 5.

Cuando se presentaron varias edificaciones con diferentes sistemas estructurales en una misma escuela, se ponderaron las calificaciones obtenidas para cada edificación, de acuerdo al número de edificaciones que presentaran distintas tipologías.

**Tabla 28.** Calificaciones asignadas a las edificaciones con muros confinados.

<b>Problemas identificados</b>	<b>Calificación</b>
Daños en mampostería, columna corta, ausencia de juntas, culatas sueltas.	25
Daños en mampostería.	20
Juntas inapropiadas, culatas sueltas o columna corta.	10
No presenta problemas.	5



- **Suelos:**

En este parámetro se consideraron el posible perfil de suelo que corresponde al terreno donde se encuentra emplazada la escuela y la presencia de fallas en los muros por posibles asentamientos diferenciales. Los posibles perfiles de suelo se tomaron de la base de datos de la información cartográfica digital en desarrollo por el Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO, 2002) y las fallas en los muros fueron registradas durante las visitas preliminares, cuyo registro se presenta en el Anexo 3.

Para la calificación asignada a las fallas detectadas en los muros se consideró la magnitud de los problemas identificados mediante la evaluación preliminar. La calificación total de este parámetro es la suma de las calificaciones de los problemas asociados a asentamientos del terreno y el posible perfil de suelo. En la Tabla 29 se resumen las consideraciones hechas para la evaluación de este parámetro.

**Tabla 29.** Calificaciones asignadas al parámetro de evaluación de los Suelos.

<b>Problemas asociados a asentamientos del terreno</b>	<b>Opción</b>	<b>Calificación</b>
(a) No evidencian fallas en la mampostería ni asentamientos.	No	2,5
(b) Se observan asentamientos, aunque no se observan fallas en muros.	Si (b)	12,0
(c) Presenta problemas en la mampostería asociadas al comportamiento del suelo.	Si (c)	20,0
<b>Posible perfil de suelo</b>	S1	2,5
	S2	7,0
	S3	10,0

- **Aspectos geométricos:**

La calificación de la geometría de la edificación se basó en las irregularidades registradas durante las visitas preliminares y la existencia de grandes aberturas en

los muros. Las calificaciones establecidas para una condición geométrica regular es 5, y para las condiciones intermedia e irregular, se asignaron los valores 17 y 30, respectivamente. En la Tabla 30 se resumen los criterios para la asignación de una calificación general a los aspectos geométricos de la escuela.

**Tabla 30.** Calificaciones asignadas a los Aspectos geométricos.

Problemas identificados	Geometría	Calificación
No presenta irregularidades.	Regular	5
Tiene vanos grandes, discontinuidad de muros.	Intermedia	17
Presenta irregularidades en planta y en altura.	Irregular	30

▪ **Año de construcción y número de pisos:**

Los intervalos para asignar las calificaciones de este parámetro se definieron de acuerdo con las características comunes que presentaron algunas edificaciones en ciertas épocas, como por ejemplo, tipologías estructurales, configuraciones geométricas y la presencia de confinamiento en los muros, las cuales fueron mejorando, relativamente, a medida que avanzaba el siglo XX. El primer intervalo es de 1997 en adelante, con una calificación de 5, seguido del intervalo de 1997 a 1984, asignándole una calificación de 17 y finalmente el intervalo de años de construcción previos a 1984, con una calificación de 30.

Se le ha dado importancia al número de pisos en esta evaluación, porque fue notorio durante la inspección de las escuelas de la muestra, que en muchos casos el aumento del número de pisos en las edificaciones no estuvo acompañado de adecuaciones estructurales necesarias para un incremento de cargas de esta naturaleza, a excepción de algunos pórticos. Las calificaciones asignadas para las edificaciones de 1, 2 y 3 pisos son 5, 17 y 30, respectivamente.

- **Tipo de cubierta:**

La cubierta se calificó de acuerdo al peso de cada tipología; a las más livianas, con teja de asbesto-cemento, se les asignó una calificación de 5, a las de teja de barro 17 y a las que presentan sistema residencial 30.

Finalmente, una vez se determinó el grado de vulnerabilidad de las escuelas restantes de la población estudiada que no fueron evaluadas detalladamente, se decidió aplicar este mismo procedimiento simplificado a las escuelas pertenecientes a la muestra específica, con el objetivo de establecer una validación metodológica y unificar los resultados para su análisis. En el Capítulo 5, de resultados y discusión metodológica se hace el análisis de validación metodológica.

#### **4.2.7. Estimación de daños y pérdidas económicas.**

- **Edificaciones de mampostería.**

El procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado (1990) permite determinar la categoría y el estado de daños de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos, mediante el cálculo de la demanda de ductilidad y se aplicó a las edificaciones escolares de mampostería de la muestra específica, ya que para el resto de las edificaciones de la población estudiada no se tienen las mediciones requeridas para emplear este procedimiento.

El procedimiento propuesto es el siguiente:

1. Determinar la longitud de muros en ambas direcciones.



2. Determinar la resistencia al cortante VR menos favorable, considerando la menor longitud de muros en una dirección en el primer piso de la edificación, calculándola con la ecuación:

$$VR = L * e * v$$

donde VR es la cortante resistente, L es la longitud de muros, e es el espesor de los muros y v es el valor de la resistencia a cortante de los muros, los cuales según ensayos de laboratorio para muros de mampostería han arrojado, para mampostería confinada un valor de  $v = 1.5 \text{ kg/cm}^2$  y para mampostería sin confinar un valor de  $v = 0.75 \text{ kg/cm}^2$ .

3. Calcular el peso de la edificación W, que es resistido por la estructura, multiplicando el área por el peso por metro cuadrado.
4. Calcular el coeficiente sísmico resistido CSR definido como el porcentaje del peso de la edificación que es resistido por la estructura, como cortante horizontal en la dirección más desfavorable. Esto resulta de dividir la resistencia a cortante menos favorable VR, por el peso promedio de la edificación, es decir,  $CSR = VR/W$ .
5. Calcular el coeficiente sísmico exigido CSE a la estructura a partir del espectro de respuesta escogido.
6. Calcular la demanda de ductilidad DD, como la relación entre el coeficiente sísmico exigido CSE y el coeficiente sísmico resistente CSR, es decir,  $DD = CSE/CSR$ .
7. Tomar como valor de referencia de la ductilidad disponible o capacidad de ductilidad el valor  $R_o$  recomendado en el Código, equivalente a 1.0 para mampostería no confinada y 1.5 para mampostería confinada.
8. Se pueden clasificar los daños de una manera cualitativa de acuerdo con la escala de la Tabla 31 presentada en Campos (1992).

**Tabla 31.** Relación entre la categoría de daños y la demanda de ductilidad.

<b>Categoría y estado de daños</b>	<b>Criterio con relación a la demanda de ductilidad (DD)</b>
1. Ninguno	$DD < 0,50 CD$
2. Menores	$0,50 CD < DD < 0,75 CD$
3. Moderados	$0,75 CD < DD < 1,00 CD$
4. Mayores	$1,00 CD < DD < 1,50 CD$
5. Totales	$1,50 CD < DD < 2,00 CD$
6. Colapso	$2,00 CD < DD$

Fuente: Cardona y Hurtado (1990), en Campos (1992).

Los efectos en la estructura para cada categoría de daño son:

1. Sin daños.
2. Daños menores en elementos arquitectónicos.
3. Daños generalizados en los elementos arquitectónicos y daños menores en los elementos estructurales.
4. Daños generalizados en los elementos estructurales y arquitectónicos.
5. Daños en la estructura no reparables, por lo tanto la edificación debe ser demolida y reemplazada.
6. Edificación parcial o totalmente colapsada por inestabilidad.

Para aplicar este procedimiento en este estudio se decidió modificar la ecuación de la cortante resistente mediante la inclusión de un factor de reducción. La razón para hacer esta adaptación es que dentro de las escuelas evaluadas que presentan muros confinados o sin confinar como sistema estructural, existe gran variedad de calidades y de grados de vulnerabilidad, lo cual se considera debe tenerse en cuenta para la determinación de la cortante resistente. Con la asesoría del ingeniero Gilberto Areiza se definieron los factores de reducción de la cortante resistente, de acuerdo con los grados de vulnerabilidad obtenidos para cada escuela. Dichos factores se muestran en la Tabla 32.

**Tabla 32.** Factor de reducción de la cortante resistente en relación con el grado de vulnerabilidad.

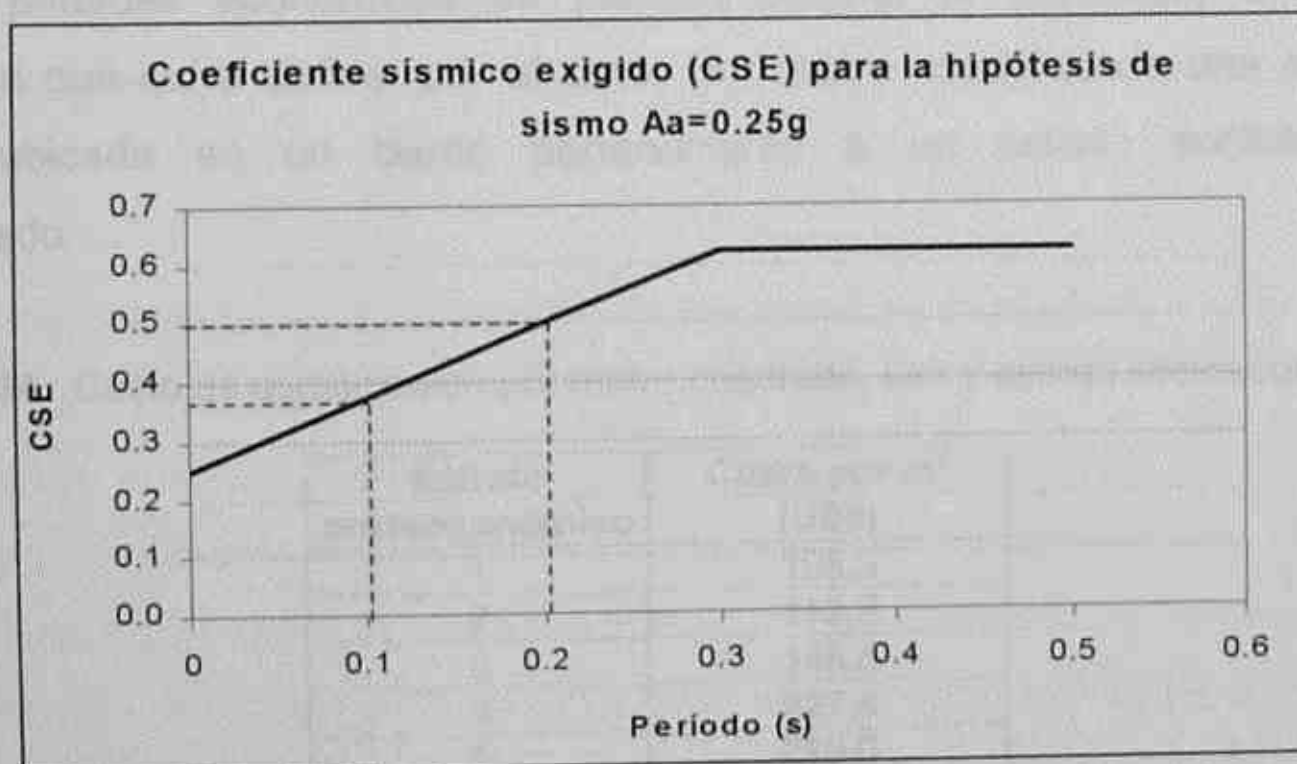
Grado de vulnerabilidad	Factor de reducción ( $f_r$ )
Bajo	1,00
Medio	0,95
Alto	0,85
Muy alto	0,80

De esta manera la ecuación de la cortante resistente quedaría expresada así:

$$VR = L * e * v * f_r$$

De acuerdo con el procedimiento de Cardona y Hurtado, al reducirse el valor de la cortante resistente, se reduce también el valor del coeficiente sísmico resistido y por lo tanto se incrementa el valor de la demanda de ductilidad y los daños esperados.

El valor del coeficiente sísmico exigido depende del período de la edificación y de la aceleración horizontal pico efectiva, y se puede obtener de gráficas que relacionan estos valores.



Fuente: Figura 20, en Campos (1992).

**Figura 7.** Curva para obtener el valor del coeficiente sísmico exigido para  $Aa=0.25g$ .



La determinación de las pérdidas económicas se hizo empleando el procedimiento propuesto por Whitman y Cornell (1976), en Campos (1992). Dicho procedimiento asocia a cada categoría o estado de daño un porcentaje de la edificación que sufre daños, lo cual se requiere para relacionarlos con las posibles pérdidas económicas. Los porcentajes asociados a cada categoría de daño se muestran en la Tabla 33.

**Tabla 33.** Categoría de daños y porcentaje de la edificación afectada.

<b>Categoría y estado de daños</b>	<b>Porcentaje de daños</b>
1. Ninguno	0,0
2. Menores	0,3
3. Moderados	5,0
4. Mayores	30,0
5. Totales	100,0
6. Colapso	100,0

Fuente: Whitman y Cornell (1976), en Campos (1992).

Para determinar cuántos metros cuadrados de cada edificación escolar sufre daños, se multiplica el porcentaje de daños con el área total construida. Así, las posibles pérdidas económicas se pueden obtener al multiplicar el área del edificación que sufre daños, por el costo por metro cuadrado de una edificación escolar ubicada en un barrio perteneciente a un estrato socioeconómico determinado.

**Tabla 34.** Costo de construcción por metro cuadrado, uso y estrato socioeconómico.

<b>Estrato socioeconómico</b>	<b>Costo por m<sup>2</sup> (US\$)</b>
1	126,5
2	112,2
3	146,8
4	227,4
5	219,0

Fuente: Construdata (2002).

- **Edificaciones con pórtico en concreto.**

Debido a que el procedimiento de Cardona y Hurtado (1990) no es aplicable a las edificaciones con sistema estructural pórtico en concreto, con la asesoría del ingeniero Gilberto Areiza, se decidió asumir que los daños de estas edificaciones se concentrarían en los muros, partiendo de que las edificaciones que se clasificaron dentro de esta tipología estructural cumplen con los requisitos de la Norma NSR-98.

Cabe anotar que no es posible hacer un análisis detallado de estas edificaciones porque se carece de información estructural más exacta y que el procedimiento propuesto solo pretende hacer un estimativo económico de las pérdidas. Estas pérdidas se obtuvieron multiplicando la cantidad de muros que se estima sufrirían daños por el costo aproximado de mampostería por metro cuadrado. La cantidad de muros que sufre daños se definió de acuerdo a la presencia de confinamiento con columnetas y viguetas, asignando un porcentaje de daños de 20 % sobre el área total de los muros cuando estén confinados y de 100 % cuando no lo estén. El costo por m<sup>2</sup> de mampostería se determinó de acuerdo a los valores recomendados en el Construdata (2002) y su cálculo se presenta en la Tabla 35.

#### **4.2.8. Estimación de las posibles pérdidas de vidas humanas.**

Las escuelas públicas manejan una población diaria bastante numerosa entre estudiantes, profesores y empleados. Es evidente la importancia de obtener un estimativo de las posibles pérdidas de vidas humanas en caso de ocurrencia de un evento sísmico. Whitman y Cornell (1976) proponen unos porcentajes de víctimas fatales y personas heridas, de acuerdo con las seis categorías de daño.

El cálculo de víctimas fatales se realiza a partir del porcentaje total de la población que se encuentra normalmente en las edificaciones y con el porcentaje restante se calcula el número de personas heridas. En la Tabla 36 se muestran los porcentajes propuestos por los autores de este procedimiento.

**Tabla 35.** Costo por metro cuadrado de muro en ladrillo tolete común de 10 cm de espesor.

Descripción	Un	Cantidad	Rto.	Precio unitario	Subtotal (\$)
Ladrillo tolete recocido	un	55,0	1,05	75	4 331
Mortero de pega 1.4	m <sup>3</sup>	0,026	1,05	11 000	300
Mano de obra	m <sup>2</sup>	-	-	6 200	6 200
Herramienta menor	%	0,100	-	-	1 083
<b>Total por m<sup>2</sup></b>					<b>\$11 914</b>

Un: unidad, Rto: rendimiento

**Tabla 36.** Porcentajes de posibles pérdidas de vidas humanas.

Categoría de daños	Victimas fatales (%)	Heridos y heridas (%)
1	0,0	0
2	0,0	0
3	0,0	1
4	0,25	2
5	1,0	10
6	20,0	100

Fuente: Whitman y Cornell (1976), en Campos (1992).

### 4.3. SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA.

Permite observar con claridad la secuencia de actividades ejecutadas y la forma como los resultados parciales logrados se convirtieron, a lo largo del proceso, en herramientas para realizar una validación metodológica, que condujo a la obtención de un procedimiento para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las escuelas de Cali, de manera rápida y económica y con resultados finales representativos para la población objetivo de estudio.

Figura 2. Síntesis de la metodología.



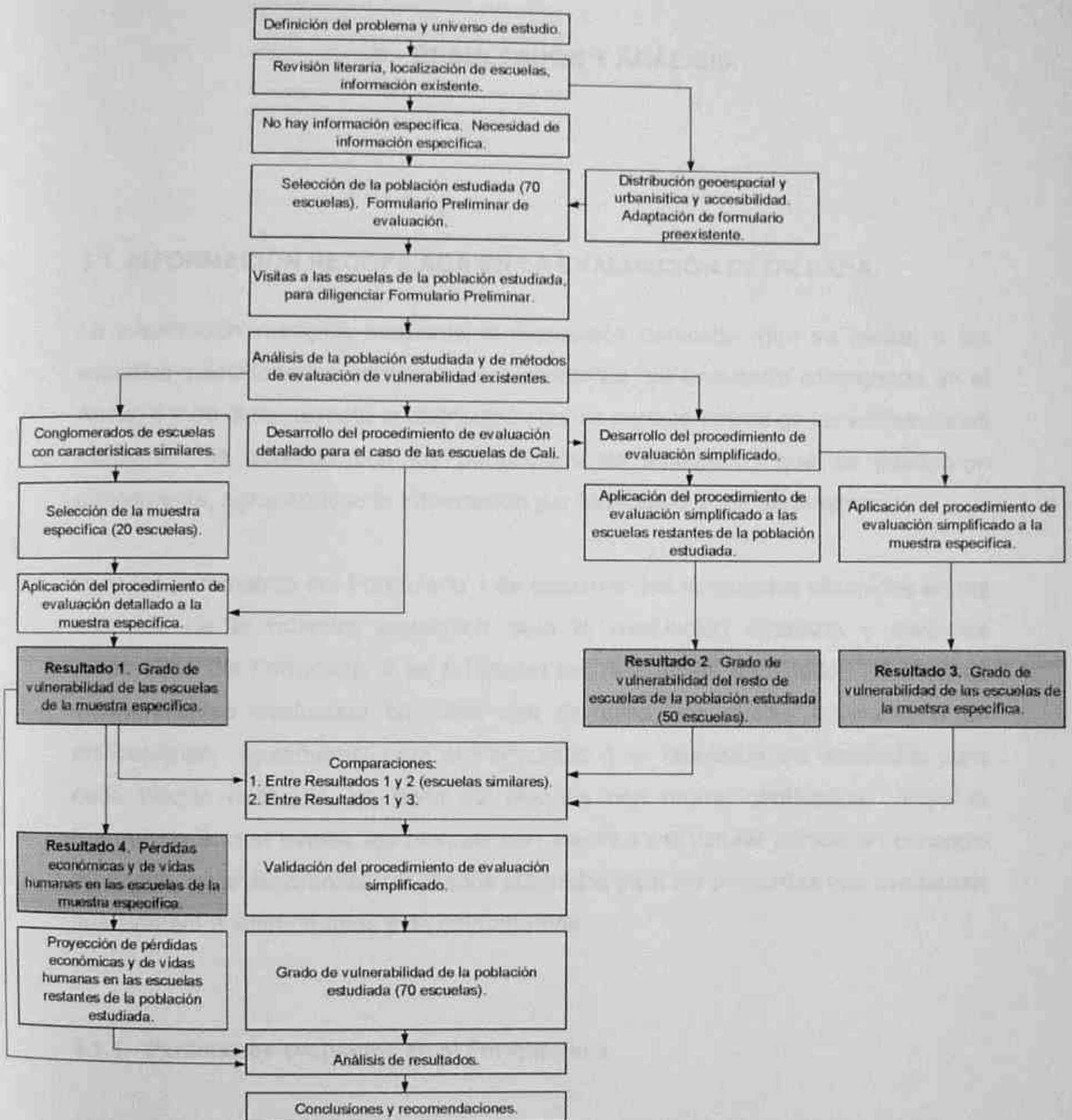


Figura 8. Síntesis de la metodología.

## **5. RESULTADOS Y ANÁLISIS.**

### **5.1. INFORMACIÓN RECOPIADA EN LA EVALUACIÓN DETALLADA.**

La información recogida mediante la evaluación detallada, que se realizó a las escuelas seleccionadas como muestra específica, se encuentra consignada en el Anexo 6 y de él se extractó la distribución de las características de las edificaciones escolares, de acuerdo con los parámetros de evaluación que se plantearon previamente, agrupándose la información por formulario y por parámetro.

Para los parámetros del Formulario 1 se tabularon las respuestas obtenidas en las escuelas de la muestra específica para la evaluación detallada y para los parámetros del Formulario 2 se tabularon las respuestas para todos los bloques independientes evaluados en cada una de ellas, los cuales equivalen a 38 edificaciones. Igualmente, para el Formulario 4 se tabularon los resultados para cada bloque evaluado, es decir 22 bloques con muros confinados. Para el Formulario 3, que evalúa los bloques con sistema estructural pórtico en concreto reforzado, se analizaron los resultados obtenidos para las preguntas que evaluaban sus elementos estructurales y no estructurales.

#### **5.1.1. Parámetros evaluados en el Formulario 1.**

Mediante el Formulario 1 se evaluaron tres generalidades de cada escuela definidas como Entorno y ubicación, Suelos y Seguridad y zonas de evacuación. A

continuación, se muestra el análisis del comportamiento de estos parámetros dentro de la muestra específica.

- **Entorno y ubicación.**

En relación con este parámetro se encontró que el 35 % de las escuelas evaluadas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 50 % medio y el 15 % alto, identificándose que el 90 % de estas escuelas se encuentran ubicadas en zonas con topografías planas o con pendientes menores a 20°, el 25 % de los establecimientos evaluados se encuentra localizado en cercanías de un río, en el 15 % de los muros de cerramiento se observan fisuras y en el 20 % se registraron inclinaciones y grietas.

- **Suelos.**

Los resultados obtenidos en este parámetro muestran que el 40 % de las escuelas evaluadas detalladamente tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 25% medio, el 20 % alto y el 15 % muy alto. De acuerdo con la clasificación de perfiles de suelo de la NSR-98, un 30 % de los suelos sobre los cuales se encuentran cimentadas las escuelas presentan perfiles S1, el 50 % se encuentra sobre suelos con perfiles S2 y el 20 % restante sobre suelos con perfiles S3. En cuanto a la pregunta que evalúa la presencia de fallas en elementos estructurales o no estructurales debidas a asentamientos diferenciales, se encontró que estas se evidencian en el 55 % de las escuelas visitadas.

- **Seguridad y zonas de evacuación.**

La evaluación de este parámetro arrojó que el 10 % de las escuelas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 50 % medio, el 25 % alto y 15 % muy alto. En el 60 % de las escuelas de la muestra específica no existe facilidad para evacuar



hacia zonas libres en caso de emergencia, en el 65 % no se hacen nunca simulacros de evacuación y solo en un 15 % se han hecho simulacros alguna vez, con ayuda de la defensa civil y los bomberos.

### 5.1.2. Parámetros evaluados en el Formulario 2.

- **Edad, número de pisos y clasificación estructural.**

El análisis de la información recogida en los parámetros Número de pisos y Edad de la edificación indica que el 29 % de las escuelas de la muestra específica presentan un rango de vulnerabilidad bajo, el 13 % medio, el 55 % alto y el 3 % muy alto. De los 38 bloques escolares evaluados, el 63 % tienen un piso, el 32 % tienen dos pisos y el 3 % tienen tres pisos. Antes de 1984 fueron construidos el 56 % de los bloques, el 39 % de los bloques fue construido entre 1984 y 1997 y el 5 % después de 1997. Finalmente, en cuanto a la tipología estructural se registró que un 26 % tiene muros sin confinar, el 58 % muros confinados y el 16 % pórticos en concreto reforzado.

- **Cambios de uso y ampliaciones.**

Al evaluar en qué han consistido los cambios de uso de las edificaciones o las remodelaciones, si las hubo, se encontró que el 66 % de las escuelas evaluadas tiene un rango de vulnerabilidad bajo, el 18 % medio, el 3 % alto y el 13 % muy alto. El 79 % de los bloques no ha tenido cambios de uso, a un 18 % se le ha cambiado el uso incrementando las cargas actuantes y a un 5 % reduciéndolas. A un 29 % de los bloques se les ha hecho remodelaciones, de los cuales el 45 % consistieron en ampliaciones adosadas o en planta, pero ninguna fue separada con junta apropiada. El 55 % consistieron en ampliaciones en altura y en el 33 % de los casos no se hicieron las adecuaciones estructurales requeridas.

- **Golpeteo.**

Con respecto a los parámetros evaluados para determinar las condiciones que generan problemas de colindancia, se encontró que el 55 % de las escuelas de la muestra específica tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 26 % medio y 19 % muy alto. El 56 % de los bloques no tiene problemas de colindancia, el 26 % son bloques de esquina y el 18% son intermedios. Dentro de las 17 edificaciones que pueden tener problemas de colindancia, solo el 12 % tiene altura de entrepiso coincidente con la de las edificaciones adyacentes.

- **Cubierta.**

Los resultados obtenidos al evaluar la cubierta indican que, en relación con este parámetro, el 58 % de las escuelas evaluadas presenta un rango de vulnerabilidad bajo, el 34 % medio y el 8 % alto. El 58 % de los bloques tiene cubierta de teja de asbesto – cemento, el 39 % tiene sistema residencial, es decir, teja de asbesto – cemento más teja de barro, y el 3 % tiene cubierta de teja de barro. Todos los bloques tienen cercha metálica como estructura de cubierta y en el 55 % de los casos esta se encuentra apoyada sobre vigas corona, en el 24 % de los casos sobre muros sin confinar y en el 21 % sobre muros confinados. En cuanto a los amarres y anclajes de la estructura de cubierta, un 52 % presentan corrosión.

- **Aspectos geométricos.**

La distribución porcentual para este parámetro muestra que, en relación con la geometría y la distribución de los muros estructurales en las direcciones principales de la edificación, el 26 % de las escuelas de la muestra específica presenta un rango de vulnerabilidad bajo, el 39 % medio, el 24 % alto y el 11 % muy alto. El 23 % de los bloques no presentan ninguna irregularidad, el 34 % presenta retrocesos



en las esquinas, irregularidades del diafragma o sistemas no paralelos y el 5 % desplazamiento de los planos de acción. No hay simetría en el 37 % de los bloques y en el 45 % de ellos la proporción existente entre sus dimensiones en planta se caracteriza por tener el largo mayor que tres veces el ancho. Solo en el 8 % hay continuidad de todos los muros verticalmente, el 26 % tiene algunos muros con discontinuidades y el 66 % tiene discontinuidades en la mayoría de los muros. En el 26 % de los casos, hay muros estructurales en cada dirección principal, y en el 74 % la mayoría de los muros estructurales se concentran en una sola dirección.

#### • Aspectos constructivos y grado de deterioro.

El análisis de los resultados obtenidos en este parámetro indica que, con relación a la calidad de la construcción y grado de deterioro de los elementos, el 82 % de las escuelas evaluadas tienen un rango de vulnerabilidad bajo, el 16 % medio y el 2 % alto.

El 16 % de las paredes tienen superficies con alto grado de deterioro, con humedades o desprendimientos, el 21 % tiene algún grado de deterioro y el 63 % no tiene deterioro considerable. En los cielorrasos solo el 3 % tiene alto grado de deterioro, el 11 % tiene algún grado y en el 86 % de los casos no hay cielorraso o no está deteriorado. En los pisos se observó algún grado de deterioro, con fisuras y pequeños desniveles, en el 37 % de los casos y en el 21 % se observó alto grado de deterioro, con grietas y hundimientos muy evidentes. En general las canales de las edificaciones se encuentran en buen estado o no hay. En el caso de no haberlas, las aguas lluvias son manejadas con cunetas en las afueras de los corredores que rodean las aulas. Las juntas de pega son de buena calidad en el 89 % de los casos, con espesores de pega uniformes tanto horizontal como verticalmente. El 11 % de las edificaciones presenta, en zonas localizadas, espesores de pega no uniformes. En el 53 % de los casos, el mortero de pega tiene buena adherencia con el ladrillo y no se deja rayar ni se desmorona y en el



43 % no presenta buena calidad. En cuanto al estado y colocación de los ladrillos, en el 84 % de las edificaciones evaluadas, estos no se encuentran fisurados, quebrados ni despegados y están dispuestos continua y uniformemente hilada tras hilada. El 14 % de las edificaciones presenta en algunas zonas ladrillos de mala calidad.

### 5.1.1. Parámetros evaluados en el Formulario 3.

El Formulario 3 se empleó para evaluar las edificaciones cuyo sistema estructural es pórtico en concreto y está conformado por dos parámetros, uno que evalúa los elementos estructurales y otro, que evalúa los no estructurales.

- **Elementos estructurales.**

Cuatro de las cinco edificaciones evaluadas como pórticos en concreto tienen un rango de vulnerabilidad bajo y una tiene un rango de vulnerabilidad medio. De las cinco edificaciones con esta tipología estructural, cuatro presentan continuidad total en columnas y vigas; ninguno tiene cambios de sección de las columnas de un piso a otro ni manchas amarillentas en la superficie del concreto. Todos los pórticos presentan concreto de buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto. En una edificación las vigas presentan fisuras, pero ninguna columna se encuentra fisurada y dos de las losas presentan deflexiones leves y filtraciones. Finalmente, en dos de las edificaciones evaluadas las columnas tienen dimensiones inferiores a 30x30 cm y todas las edificaciones tienen una excentricidad de las vigas respecto a la columnas que les dan apoyo no superior al 25 % del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga.

## • Elementos no estructurales.

Los resultados de la evaluación muestran que de los cinco pórticos en concreto evaluados detalladamente dos presentan un rango de vulnerabilidad medio y tres un rango de vulnerabilidad alto en los parámetros. Dos edificaciones tienen confinados algunos de los muros con columnetas y viguetas y tres tienen pocos o ningún muro confinado. El estado de los muros es bueno en cuatro de los casos y en una edificación presentan fisuras y humedades. Tres de las edificaciones tienen los antepechos sin confinamiento y en una se encuentran en mal estado, con fisuras y humedades.

En cuanto a las culatas, solo en una edificación tienen confinamiento. Las aberturas y vanos tienen un área menor al 35 % del área de los muros en cuatro de los casos y en tres, la longitud de los vanos y aberturas es mayor o igual a la mitad de la longitud de los muros. También en tres de las edificaciones se registró una distancia menor a 50 cm desde el borde del muro hasta la abertura adyacente. En relación con la posición de aberturas adyacentes a elementos estructurales verticales, se evidenció que en cuatro de las edificaciones hay presencia de columna corta.

### 5.1.2. Parámetros del Formulario 4.

La evaluación de los parámetros considerados en Formulario 4, que evalúa las edificaciones con sistema estructural muros confinados, arrojó que, de los 22 bloques de muros confinados evaluados, el 27 % tiene un rango de vulnerabilidad bajo, el 59 % medio, el 9 % alto y el 5 % muy alto. El 50 % de las edificaciones con muros confinados no tiene continuidad en algún elemento estructural y el 27 % tiene concreto de mal aspecto en las columnetas y viguetas, con hormigueros y el acero expuesto en zonas localizadas.

En el 5 % de las edificaciones se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto. Solo el 48 % de las edificaciones tiene confinados todos sus muros con columnetas y viguetas, el 30 % tiene algunos muros sin confinamiento y el 22 % tiene pocos muros confinados. El 86 % presenta buen contacto entre muros y elementos de confinamiento y el 95 % tiene espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical mayor a la altura del entrepiso. En el 9 % de los casos se observó pandeo en las columneta y en el 5 % deflexiones en las viguetas. El 36 % de las edificaciones tiene columnetas y viguetas con secciones de área menor a  $400 \text{ cm}^2$ .

El estado de los muros es bueno en el 59 % de los casos y el 41 % presenta fisuras, grietas, particiones, pandeo y/o humedades. El 73 % de los bloques tiene los antepechos sin confinamiento y el 32 % se encuentra en mal estado, con fisuras o grietas, particiones y/o humedades. En el 41 % de los casos las culatas tienen confinamiento y en el 82 % las aberturas y vanos tienen un área menor al 35 % del área de los muros.

En el 82 % de las edificaciones evaluadas la longitud de los vanos y aberturas es mayor o igual a la mitad de la longitud de los muros. En el 78% de estas se registró una distancia desde el borde del muro hasta la abertura adyacente menor a 50 cm. En relación con la posición de aberturas adyacentes a elementos estructurales verticales, se evidenció que en el 68 % de los bloques hay columnas cortas en varias zonas de la edificación.



## **5.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA.**

### **5.2.1. Resultados de la evaluación detallada en la muestra específica.**

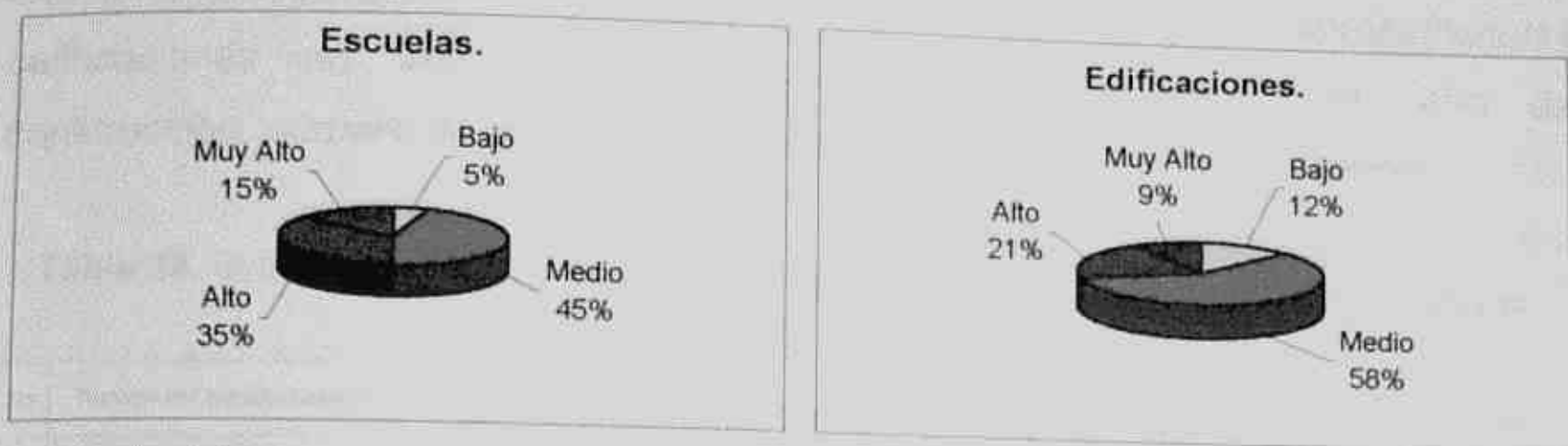
La mayoría de los establecimientos educativos se encuentran constituidos por edificaciones muy similares, razón por la cual se decidió evaluar detalladamente, para la determinación del grado de vulnerabilidad, los dos bloques que presentan la peor y mejor condición; sin embargo, las edificaciones no evaluadas se midieron de acuerdo con lo definido en el procedimiento detallado y se hicieron algunas observaciones básicas para su caracterización y posterior calificación. En las escuelas donde se encontraron edificaciones con pórticos en concreto, estas también fueron evaluadas, ya que por su edad podrían indicar una falsa tendencia del grado de vulnerabilidad de la escuela. El grado de vulnerabilidad de las edificaciones seleccionadas en cada escuela, se determinó siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo anterior, las calificaciones obtenidas se muestran en el Anexo 6 y en el Anexo 7, el grado de vulnerabilidad de las edificaciones evaluadas en cada escuela.

El grado de vulnerabilidad de las escuelas se determinó mediante un ponderado por áreas de las calificaciones obtenidas para cada edificio. Para las edificaciones no evaluadas la calificación fue asignada de acuerdo con su sistema estructural, estado de deterioro y a las calificaciones obtenidas para la edificación evaluada con la cual presentan las mayores semejanzas. En la Tabla 37 se resumen los resultados obtenidos y en la Figura 9 se presenta la distribución porcentual del grado de vulnerabilidad de la muestra específica. La distribución porcentual muestra que de las veinte escuelas evaluadas el 5 % tienen grado de vulnerabilidad bajo, el 45 % medio, el 35 % alto y el 15 % muy alto; y analizando el grado de vulnerabilidad por edificación se obtuvo que, de las 58 edificaciones, el 12 % tiene grado de vulnerabilidad bajo, el 58 % medio, el 21 % alto y el 9 % muy alto.

Tabla 37. Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica obtenidos con el procedimiento de evaluación detallado.

Establecimiento	N.B.	B.	S.E.	V.V. Bloque	G.V. Bloque	A <sub>Bloque</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>Esc</sub> (m <sup>2</sup> )	V.V. Esc.	G.V. Esc.
C.D. Fernando de Aragón	2	1	MSC	31,6	MUY ALTO	626	729	30	MUY ALTO
		2	MC	17,1	MEDIO	103			
C.D. Francisco José de Caldas	1	1	MSC	31,6	MUY ALTO	511	511	32	MUY ALTO
C.D. Francisco Montes Idrobo	5	1	MSC	28,6	ALTO	155	685	21	ALTO
		2	MSC	28,6	ALTO	155			
		3	MC	14,6	MEDIO	107			
		4	MC	14,6	MEDIO	119			
		5	MC	14,6	MEDIO	149			
C.D. Isaías Gamboa	3	1	MC	7,3	BAJO	186	369	7	BAJO
		2	MC	7,3	BAJO	144			
		3	MC	6,4	BAJO	39			
C.D. José Ramón Bejarano	3	1	MC	12,5	MEDIO	306	918	12	MEDIO
		2	MC	12,5	MEDIO	306			
		3	PC	10,3	MEDIO	306			
C.D. La Anunciación	3	1	MC	15,3	MEDIO	208	542	15	MEDIO
		2	MC	15,3	MEDIO	208			
		3	PC	12,9	MEDIO	126			
C.D. Las Américas	3	1	MC	16,3	MEDIO	244	532	16	MEDIO
		2	PC	16,0	MEDIO	144			
		3	PC	16,0	MEDIO	144			
C.D. República del Brasil	3	1	MC	7,0	BAJO	71	657	15	MEDIO
		2	MC	16,4	MEDIO	345			
		3	MC	16,4	MEDIO	241			
C.D. Santa Elena	2	1	MSC	33,3	MUY ALTO	395	493	30	MUY ALTO
	2	MC	14,2	MEDIO	98				
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	1	1	MSC	26,0	ALTO	556	556	26	ALTO
Esc. Cristina Serrano de Lourido	1	1	MC	29,4	ALTO	712	712	29	ALTO
Esc. General Anzoategui	3	1	PC	31,5	MUY ALTO	587	884	29	ALTO
		2	MSC	26,9	ALTO	258			
		3	MC	11,9	MEDIO	39			
Esc. José María Villegas	3	1	MSC	29,3	ALTO	376	577	23	ALTO
		2	MC	11,0	MEDIO	87			
		3	MC	11,0	MEDIO	114			
Esc. Luis Carlos Peña	1	1	MC	16,2	MEDIO	418	418	16	MEDIO
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	6	1	MC	11,7	MEDIO	14	353	10	MEDIO
		2	MC	11,7	MEDIO	51			
		3	MC	11,7	MEDIO	15			
		4	MC	10,1	MEDIO	75			
		5	MC	11,7	MEDIO	64			
		6	PC	9,0	BAJO	134			
Esc. Mario Lloreda	3	1	MC	17,9	MEDIO	438	561	18	MEDIO
		2	MC	10,2	MEDIO	88			
		3	MSC	40,0	MUY ALTO	35			
Esc. Olga Lucía Lloreda	1	1	MSC	25,6	ALTO	406	406	25,6	ALTO
Esc. República de Francia	5	1	MC	11,8	MEDIO	142	517	11	MEDIO
		2	MC	11,8	MEDIO	93			
		3	MC	9,4	BAJO	70			
		4	MC	9,4	BAJO	70			
		5	MC	11,8	MEDIO	142			
Esc. Rufino José Cuervo	6	1	MSC	27,3	ALTO	287	1148	26	ALTO
		2	MSC	27,3	ALTO	287			
		3	MSC	27,3	ALTO	359			
		4	PC	10,4	MEDIO	72			
		5	MC	10,4	MEDIO	45			
		6	MSC	27,3	ALTO	98			
Esc. San Pedro Codenal	3	1	MC	13,7	MEDIO	104	170	16	MEDIO
		2	MSC	25,5	ALTO	40			
		3	MC	13,7	MEDIO	26			

N.B.: Número de bloques, B.: Bloque, V.V.: Valor de vulnerabilidad, G.V.: Grado de vulnerabilidad.



**Figura 9.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por escuelas y por edificaciones independientes.

### 5.2.2. Resultados de la evaluación simplificada en la población estudiada.

El procedimiento simplificado de evaluación descrito en el Capítulo 4, se aplicó a las escuelas restantes de la población estudiada y posteriormente se aplicó a las escuelas de la muestra específica para hacer la comparación que se había proyectado y plantear una discusión metodológica.

En la Tabla 38 se resume el procedimiento de determinación del grado de vulnerabilidad (GV) en las escuelas restantes de la población estudiada. El significado de las abreviaturas de la tabla se muestra a continuación:

E: Estructura y TE: Tipología estructural.

S: Suelos; PS: Perfil de suelo y FMA: Fallas en la mampostería debidas a asentamientos.

G: Geometría.

AC: Año de construcción.

NP: Número de pisos.

C: Cubierta.



Las abreviaturas C.E., C.S., C.G., C.AC., C.NP., C.C. y C.T., representan las calificaciones de los parámetros estructura, suelos, geometría, año de construcción, número de pisos, cubierta y calificación total, respectivamente.

**Tabla 38.** Grado de vulnerabilidad de las escuelas restantes de la población estudiada.

No.	Nombre del establecimiento	E (50 %)		S (15 %)				G (15 %)		AC (5 %)		NP (5 %)		C (10 %)		CT	G.V.	
		T.E	C.E	PS	CPS	FMA	CF	C.S.	G	C.G.	Año	C.AC	NP	C.NP	C			C.C
1	C.D. Benjamín Herrera	MSC	30,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Irregular	30	1932	30	1	5	T3	30	28,8	MUY ALTO
2	C.D. Bienestar Social	MC	20,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1970	30	1	5	T1	5	17,5	MEDIO
3	C.D. Cacique de Guatavita	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1960	30	1	5	T2	17	23,0	ALTO
4	C.D. Célamo Rueda	MC+MSC	23,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1967	30	1	5	T3	30	21,1	ALTO
5	C.D. Celmira Bueno de Orejuela	PC+MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1962	30	2	17	T2	17	23,6	ALTO
6	C.D. Ciudad Córdoba	MC+PC	10,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1984	17	2	17	T2	17	13,7	MEDIO
7	C.D. Croydon	MC	20,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1967	30	1	5	T1	5	20,8	ALTO
8	C.D. Eduardo Riscos Grueso	MC+MSC+PC	13,3	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1962	30	2	17	T2	17	12,9	BAJO
9	C.D. Estado de Puerto Rico	MC+MSC	28,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1902	30	1	5	T2	17	24,1	ALTO
10	C.D. Evaristo García	MSC+PC	22,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1938	30	1	5	T2	17	21,1	ALTO
11	C.D. Fernando Velasco	MC	5,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1972	30	1	5	T1	5	7,4	BAJO
12	C.D. Gabriel Montaño T.	MC+PC	10,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1972	30	2	17	T1	5	14,5	MEDIO
13	C.D. General Santander	MSC+MC	16,7	S2	7	Si (b)	12	19,0	Intermedia	17	1945	30	1	5	T2	17	17,2	MEDIO
14	C.D. Jhon F. Kennedy	MC+PC	8,3	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1962	30	2	17	T1	5	9,2	BAJO
15	C.D. José María Vivas Balcazar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MUY ALTO
16	C.D. Juan XXIII	MC	20,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1962	30	1	5	T2	17	20,5	ALTO
17	C.D. León XIII	MC	10,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Intermedia	17	1977	30	1	5	T2	17	13,9	MEDIO
18	C.D. Once de Noviembre	MSC	30,0	S3	10	Si (b)	12	22,0	Intermedia	17	1952	30	1	5	T1	5	23,1	ALTO
19	C.D. Panamericana	MC+PC	11,7	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1964	30	1	5	T2	17	14,5	MEDIO
20	C.D. Purificación Trujillo	MC+PC	16,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1970	30	2	17	T2	17	19,1	MEDIO
21	C.D. Rafael Zamorano	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
22	C.D. San Roque	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Intermedia	17	1962	30	2	17	T2	17	25,7	MUY ALTO
23	C.D. Santo Domingo	MSC	30,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1969	30	2	17	T3	30	23,0	ALTO
24	C.D. Simón Bolívar	MSC	30,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Regular	5	1940	30	1	5	T1	5	18,8	MEDIO
25	Esc. Normal Nal Superior de Señoritas de Cali	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30	1937	30	2	17	T2	17	26,9	MUY ALTO
26	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	MC+MSC	24,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	1	5	T2	17	20,3	ALTO
27	Esc. Camilo Torres	MC	15,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	1	5	T2	17	15,8	MEDIO
28	Esc. Ciudad de Cali	MSC+PC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1972	30	2	17	T2	17	21,8	ALTO
29	Esc. Club Noel	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Intermedia	17	1962	30	2	17	T1	5	23,8	ALTO
30	Esc. Esther Zorrilla	MC	10,0	S3	10	No	2,5	12,5	Regular	5	1961	30	1	5	T2	17	11,1	BAJO
31	Esc. Eustaquio Palacios	MSC	30,0	S1	2,5	Si (b)	12	14,5	Intermedia	17	1943	30	2	17	T2	17	23,8	ALTO
32	Esc. Fenalco Asturias	MC	10,0	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1972	30	1	5	T2	17	10,6	BAJO
33	Esc. Francisco de Paula Santander	MC	11,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	1	5	T2	17	13,8	MEDIO
34	Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MC+PC	11,7	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1963	30	2	17	T2	17	15,1	MEDIO
35	Esc. General Carlos Albán	MC	15,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Regular	5	1962	30	1	5	T3	30	17,5	MEDIO
36	Esc. Hernando Caicedo	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1921	30	1	5	T2	17	27,0	MUY ALTO
37	Esc. Honorio Villegas	MSC+MC	21,7	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1962	30	2	17	T2	17	23,4	ALTO
38	Esc. Juan de Ampudia	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Intermedia	17	1962	30	1	5	T2	17	23,0	ALTO
39	Esc. Juan Pablo II Nápoles	MC+PC	13,8	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Regular	5	1975	30	3	30	T2	17	15,7	MEDIO
40	Esc. Juana de Caicedo y Cuero	PC+MSC	23,8	S1	2,5	No	2,5	5,0	Regular	5	1978	30	2	17	T3	30	18,7	MEDIO
41	Esc. La Gran Colombia	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	1	5	T2	17	27,0	MUY ALTO
42	Esc. La Presentación	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1930	30	1	5	T3	30	28,3	MUY ALTO
43	Esc. María Perla	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30	1962	30	1	5	T2	17	26,3	MUY ALTO
44	Esc. Portete de Tarqui	MSC+PC	23,8	S2	7	No	2,5	9,5	Regular	5	1970	30	2	17	T2	17	18,1	MEDIO
45	Esc. Rafael Uribe Uribe	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1962	30	2	17	T1	5	24,5	ALTO
46	Esc. República del Ecuador	MSC	30,0	S2	7	No	2,5	9,5	Irregular	30	1942	30	1	5	T2	17	24,4	ALTO
47	Esc. República del Perú	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1930	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
48	Esc. San Pedro Alejandrino	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1960	30	2	17	T2	17	26,4	MUY ALTO
49	Esc. Sebastián de Belalcázar	MSC	30,0	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30	1968	30	1	5	T1	5	25,8	MUY ALTO
50	Esc. Veinticinco de Julio	MC+MSC	18,3	S2	7	Si (c)	20	27,0	Regular	5	1984	17	1	5	T3	30	18,1	MEDIO

### 5.2.3. Análisis comparativo entre los procedimientos detallado y simplificado.

Para analizar el comportamiento del grado de vulnerabilidad de todas las escuelas de la población estudiada, fue necesario determinar si era posible hacer una integración de los resultados de ambos procedimientos. Al aplicar el procedimiento simplificado basado en la información preliminar a las escuelas de la muestra específica, se compararon los resultados obtenidos con los grados de vulnerabilidad que arrojó la evaluación detallada y se observó el mismo comportamiento, a excepción de tres escuelas en las cuales se registraron diferencias en el grado de vulnerabilidad, resultado de variaciones muy pequeñas en las calificaciones, que alcanzan a ubicar el valor calculado en un intervalo distinto. En la Tabla 39 se muestra el procedimiento de cálculo del grado de vulnerabilidad y la comparación.

**Tabla 39.** Grados de vulnerabilidad de las escuelas de la muestra específica.

No.	Nombre del establecimiento	E (50 %)		S (15 %)				G (15 %)		AC (5 %)		NP (5 %)		C (10 %)		CT	G.V.	Evaluación detallada	
		T.E	C.E	PS	CPS	FMA	CF	C.S.	G	C.G.	Año	C.AC	NP	C.NP	C				C.C
51	C.D. Fernando de Aragón	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30,0	1962	30,0	2	17,0	T2	17,0	26,4	Muy Alto	Muy Alto
52	C.D. Francisco José de Caldas	MSC	30,0	S1	2,5	Si (c)	20	22,5	Irregular	30,0	1960	30,0	2	17,0	T1	5,0	25,7	Muy Alto	Muy Alto
53	C.D. Francisco Montes Idrobo	MC+MSC	21,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1969	30,0	1	5,0	T2	17,0	19,4	Medio	Alto
54	C.D. José Ramón Bejarano	PC+MC	9,0	S3	10	No	2,5	12,5	Interm.	17,0	1985	17,0	2	17,0	T3	30,0	13,6	Medio	Medio
55	C.D. La Anunciación	PC+MC	19,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Interm.	17,0	1982	30,0	2	17,0	T2	17,0	20,6	Alto	Medio
56	C.D. Las Américas	PC+MC	15,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Interm.	17,0	1984	17,0	2	17,0	T3	30,0	19,3	Medio	Medio
57	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	MC+PC	9,5	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1991	17,0	2	17,0	T1	5,0	10,9	Bajo	Bajo
58	C.D. Mario Lloreda	MC+MSC	20,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1960	30,0	1	5,0	T2	17,0	18,9	Medio	Medio
59	C.D. República de Francia	MC	12,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1970	30,0	1	5,0	T2	17,0	14,9	Medio	Medio
60	C.D. República del Brasil	MC+MSC	21,7	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1950	30,0	1	5,0	T3	30,0	19,6	Medio	Medio
61	C.D. Rufino José Cuervo	MSC+MC+P	25,8	S2	7	No	2,5	9,5	Interm.	17,0	1962	30,0	2	17,0	T2	17,0	20,9	Alto	Alto
62	C.D. Santa Elena	MSC+MC	27,5	S2	7	Si (c)	20	27,0	Irregular	30,0	1901	30,0	1	5,0	T2	17,0	25,8	Muy Alto	Muy Alto
63	Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	MSC	30,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Irregular	30,0	1953	30,0	2	17,0	T2	17,0	24,3	Alto	Alto
64	Esc. Cristina Serrano de Lourido	MC	25,0	S3	10	Si (c)	20	30,0	Irregular	30,0	1968	30,0	1	5,0	T2	17,0	25,0	Muy Alto	Alto
65	Esc. General Anzoategui	MSC+MC	23,3	S1	2,5	Si (b)	12	14,5	Irregular	30,0	1953	30,0	2	17,0	T3	30,0	23,7	Alto	Alto
66	Esc. Isaias Gamboa	MC	10,0	S1	2,5	No	2,5	5,0	Interm.	17,0	1987	17,0	1	5,0	T1	5,0	9,9	Bajo	Bajo
67	Esc. José María Villegas	MC+MSC	16,7	S3	10	Si (b)	12	22,0	Irregular	30,0	1965	30,0	1	5,0	T3	30,0	20,9	Alto	Alto
68	Esc. Luis Carlos Peña	MC	10,0	S2	7	No	2,5	9,5	Irregular	30,0	1942	30,0	2	17,0	T2	17,0	15,0	Medio	Medio
69	Esc. Olga Lucía Lloreda	MSC	30,0	S2	7	Si (b)	12	19,0	Interm.	17,0	1960	30,0	1	5,0	T2	17,0	23,9	Alto	Alto
70	Esc. San Pedro Codenal	MSC+MC	16,7	S3	10	Si (b)	12	22,0	Interm.	17,0	1972	30,0	2	17,0	T2	17,0	18,2	Medio	Medio

Debido a que la selección de las escuelas de la muestra específica logró una buena representatividad en las escuelas de toda la población estudiada, fue posible identificar para cada establecimiento, una escuela de la muestra específica que



presenta características muy similares, con la excepción de algunas de las escuelas que la Secretaría de Educación Municipal reportó en mayor riesgo. De esta manera, al comparar los grados de vulnerabilidad de la población estudiada con los de las escuelas que las representan en la muestra específica, también se encontraron resultados bastante similares. Dicha comparación se muestra en la Tabla 40.

**Tabla 40.** Comparación entre grados de vulnerabilidad de la muestra específica y las demás escuelas de la población estudiada.

No.	Nombre del establecimiento	G.V.	Establecimiento correspondiente de la muestra específica.	G.V.
1	C.D. Benjamín Herrera	MUY ALTO	C.D. Francisco José de Caldas	MUY ALTO
2	Esc. Hernando Caicedo	MUY ALTO		
3	C.D. Bienestar Social	MEDIO	C.D. República de Francia	MEDIO
4	C.D. Juan XXIII	ALTO		
5	C.D. León XIII	MEDIO		
6	Esc. Camilo Torres	MEDIO		
7	Esc. Francisco de Paula Santander	MEDIO		
8	Esc. General Carlos Albán	MEDIO	Esc. Cristina Serrano de Lourido	ALTO
9	C.D. Cacique de Guatavita	ALTO		
10	C.D. Celmo Rueda	ALTO	C.D. Mario Lloreda	MEDIO
11	C.D. Croydon	ALTO		
12	C.D. Ciudad Córdoba	MEDIO	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	BAJO
13	C.D. Jhon F. Kennedy	BAJO		
14	C.D. Eduardo Riascos Grueso	BAJO	Esc. San Pedro Codenaí	MEDIO
15	C.D. Purificación Trujillo	MEDIO		
16	C.D. Estado de Puerto Rico	ALTO	C.D. Francisco Montes Idrobo	ALTO
17	C.D. Evaristo García	ALTO		
18	C.D. General Santander	MEDIO		
19	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	ALTO		
20	C.D. Fernando Velasco	BAJO	Esc. Isaias Gamboa	BAJO
21	Esc. Esther Zorrilla	BAJO		
22	Esc. Fenaico Asturias	BAJO	C.D. Las Américas	MEDIO
23	C.D. Gabriel Montaña T.	MEDIO		
24	C.D. Once de Noviembre	ALTO		
25	C.D. San Roque	MUY ALTO		
26	C.D. Santo Domingo	ALTO		
27	C.D. Simón Bolívar	MEDIO		
28	Esc. La Presentación	MUY ALTO		
29	Esc. María Perla	MUY ALTO		
30	Esc. Rafael Uribe Uribe	ALTO		
31	Esc. República del Ecuador	ALTO		
32	Esc. República del Perú	MUY ALTO		
33	Esc. Sebastián de Belalcázar	MUY ALTO		
34	Esc. La Gran Colombia	MUY ALTO		
35	C.D. Panamericana	MEDIO	C.D. José Ramón Bejarano	MEDIO
36	Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MEDIO		
37	Esc. Juan Pablo II Nápoles	MEDIO		
38	Esc. Normal Nat. Superior de Señoritas de Cali	MUY ALTO	C.D. Fernando de Aragón	MUY ALTO
39	Esc. Honorio Villegas	ALTO		
40	Esc. San Pedro Alejandrino	MUY ALTO		
41	C.D. José María Vivas Balcazar	MUY ALTO	C.D. Rufino José Cuervo	ALTO
42	Esc. Ciudad de Cali	ALTO		
43	Esc. Club Noel	ALTO		
44	Esc. Juana de Caicedo y Cuero	MEDIO		
45	Esc. Portete de Tarqui	MEDIO		
46	C.D. Celmira Bueno de Orajuela	ALTO		
47	C.D. Rafael Zamorano	MUY ALTO		
48	Esc. Eustaquio Palacios	ALTO		
49	Esc. Juan de Ampudia	ALTO		
50	Esc. Veinticinco de Julio	MEDIO		



La coincidencia de los resultados obtenidos con ambos procedimientos ayuda a demostrar que en la aplicación de los métodos cualitativos no se justifica un desarrollo detallado de los parámetros de evaluación, en estimaciones del grado de vulnerabilidad de un número considerable de establecimientos educativos, sobre la premisa de los porcentajes de incidencia asignados a los parámetros de evaluación que se sustentaron en el Capítulo 4, de acuerdo con las recomendaciones de ingenieras e ingenieros de Cali y las características particulares de las edificaciones escolares evaluadas.

#### **5.2.4. Análisis del procedimiento simplificado con respecto a los daños observados en edificaciones escolares de la región.**

Con el objetivo de recoger elementos que permitan dar mayor fundamento a los porcentajes de incidencia definidos en el procedimiento de evaluación simplificado y, posteriormente, hacer recomendaciones que lleven a la optimización de este procedimiento, se considera necesario hacer un análisis de los daños por sismo presentados en un número considerable de edificaciones escolares, para obtener una estadística de la cual se puedan deducir unos porcentajes de incidencia, más adecuados para la evaluación de la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones en la ciudad de Cali. Sin embargo, como hasta el momento no ha sido posible recopilar información suficiente y en la ciudad de Cali no han ocurrido sismos fuertes, se procedió a identificar los aspectos que han influido en el comportamiento de algunas edificaciones escolares, a partir de los daños por sismo, registrados en evaluaciones postsismo, a las cuales se tuvo acceso después del desarrollo y aplicación de los procedimientos de evaluación. Las evaluaciones recopiladas se desarrollaron en establecimientos educativos, después de los eventos sísmicos de Pereira en 1995 y el Eje Cafetero en 1999 y, en algunas edificaciones escolares de Cali, después del sismo del Atrato Medio (1992).

La información con que se cuenta, sobre daños observados en edificaciones escolares de Cali, procede de un informe de visitas técnicas (Municipio de Cali, 1992) realizadas después del sismo del Atrato Medio en 1992, con el objetivo de describir las fallas encontradas en cinco edificaciones y dar las recomendaciones para la rehabilitación de los elementos afectados en cada caso. También se cuenta con información sobre daños registrados, después del sismo de Pereira en 1995, en dos edificaciones escolares de los municipios Tuluá y La Unión y en 21 escuelas de los municipios Caicedonia, Alcalá y Sevilla después del sismo del Eje Cafetero en 1999. Esta información fue obtenida del catálogo macrosísmico del norte del Valle (Fondo de Solidaridad del Valle, 2001) y de las encuestas realizadas por una Comisión científica de evaluación posterremoto de la Universidad del Valle (1999).

La información del catálogo macrosísmico (Fondo de Solidaridad del Valle, 2001) no es muy detallada, pues está conformada por reportes de edificaciones averiadas y solo en algunos casos indica en qué elementos se concentraron los daños. Dichos reportes revelan que con el sismo de Pereira (1995), en Tuluá se desplomaron las paredes de un colegio y en La Unión una escuela quedó totalmente destruida. Además, se registró que después del sismo del Eje Cafetero (1999), en el municipio de Alcalá, una escuela presentó averías en la estructura, en otra se desplomó el techo y un centro educativo quedó destruido y en Sevilla, 14 centros educativos quedaron averiados, especialmente en los techos. Por otro lado, las encuestas posterremoto (Universidad del Valle, 1999) registraron que en tres escuelas de Caicedonia, construidas en 1952, 1958 y 1980, después del sismo del Eje Cafetero (1999), los daños se concentraron en los muros y, en menor medida, en las cubiertas y los pisos.

Adicionalmente, las siguientes fotografías (cortesía OSSO) de establecimientos educativos del Quindío muestran los efectos devastadores del sismo del Eje Cafetero en este tipo de edificaciones, concentrando los daños en la estructura (muros sin confinar) y las cubiertas. También se observan tipologías estructurales

y constructivas muy similares a las escuelas de la ciudad de Cali, con ausencia de confinamiento y luces y aberturas muy grandes, que les restan rigidez y capacidad resistente a esfuerzos cortantes.



(a)



(b)



(b)



(d)



(e)



(f)

Fuente: OSSO

**Figura 10.** Fotos de escuelas del Quindío afectadas por el sismo del 25 de Enero de 1999 en el Eje Cafetero. (a) y (b) Centro docente Guayaquil, (c) Colegio de Arabia, (d) Escuela nueva El Oralito, (e) Escuela Nueva Quebrada negra y (f) Centro docente La Soledad.



Finalmente, según el informe de visitas técnicas (Municipio de Cali, 1992), en los cinco establecimientos educativos revisados después del sismo del Atrato Medio (1992), el 85 % de los daños observados existían antes del sismo y solo el 15 % de estos habían aparecido después de dicho movimiento sísmico, lo cual evidencia la incidencia de los suelos, los problemas constructivos y el deterioro excesivo, en el estado de este tipo de edificaciones. Los daños registrados se concentraron en elementos estructurales como muros, columnas, losas y vigas y en elementos no estructurales como culatas y cielorasos. Las causas asociadas a estos daños son los asentamientos del terreno, la presencia de grandes luces entre apoyos de elementos sometidos a flexión y la falta de amarre de elementos no estructurales.

De la información reseñada anteriormente se puede concluir que los aspectos más influyentes en el comportamiento de las edificaciones se pueden asociar a problemas estructurales, de la cubierta, los suelos y los elementos no estructurales; igualmente, las edades de las edificaciones sugieren que no existían normas sismo resistentes vigentes en el momento de su construcción, lo cual es evidente por las tipologías estructurales y constructivas que presentan.

La identificación de estos aspectos hace posible, por un lado, reconocer que se hizo una buena selección y priorización de los parámetros de evaluación y por otro, permite ampliar la sustentación de los porcentajes de incidencia asignados a los parámetros de evaluación, planteados en los procedimientos desarrollados en este estudio y en particular, en el procedimiento simplificado, donde se consideran como parámetros más influyentes en la vulnerabilidad sísmica de la edificación, la estructura, los suelos, la cubierta y el año de construcción, entre otros, con una incidencia del 80 % en el grado de vulnerabilidad calculado. También permite observar que la propuesta metodológica simplificada de este estudio debe ser mejorada, para su posterior aplicación, en relación con aspectos como la estructura de la cubierta y los elementos no estructurales.

#### **5.2.5. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia del procedimiento simplificado.**

El análisis de los parámetros ha permitido identificar que la correlación entre ellos, conlleva a que ningún aspecto deba ser evaluado independientemente, y que la situación general observada condicionará el grado de vulnerabilidad estimado. Además, la correlación de los parámetros de evaluación ocasiona que las calificaciones asignadas tengan una relativa similitud. Para darle mayor claridad a esta situación se vio la necesidad de hacer un análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia, para conocer la tendencia de los resultados en relación con su correspondencia con la realidad observada, para diferentes hipótesis de porcentajes de incidencia, variando los que corresponden a los cuatro parámetros que recibieron, desde un principio, la mayor incidencia en el grado de vulnerabilidad, es decir, la estructura, los suelos, la geometría y la cubierta.

Para las primeras cuatro hipótesis de porcentajes de incidencia, se obtuvo que la variación de los resultados no era muy significativa y que cuando se registraron cambios en el grado de vulnerabilidad, se debía a que las calificaciones se encontraban cerca de los límites superior o inferior de un intervalo determinado y cualquier variación pequeña de las calificaciones podía ocasionar el cambio de intervalo. En la última hipótesis que se manejó, se emplearon porcentajes aparentemente absurdos para la estructura y los suelos. El resultado es que se producen variaciones, solo en aquellas escuelas que tienen diferencias considerables en sus calificaciones, es decir, que cuando las calificaciones de los parámetros son similares, el resultado siempre será el mismo, sin importar los porcentajes asignados. En la Tabla 41 se puede observar el cuadro comparativo de los resultados del análisis de sensibilidad, con los porcentajes de incidencia que equivalen al 90 % del grado de vulnerabilidad, repartido entre la estructura, los suelos, la geometría y la cubierta. Los otros dos aspectos conservan los porcentajes asignados inicialmente, de 5 % cada uno.



Tabla 41. Análisis de sensibilidad de los porcentajes de incidencia.

Nombre del establecimiento	Hipótesis 1		Hipótesis 2		Hipótesis 3		Hipótesis 4		Hipótesis 5	
	E = 50 % S = 15 % G = 15 % C = 10 %	Calific.	E = 35 % S = 15 % G = 20 % C = 20 %	Calific.	E = 40 % S = 20 % G = 15 % C = 15 %	Calific.	E = 25 % S = 25 % G = 20 % C = 20 %	Calific.	E = 10 % S = 10 % G = 35 % C = 35 %	Calific.
C.D. Benjamín Herrera	MUY ALTO	32,2	ALTO	29,5	MUY ALTO	31,0	ALTO	29,1	ALTO	25,5
C.D. Bienestar Social	MEDIO	16,7	MEDIO	13,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,5	BAJO	8,4
C.D. Cacique de Guatavita	ALTO	24,7	ALTO	22,0	ALTO	24,0	ALTO	22,6	MEDIO	17,5
C.D. Célmo Rueda	ALTO	20,7	MEDIO	19,0	ALTO	20,8	MEDIO	19,8	MEDIO	15,3
C.D. Celmira Bueno de Orejuela	ALTO	23,2	ALTO	21,0	ALTO	22,9	ALTO	22,0	MEDIO	18,0
C.D. Ciudad Córdoba	MEDIO	10,9	MEDIO	10,9	MEDIO	12,5	MEDIO	13,9	MEDIO	10,1
C.D. Croydon	MEDIO	19,9	MEDIO	18,2	MEDIO	19,6	MEDIO	19,5	MEDIO	16,5
C.D. Eduardo Riascos Grueso	MEDIO	10,2	BAJO	9,2	BAJO	9,6	BAJO	8,5	BAJO	8,8
C.D. Estado de Puerto Rico	ALTO	23,3	ALTO	20,8	ALTO	22,6	ALTO	21,3	MEDIO	17,0
C.D. Evaristo García	ALTO	22,8	ALTO	20,5	ALTO	22,2	ALTO	21,1	MEDIO	16,9
C.D. Fernando Velasco	BAJO	2,6	BAJO	2,7	BAJO	3,1	BAJO	3,6	BAJO	3,7
C.D. Gabriel Montaña T	MEDIO	12,1	MEDIO	12,0	MEDIO	13,2	MEDIO	14,6	MEDIO	12,6
C.D. General Santander	MEDIO	17,2	MEDIO	15,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,8	MEDIO	14,8
C.D. Jhon F. Kennedy	BAJO	5,9	BAJO	5,1	BAJO	5,6	BAJO	5,0	BAJO	4,9
C.D. José María Vivas Balcazar	MUY ALTO	-	MUY ALTO	-	MUY ALTO	-	MUY ALTO	-	MUY ALTO	-
C.D. Juan XXIII	MEDIO	19,7	MEDIO	18,5	ALTO	20,0	ALTO	20,1	MEDIO	16,5
C.D. León XIII	MEDIO	12,2	MEDIO	12,4	MEDIO	12,6	MEDIO	13,3	MEDIO	13,8
C.D. Once de Noviembre	ALTO	26,6	ALTO	21,4	ALTO	23,7	MEDIO	19,5	MEDIO	13,8
C.D. Panamericana	MEDIO	12,6	MEDIO	12,2	MEDIO	13,9	MEDIO	14,8	MEDIO	10,6
C.D. Purificación Trujillo	ALTO	20,2	MEDIO	18,9	ALTO	20,5	ALTO	20,5	MEDIO	17,4
C.D. Rafael Zamorano	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
C.D. San Roque	ALTO	29,7	ALTO	25,5	ALTO	27,9	ALTO	24,8	MEDIO	19,1
C.D. Santo Domingo	ALTO	24,9	ALTO	21,0	ALTO	22,4	MEDIO	17,9	MEDIO	15,2
C.D. Simón Bolívar	ALTO	21,3	MEDIO	15,5	MEDIO	17,4	MEDIO	11,5	BAJO	6,8
Esc Normal Nal Superior de Señoritas	MUY ALTO	30,3	ALTO	26,6	ALTO	28,2	ALTO	25,3	ALTO	22,0
Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	ALTO	21,2	MEDIO	18,0	ALTO	20,5	MEDIO	18,5	MEDIO	12,1
Esc. Camilo Torres	MEDIO	14,7	MEDIO	13,5	MEDIO	15,3	MEDIO	15,3	MEDIO	10,8
Esc. Ciudad de Cali	ALTO	24,1	ALTO	20,3	ALTO	23,2	ALTO	20,7	MEDIO	13,7
Esc. Club Noel	ALTO	27,9	ALTO	22,8	ALTO	25,3	ALTO	21,5	MEDIO	15,3
Esc. Esther Zorrilla	BAJO	8,5	BAJO	8,0	BAJO	8,4	BAJO	7,9	BAJO	7,8
Esc. Eustaquio Palacios	ALTO	26,7	ALTO	22,5	ALTO	23,9	MEDIO	19,8	MEDIO	17,1
Esc. Fenalco Asturias	BAJO	8,1	BAJO	7,6	BAJO	7,8	BAJO	7,2	BAJO	7,5
Esc. Francisco de Paula Santander	MEDIO	11,2	MEDIO	11,0	MEDIO	12,5	MEDIO	13,5	MEDIO	10,1
Esc. Fray José Ignacio Ortiz	MEDIO	13,1	MEDIO	12,6	MEDIO	14,4	MEDIO	15,2	MEDIO	11,5
Esc. General Carlos Albán	MEDIO	16,1	MEDIO	15,9	MEDIO	17,4	MEDIO	18,0	MEDIO	14,6
Esc. Hernando Caicedo	MUY ALTO	30,8	ALTO	27,0	ALTO	28,9	ALTO	26,3	ALTO	21,7
Esc. Honorio Villegas	ALTO	24,5	ALTO	22,8	ALTO	24,0	ALTO	23,4	ALTO	21,2
Esc. Juan de Ampudia	ALTO	24,7	ALTO	22,0	ALTO	24,0	ALTO	22,6	MEDIO	17,5
Esc. Juan Pablo II Napoles	MEDIO	13,5	MEDIO	12,6	MEDIO	14,1	MEDIO	14,1	MEDIO	11,8
Esc. Juana de Caicedo y Cuero	MEDIO	18,7	MEDIO	16,2	MEDIO	16,7	MEDIO	13,2	MEDIO	13,4
Esc. La Gran Colombia	MUY ALTO	30,8	ALTO	27,0	ALTO	28,9	ALTO	26,3	ALTO	21,7
Esc. La Presentación	MUY ALTO	31,8	ALTO	29,0	MUY ALTO	30,4	ALTO	28,3	ALTO	25,2
Esc. María Perlaza	ALTO	29,9	ALTO	26,1	ALTO	27,7	ALTO	24,8	ALTO	21,1
Esc. Portete de Tarqui	MEDIO	18,5	MEDIO	15,1	MEDIO	16,3	MEDIO	12,6	MEDIO	10,4
Esc. Rafael Uribe Uribe	ALTO	28,8	ALTO	23,7	ALTO	26,5	ALTO	23,0	MEDIO	15,9
Esc. República del Ecuador	ALTO	26,7	ALTO	22,9	ALTO	23,4	MEDIO	19,5	MEDIO	18,9
Esc. República del Perú	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
Esc. San Pedro Alejandrino	ALTO	28,7	ALTO	25,7	ALTO	27,4	ALTO	25,5	ALTO	22,1
Esc. Sebastián de Belalcázar	ALTO	29,9	ALTO	25,2	ALTO	27,6	ALTO	24,5	MEDIO	18,5
Esc. Veinticinco de Julio	MEDIO	17,7	MEDIO	16,7	MEDIO	18,3	MEDIO	18,0	MEDIO	13,8
C.D. Fernando de Aragón	ALTO	28,7	ALTO	25,7	ALTO	27,4	ALTO	25,5	ALTO	22,1
C.D. Francisco José de Caldas	ALTO	29,4	ALTO	24,8	ALTO	26,8	ALTO	23,5	MEDIO	18,8
C.D. Francisco Montes Idrobo	ALTO	20,2	MEDIO	18,0	MEDIO	19,0	MEDIO	17,3	MEDIO	15,4
C.D. José Ramón Bejarano	MEDIO	11,5	MEDIO	12,8	MEDIO	12,0	MEDIO	12,7	MEDIO	16,1
C.D. La Anunciación	ALTO	21,8	ALTO	20,1	ALTO	21,8	ALTO	21,3	MEDIO	17,7
C.D. Las Américas	MEDIO	19,4	MEDIO	19,5	ALTO	20,5	ALTO	21,4	MEDIO	19,6
C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	BAJO	9,2	BAJO	8,6	BAJO	8,5	BAJO	8,1	BAJO	9,2
C.D. Mario Lloreda	MEDIO	18,8	MEDIO	17,1	MEDIO	17,9	MEDIO	16,6	MEDIO	15,1
C.D. República de Francia	MEDIO	13,2	MEDIO	13,1	MEDIO	13,4	MEDIO	13,8	MEDIO	14,0
C.D. República del Brasil	MEDIO	19,5	MEDIO	18,2	MEDIO	18,1	MEDIO	16,1	MEDIO	17,6
C.D. Rulino José Cuervo	ALTO	22,3	MEDIO	19,0	MEDIO	19,7	MEDIO	16,3	MEDIO	15,7
C.D. Santa Elena	ALTO	28,3	ALTO	25,3	ALTO	26,9	ALTO	25,1	ALTO	21,2
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	ALTO	26,3	ALTO	22,5	ALTO	22,8	MEDIO	18,5	MEDIO	19,3
Esc. Cristina Serrano de Lourido	ALTO	26,2	ALTO	24,0	ALTO	25,5	ALTO	24,6	ALTO	21,0
Esc. General Anzoátegui	ALTO	22,3	MEDIO	19,2	ALTO	20,0	MEDIO	17,5	MEDIO	16,4
Esc. Isaias Gamboa	BAJO	7,9	BAJO	7,3	BAJO	7,0	BAJO	6,3	BAJO	7,7
Esc. José María Villegas	ALTO	20,0	ALTO	20,2	ALTO	20,0	ALTO	20,3	ALTO	22,0
Esc. Luis Carlos Peña	MEDIO	12,1	MEDIO	12,9	MEDIO	11,9	MEDIO	12,4	MEDIO	16,8
Esc. Olga Lucía Lloreda	ALTO	27,2	ALTO	22,9	ALTO	24,6	ALTO	20,8	MEDIO	16,8
Esc. San Pedro Codenal	MEDIO	17,9	MEDIO	16,7	MEDIO	17,5	MEDIO	16,8	MEDIO	15,9



### 5.2.6. Propuesta de mejoramiento del procedimiento simplificado.

El procedimiento simplificado aplicado en la evaluación de la población estudiada se limitó a la inspección de los parámetros mencionados en el Capítulo 4 debido a que se carece de información adicional a la recopilada en las visitas preliminares, sin embargo, para la posterior aplicación de este procedimiento a otros establecimientos educativos, se considera necesario incluir en la evaluación algunos aspectos complementarios de fácil observación, como los problemas de colindancia que pueden generar golpeteo ante la ocurrencia de un sismo y la seguridad como un indicador de la capacidad de la comunidad escolar en prevención y atención de desastres, que se identificó como una condición crítica que incrementa la vulnerabilidad de estos establecimientos.

La propuesta de mejoramiento se condensó en un formulario de evaluación, mostrado en la Figura 11, donde se contempla la posibilidad de aplicar la encuesta a varias edificaciones de una escuela y estimar el grado de vulnerabilidad total del establecimiento escolar promediando los resultados obtenidos en cada edificación o ponderándolos por área de cada edificación con respecto al área total construida de la escuela.

De cada escuela, pueden inspeccionarse todas las edificaciones, pero para efectos de hacer más ágil la evaluación se considera suficiente evaluar las edificaciones más representativas de la escuela, elegidas con respecto a las tipologías estructurales o el estado de deterioro; por ejemplo, se puede escoger una edificación por tipología estructural presente en la escuela y si se repiten las tipologías, seleccionar la mejor y la peor edificación. En el caso en que se presenten edificaciones con tipología estructural pórtico en concreto, es recomendable que se evalúen teniendo en cuenta las condiciones en las que se encuentran con respecto a las demás edificaciones, para evitar una tendencia errónea en la vulnerabilidad de la escuela.

FORMULARIO DE EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE ESCUELAS.										
Escuela:			Dirección:			Teléfono:		No. estudiantes:		
En la parte A del formulario se presentan los parámetros de evaluación, las opciones de respuesta y las calificaciones correspondientes. En la tabla de la parte B se deben registrar los resultados que se obtengan al evaluar cada parámetro en cada edificación, para estimar el grado de vulnerabilidad total de la escuela.										
A. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.	I. ESTRUCTURA. El total de estructura es P1 + P2.					III. CUBIERTA. El total de cubierta es P1 + P2.				
	P1. Muros sin confinar. Puntajes (30,0)					P1. Material de la teja: Puntajes				
	P1. Muros confinados.					a. Asbesto cemento (5,0)				
	a. Daños en la mampostería (20,0)					b. Barro (10,0)				
	b. Columna corta					c. Sistema residencial (15,0)				
	c. Ausencia de juntas.					P2. Separación entre apoyos de la cubierta:				
	d. Todas las anteriores (25,0)					a. < altura del entrepiso (5,0)				
	e. Solo b y c (10,0)					b. > altura del entrepiso (15,0)				
	f. Ninguna de las anteriores (5,0)					IV. AÑO DE CONSTRUCCIÓN. Puntajes				
	P1. Pórtico en concreto.					a. < 1984 (5,0)				
	a. Columna corta (25,0)					b. 1984 - 1997 (17,0)				
	b. Daños en la mampostería (10,0)					c. > 1997 (30,0)				
	c. Ausencia de juntas (7,0)					V. NÚMERO DE PISOS. Puntajes				
	d. Ninguna de las anteriores (5,0)					a. Uno (5,0)				
P2. Golpeteo.					b. Dos (17,0)					
Problemas de colindancia:					c. Tres (30,0)					
a. No (5,0)					VI. GEOMETRÍA. Puntajes					
b. Si (20,0)					a. Regular: no presenta irregularidad en planta ni altura (5,0)					
Si hay problemas de colindancia, coinciden niveles:					b. Intermedia: regular en planta pero presenta grandes aberturas (17,0)					
a. Si (0,0)					c. Irregular: presenta irregularidad en planta y altura (30,0)					
b. No (10,0)					VII. SEGURIDAD. Puntajes					
II. SUELOS. El total de suelos es P1 + P2					a. Elementos estructurales mal amarrados (15,0)					
P1. Posible perfil de suelo. Puntajes					b. Ausencia de plan de prevención y simulacros de evacuación (15,0)					
a. S1 (2,5)										
b. S2 (7,0)										
c. S3 (10,0)										
P2. Problemas relacionados con los suelos.										
a. No se evidencian fallas en la mampostería ni asentamientos (2,5)										
b. Se observan asentamientos pero no fallas en la mampostería, asociadas a asentamientos (12,0)										
c. Se observan fallas en los muros asociadas al comportamiento del terreno (20,0)										
B. RESULTADOS.	Edificación	I	II	III	IV	V	VI	VII	Subtotales (*)	
		45%	15%	10%	5%	5%	15%	5%	Calificación	Grado
	1									
	2									
	3									
	4									
	5									
	6									
	7									
	(*) Clasificación de los grados de vulnerabilidad:						GRADO DE VULNERABILIDAD TOTAL DE LA ESCUELA.		Promedio de calificaciones.	
Calificación	[5,13)	[13,20)	[20,25)	[25,30]						
Grado de vulnerabilidad	Bajo	Media	Alto	Muy alto						

Figura 11. Formulario mejorado de evaluación simplificada.

En la Figura 11 se muestra la alternativa para estimar el grado de vulnerabilidad total de la escuela promediando los resultados obtenidos en las edificaciones y en la Figura 12, haciendo un ponderado por área de cada edificación con respecto al área total construida de la escuela.

Edificación	I	II	III	IV	V	VI	VII	Subtotales (*)		A <sub>planta</sub> (m <sup>2</sup> )
	45%	15%	15%	10%	5%	5%	5%	Calific.	Grado	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
(*) Clasificación de los grados de vulnerabilidad:						Resultados para toda la escuela.	Área total en planta			
Calificación	[5,13)	[13,20)	[20,25)	[25,30]			Calificación total			
Grado de vulnerabilidad	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	<b>GRADO DE VULNERABILIDAD</b>					

Figura 12. Propuesta alternativa para la estimación del grado de vulnerabilidad total.



### 5.3. ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD EN LA POBLACIÓN ESTUDIADA.

#### 5.3.1. Vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada.

Los resultados que arrojó la evaluación de la población estudiada revelan que el 10 % de las escuelas evaluadas tienen un grado de vulnerabilidad bajo, el 34 % medio, el 33 % alto y el 23 % muy alto. En las Figuras 13 y 14 se observan las distribuciones espacial y porcentual de los grados de vulnerabilidad de las escuelas de la población estudiada.

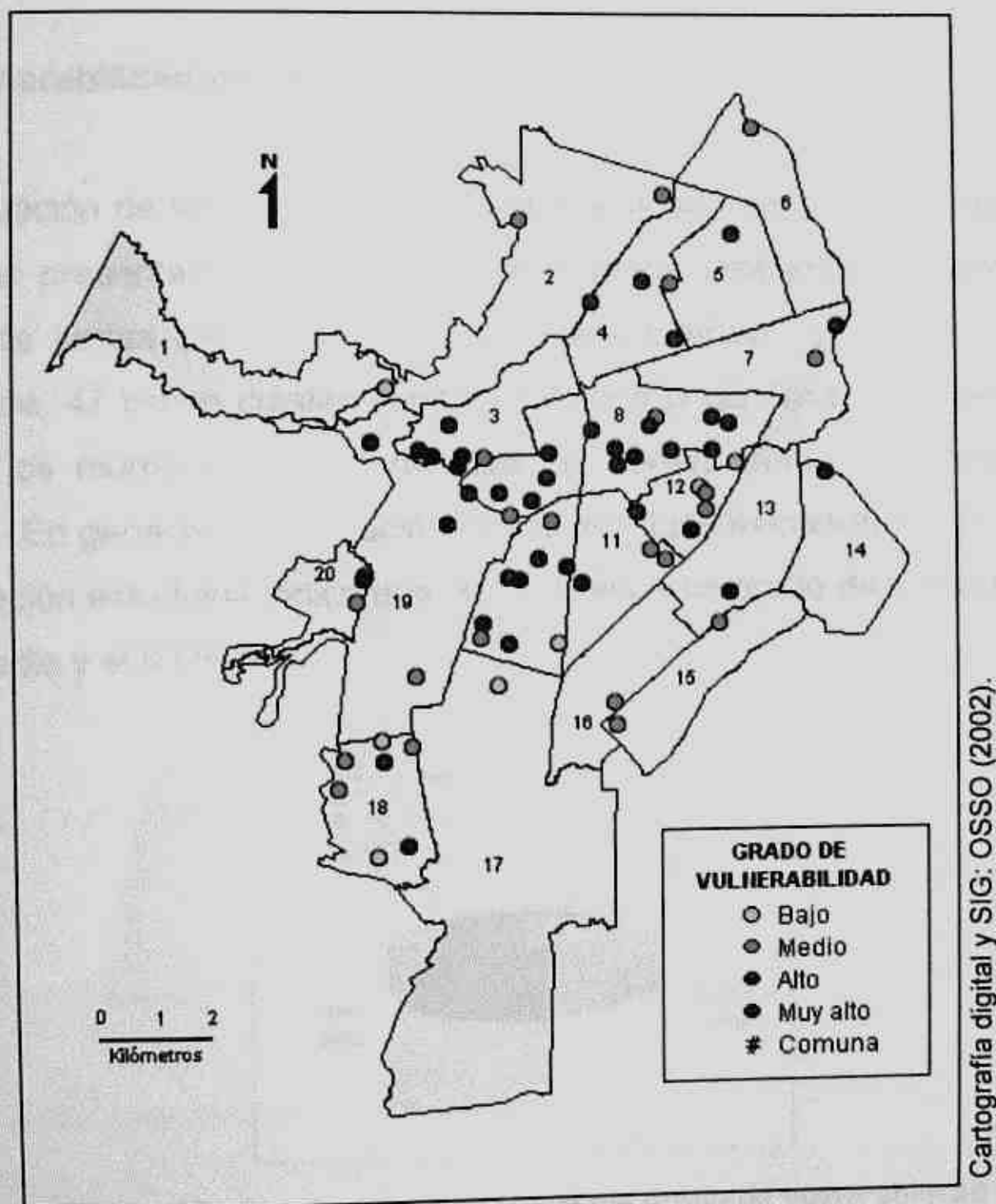
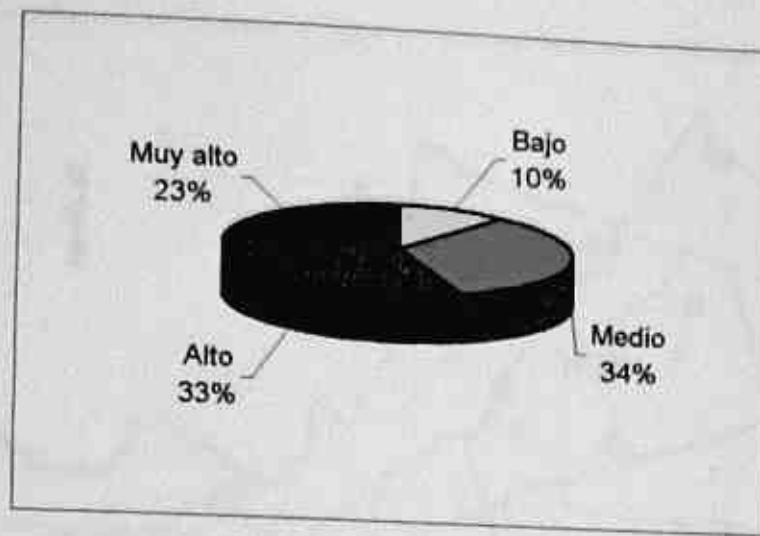


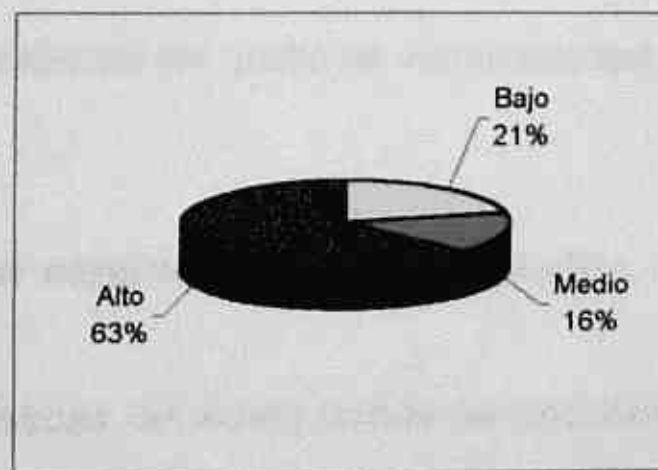
Figura 13. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.



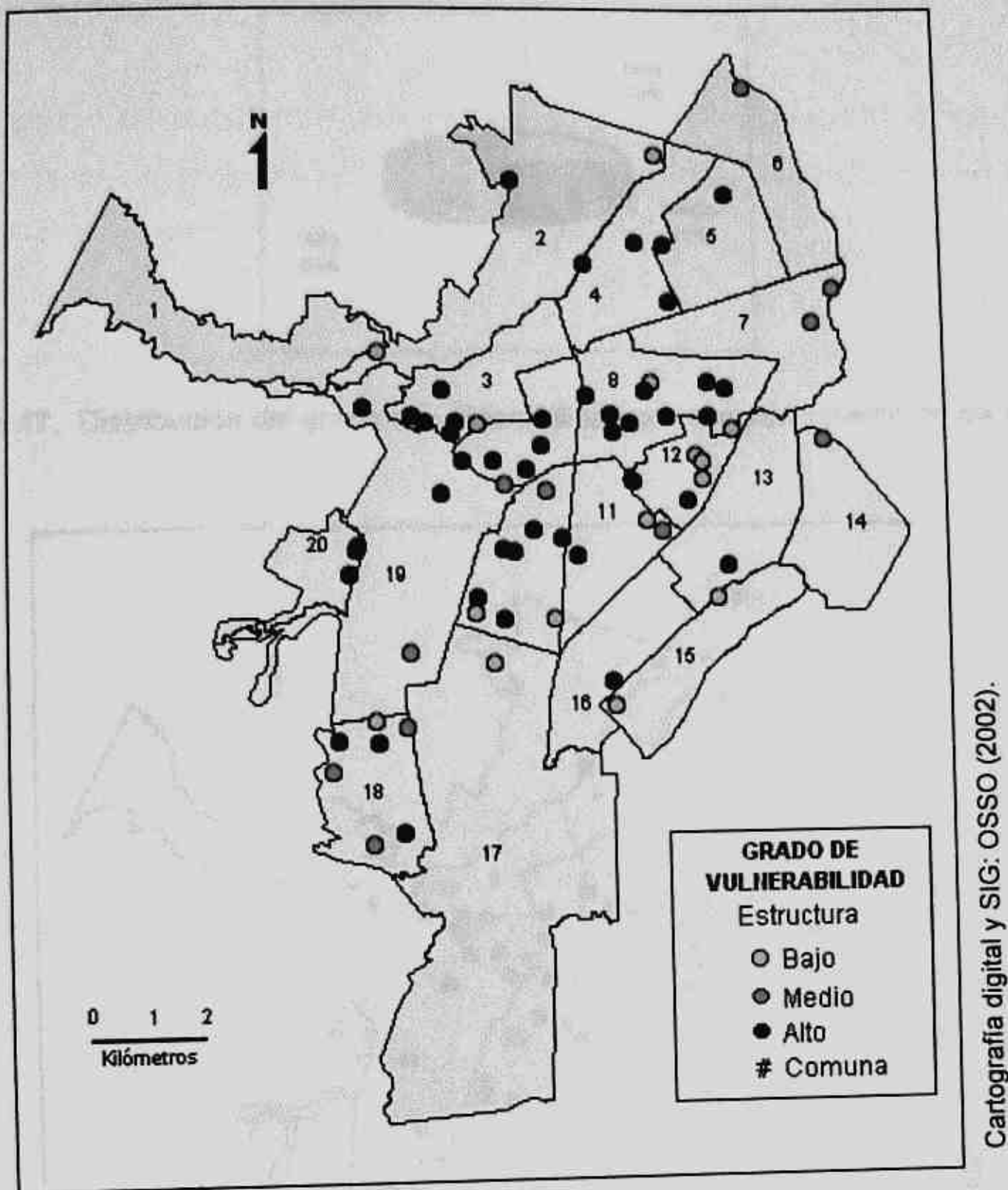
**Figura 14.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad en la población estudiada.

### 5.3.2. Vulnerabilidad por aspectos estructurales.

En la evaluación de las edificaciones de mampostería confinada se determinó que 20 de ellas presentan daños en la mampostería, problemas de columna corta, ausencia de juntas de construcción y culatas sueltas; 35 tienen daños en la mampostería, 47 tienen culatas sueltas, columna corta, falta de juntas y no tienen daños en los muros y solo 12 de ellas no tienen problemas aparentes en su estructura. En general, la evaluación de los aspectos estructurales en las escuelas de la población estudiada indica que, el 21 % tiene un grado de vulnerabilidad bajo, el 16 % medio y el 63 % alto.



**Figura 15.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

Figura 16. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos estructurales.

### 5.3.3. Vulnerabilidad por características de los suelos.

En cuanto a las características del suelo donde se encuentran ubicadas las escuelas, se encontró que en el 24 % de las escuelas de la población estudiada el grado de vulnerabilidad es bajo, en el 11 % es medio y en el 65 % es alto.



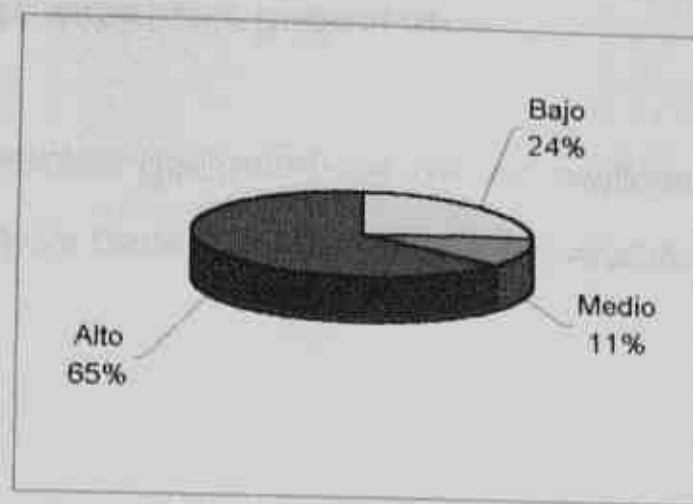
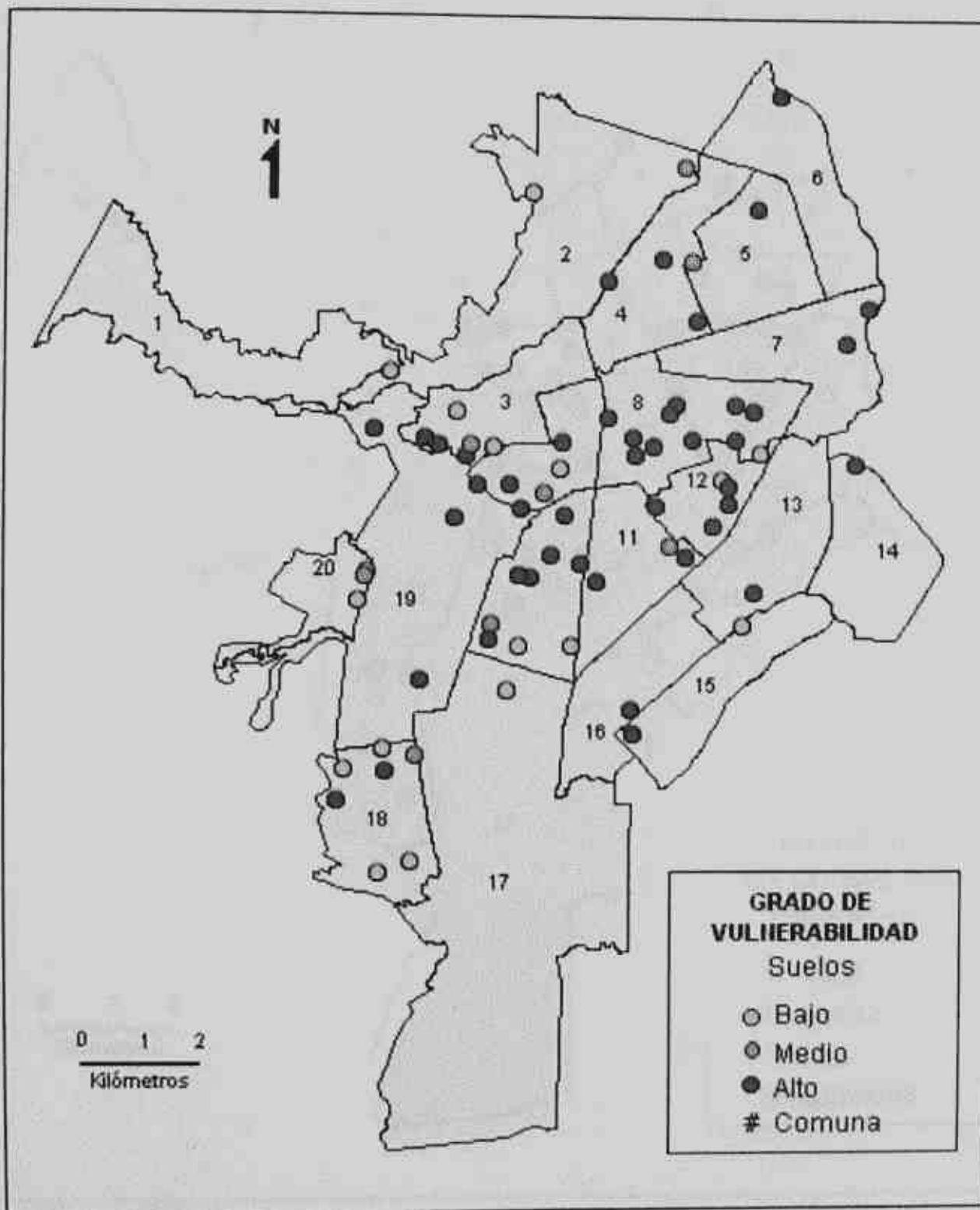


Figura 17. Distribución del grado de vulnerabilidad por comportamiento de los suelos.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

Figura 18. Distribución espacial de la vulnerabilidad por comportamiento de los suelos.

#### 5.3.4. Vulnerabilidad por aspectos geométricos.

La evaluación de los aspectos geométricos de las edificaciones escolares, muestra que el 30 % de las escuelas tiene un grado de vulnerabilidad bajo, el 40 % medio y el 30 % alto.

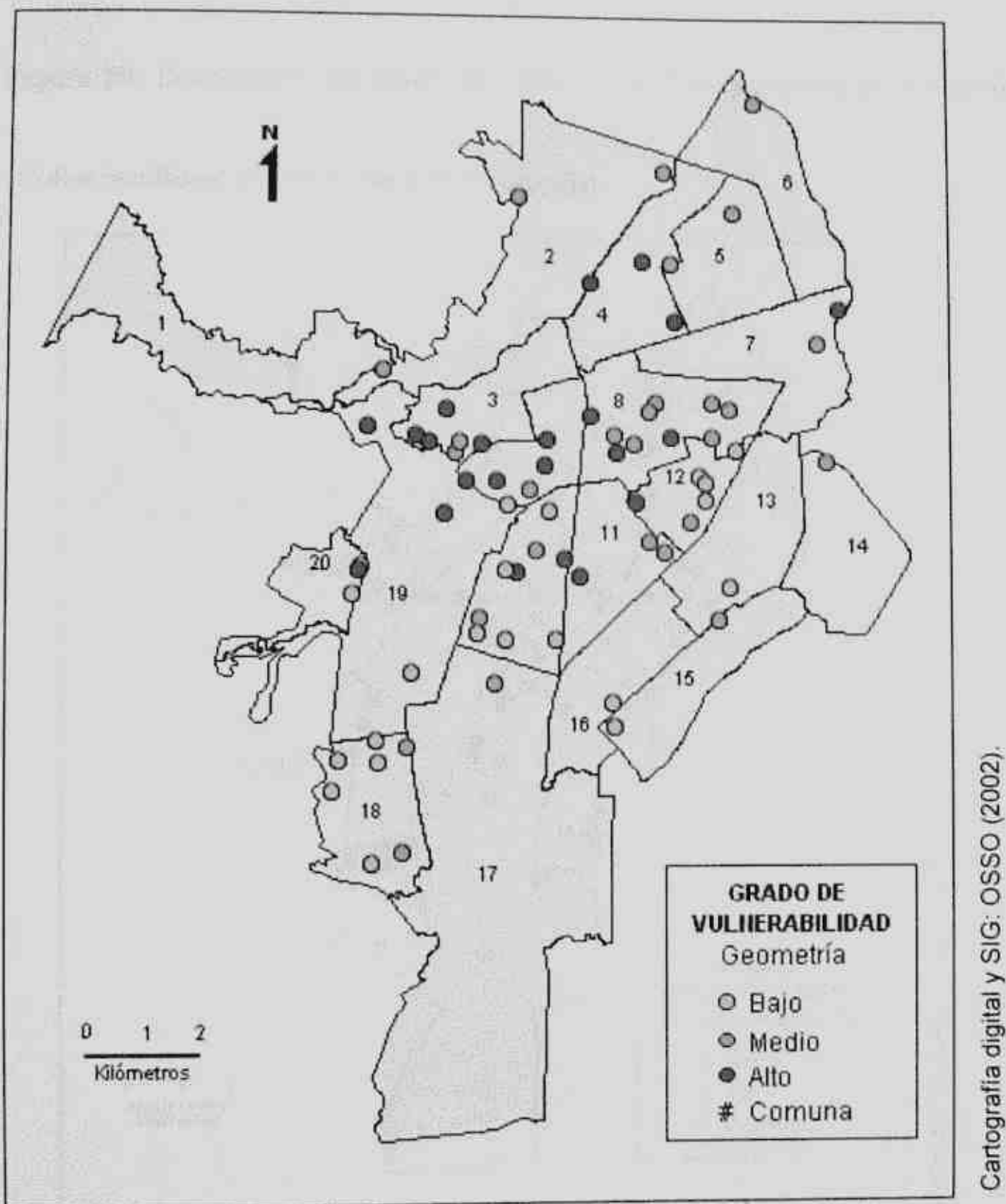


Figura 19. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos.

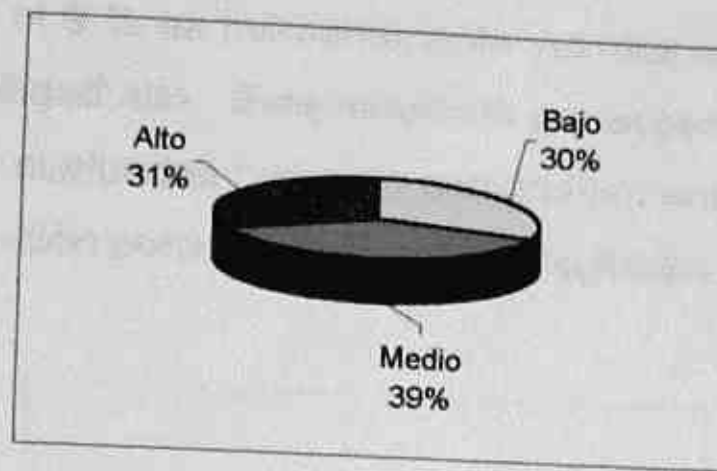


Figura 20. Distribución del grado de vulnerabilidad por aspectos geométricos.

### 5.3.5. Vulnerabilidad por año de construcción.

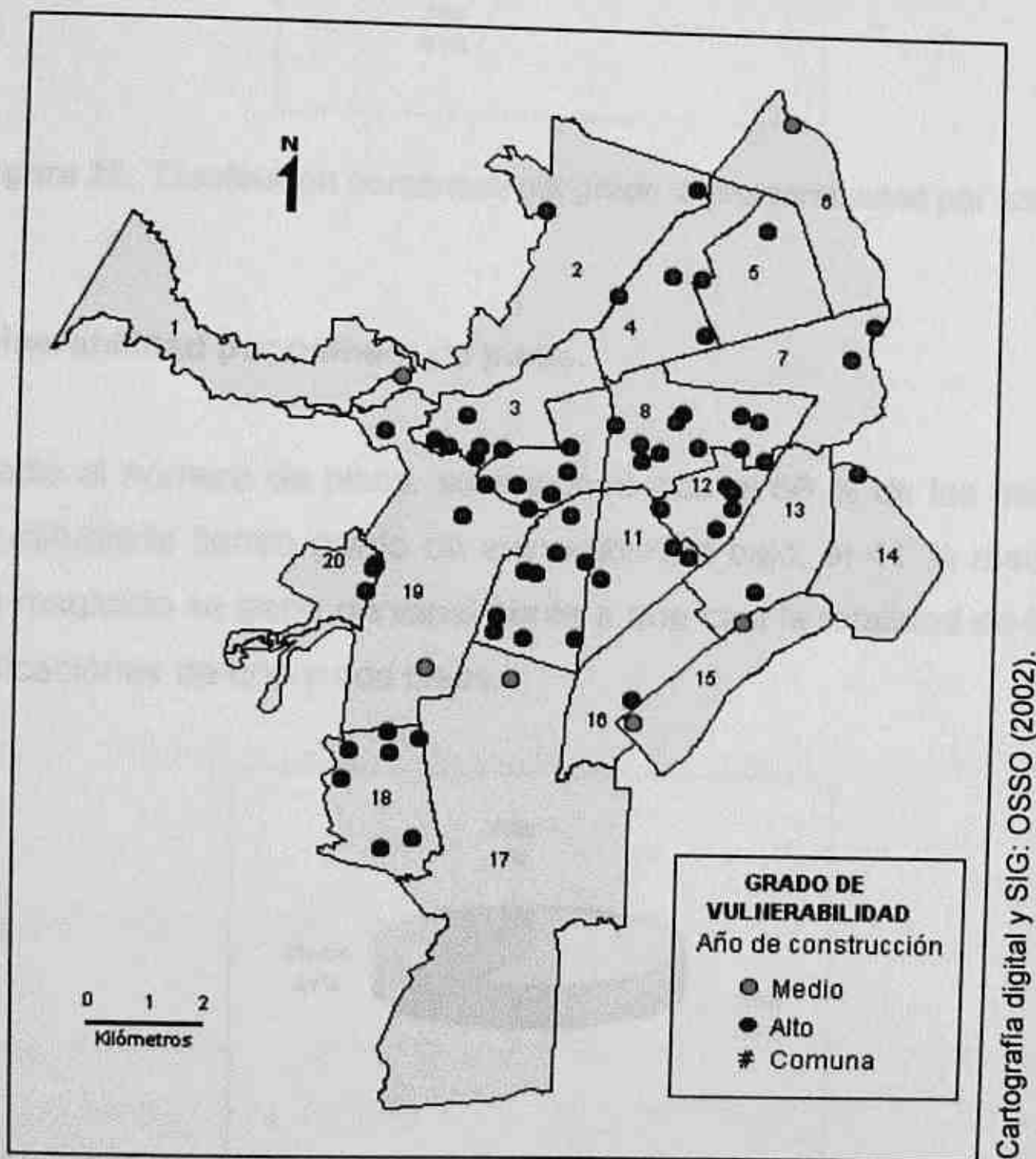
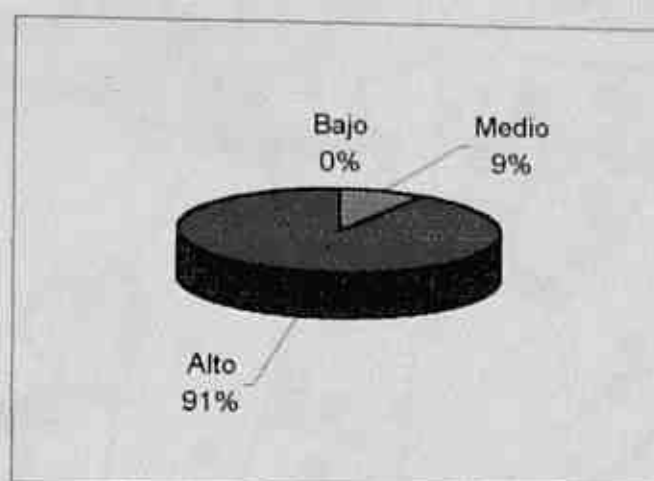


Figura 21. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por edades.



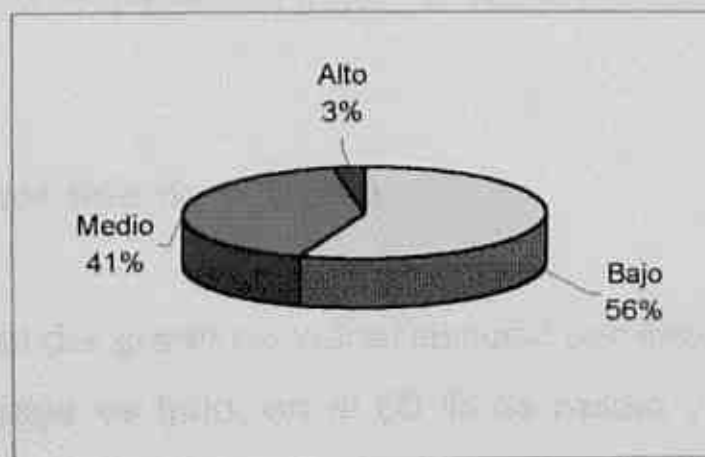
La distribución porcentual del grado de vulnerabilidad de las escuelas por año de construcción, indica que el 9 % es medianamente vulnerable y el 91 % se encuentran en un rango de vulnerabilidad alto. Este resultado era esperable, dado que la mayoría de las escuelas públicas evaluadas han sido construidas antes de 1984. En la Figura 22 se muestran la distribución porcentual de estos resultados.



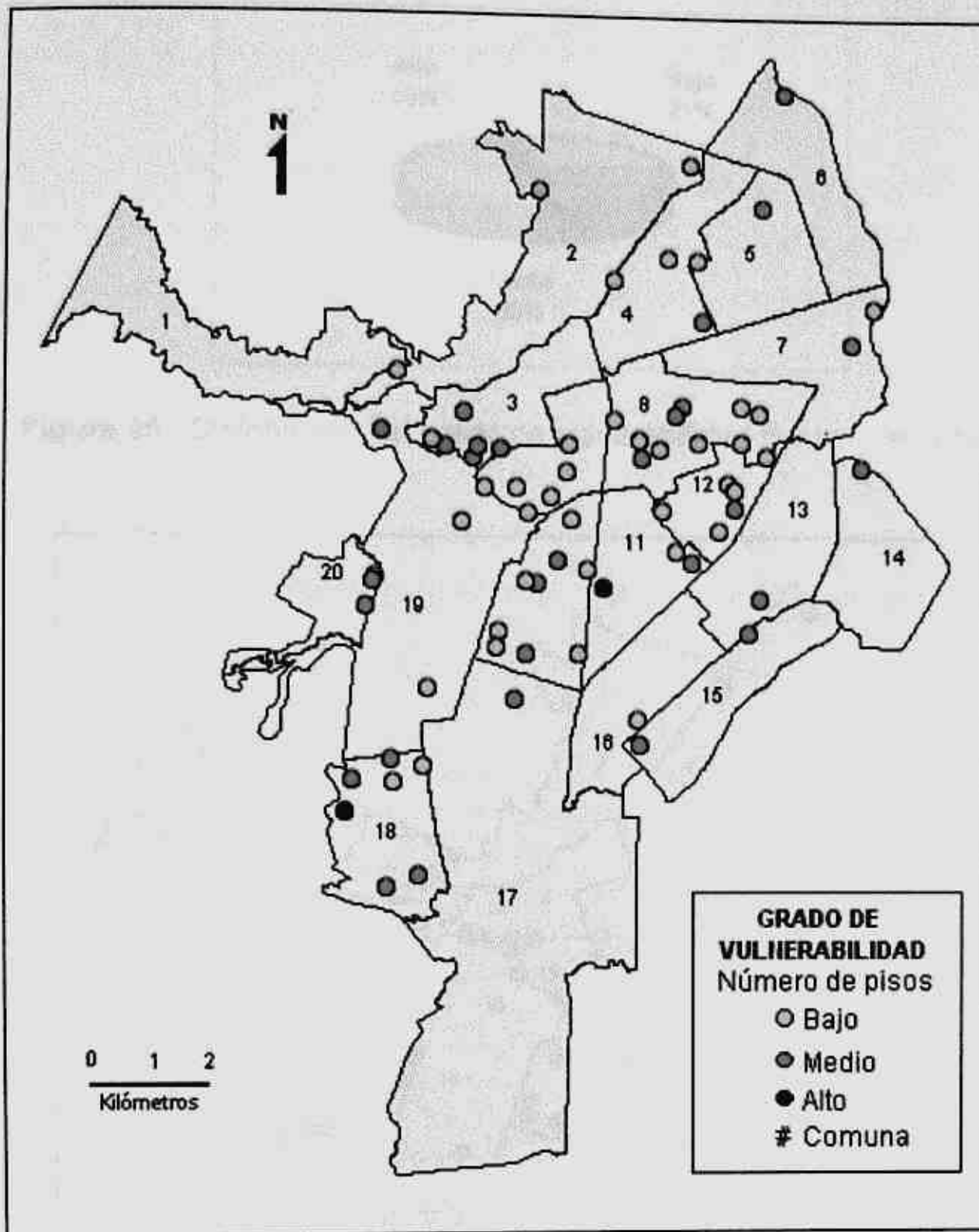
**Figura 22.** Distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por edades.

### 5.3.6. Vulnerabilidad por número de pisos.

Con respecto al número de pisos, se encontró que el 56 % de las escuelas de la población estudiada tienen grado de vulnerabilidad bajo, el 41 % medio y el 3 % alto. Este resultado se debe principalmente a que casi la totalidad de las escuelas tienen edificaciones de uno y dos pisos.



**Figura 23.** Distribución del grado de vulnerabilidad por número de pisos.



Cartografía digital y SIG: OSSO (2002).

**Figura 24.** Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por número de pisos.

### 5.3.7. Vulnerabilidad por tipo de cubierta.

La distribución porcentual del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta, muestra que en el 21 % de las escuelas es bajo, en el 60 % es medio y en el 19 % alto. Estos resultados indican que la mayoría de las escuelas presentan cubiertas pesadas, con tejas de barro o asbesto cemento más barro.

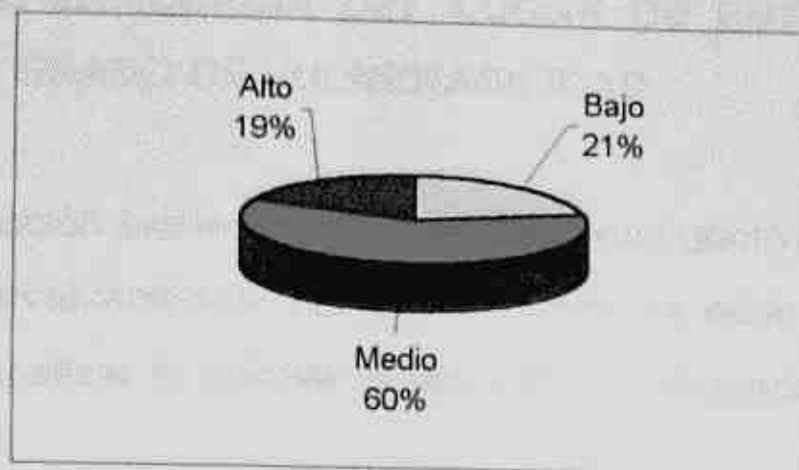


Figura 25. Distribución del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta.

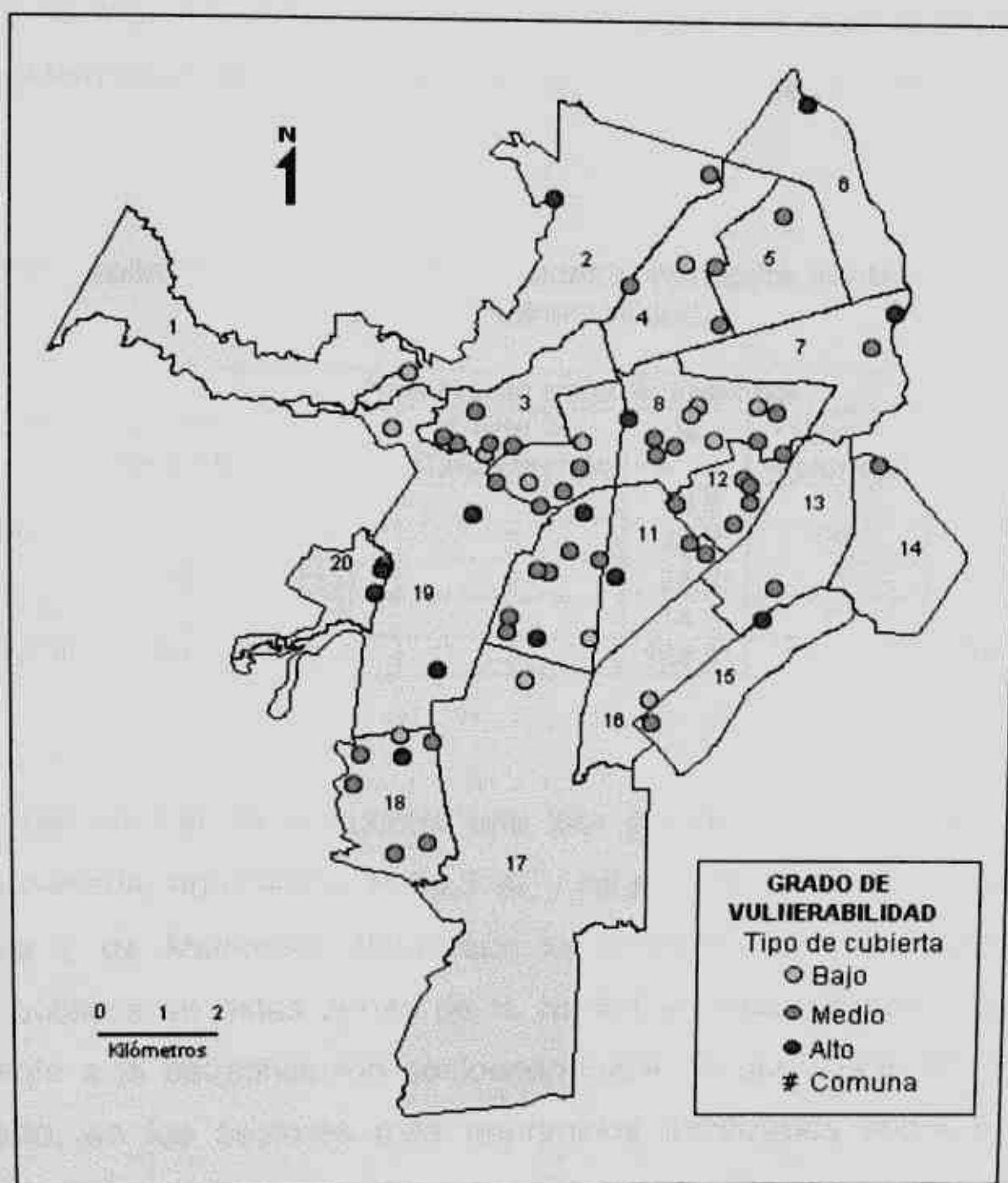


Figura 26. Distribución espacial del grado de vulnerabilidad por tipo de cubierta.



#### 5.4. ANÁLISIS DE INFLUENCIA DEL LUGAR DE EMPLAZAMIENTO Y LA EDAD EN EL GRADO DE VULNERABILIDAD.

El cruce de la información existente sobre formaciones geológicas superficiales con los resultados de la evaluación de los establecimientos educativos de la población estudiada, permitió analizar la posible incidencia de estos aspectos en el grado de vulnerabilidad.

Se evaluaron 36 escuelas ubicadas sobre terrenos correspondientes a conos aluviales, 24 de ellas se encuentran sobre el cono de Cali, 7 en el de Cañaveralejo y 5 en el de Meléndez. Su distribución por grados de vulnerabilidad se presenta en la Tabla 42.

**Tabla 42.** Distribución de las escuelas emplazadas sobre conos aluviales de acuerdo con el grado de vulnerabilidad.

G. V.	Número de establecimientos					
	Cono de Cali	%	Cono de Cañaveralejo	%	Cono de Meléndez	%
Bajo	1	4,2	1	14,3	1	20,0
Medio	7	29,2	3	42,8	2	40,0
Alto	6	25,0	2	28,6	2	40,0
Muy Alto	10	41,6	1	14,3	0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>100,0</b>	<b>7</b>	<b>100,0</b>	<b>5</b>	<b>100,0</b>

En el cono del río Cali se encuentra una alta proporción de las escuelas de la población estudiada, equivalente al 34,3 %, y no sucede lo mismo en los conos de Cañaveralejo y de Meléndez, dado que la concentración de establecimientos educativos públicos en estas zonas de la ciudad es baja, situación que se debe probablemente a la estratificación socioeconómica de gran parte de sus barrios. Por otro lado, en los sectores más deprimidos localizados sobre el Cono de Meléndez, no fue posible el acceso a más establecimientos, por razones de seguridad.

Analizando el comportamiento de los establecimientos ubicados sobre el cono de Cali, se observó que el 41,6 % de estos tienen un grado de vulnerabilidad muy alto, el 25,0 % son altamente vulnerables, el 29,2 % tienen un grado de vulnerabilidad medio y el 4,2 % bajo. El alto grado de vulnerabilidad de las edificaciones escolares evaluadas en esta zona puede estar asociado a la edad de los establecimientos educativos evaluados, ya que en éste sector se encuentran los más antiguos, todos los que, dentro de la población estudiada, fueron construidos antes de 1930. El resto de edificaciones escolares ubicadas en el cono de Cali se construyeron entre 1930 y 1977. Por otro lado, a pesar de que los terrenos correspondientes al cono de Cali han sido considerados como buenos, se identificaron asentamientos diferenciales en el 41,7 % de los casos y fallas en la mampostería en el 75 %.

De la 197 escuelas de Cali, sobre el Cono de Cañaveralejo hay siete y todas fueron evaluadas; de ellas, una tiene grado de vulnerabilidad muy alto, dos alto, tres medio y una bajo. En todas estas escuelas se detectaron fallas y fisuramientos en la mampostería debidos a asentamientos diferenciales, a excepción de una escuela ubicada en el barrio Primero de Mayo, la cual no presenta problemas en la mampostería asociados al comportamiento de los suelos, en ninguna de sus edificaciones, probablemente por sus características estructurales y constructivas y porque es una de las escuelas construidas más recientemente (en 1991); sin embargo, esta escuela se encuentra en los límites del cono y es posible que no pertenezca a él.

Sobre el Cono de Meléndez se evaluaron cinco escuelas, una con grado de vulnerabilidad bajo, dos medianamente vulnerables y dos con alto grado. En general no se evidenciaron fallas por asentamientos y los aspectos que hacen vulnerable a la escuela que presenta grado de vulnerabilidad alto son los estructurales, en relación con su tipología y proporción de muros en ambas direcciones.

En cuanto a las 21 escuelas ubicadas sobre las formaciones geológicas Q1, Q2 y Q4, Q5 y Q6 correspondientes a estratos de arenas, limos y arcillas intercalados con gravas, se encontró que dos tienen un grado de vulnerabilidad bajo, ocho medio, nueve alto y dos muy alto.

Sobre la formación Q1, en la cual se han identificado antiguos humedales, se evaluaron dos escuelas en las que se observaron fisuras en la mampostería debidas a posibles asentamientos diferenciales y, sus grados de vulnerabilidad se estimaron, uno en muy alto y el otro en medio. La formación Q2 se compone de depósitos de pantanos aluviales. El grado de vulnerabilidad de la escuela evaluada en esta zona es alto y no se observaron fallas en la mampostería, a pesar de los asentamientos evidenciados en los pisos. Se evaluaron ocho escuelas ubicadas sobre la formación geológica superficial Q4, correspondiente a antiguas lagunas y esteros (albardones). Los grados de vulnerabilidad estimados son, para seis escuelas alto y para las dos restantes medio. En seis de ellas se identificaron problemas en la mampostería debidas asentamientos diferenciales y, en todas se observaron problemas en los pisos.

De las escuelas evaluadas, nueve se encuentran asentadas sobre la formación Q5 asociada a zonas desecadas y rellenos de cauces. El grado de vulnerabilidad estimado para cinco de ellas es medio, para dos es bajo y para dos alto; y solo en una de estas edificaciones se evidenciaron asentamientos debidos a la presencia de un árbol de gran tamaño que, por el momento, solo ha afectado el muro de cerramiento. Sin embargo, en cinco de ellas se identificaron daños en la mampostería y en los pisos. Se evaluó una escuela ubicada sobre depósitos aluviales (Q6) en un margen del río Cali y su grado de vulnerabilidad es muy alto, con evidencias de asentamientos diferenciales en los pisos y problemas en la mampostería.



De las seis escuelas ubicadas sobre depósitos torrenciales antiguos (Qd), tres tienen un grado de vulnerabilidad alto y tres muy alto. En cuatro de ellas se identificaron posibles fallas en la mampostería, todas se encuentran en zonas de la ciudad donde la pendiente del terreno varía entre 3 – 35 %, es decir que algunas de ellas se ubican en zonas de ladera y, además, fueron construidas entre 1930 y 1960.

De acuerdo con lo anterior, son altamente vulnerables 16 (66,6 %) de las 24 escuelas localizadas en el cono de Cali, cinco (71,4 %) de las siete escuelas ubicadas en el cono de Cañaveralejo, siete (70,0 %) de las diez emplazadas sobre antiguos humedales, lagunas y esteros y todas las escuelas (seis) ubicadas sobre depósitos torrenciales antiguos (Qd).

Sobre la formación T, correspondiente a rocas sedimentarias con intercalaciones de mantos de carbón, se encuentran ubicadas cuatro escuelas, de las cuales tres tienen grado de vulnerabilidad medio y una alto. En una de ellas se identificaron problemas en la mampostería, aunque no se evidenciaron asentamientos diferenciales, y en todas se observaron grietas en los pisos. En cuanto al año de construcción, una de ellas se construyó en 1940, otra en 1957 y dos, entre 1970 y 1980.

Finalmente, se evaluaron tres escuelas ubicadas sobre las formaciones geológicas Qc, QvT y Kv, las cuales están asociadas a depósitos de vertientes, depósitos derivados de rocas del Terciario y a rocas diabásicas, respectivamente. El grado de vulnerabilidad de la primera escuela es medio (construida en 1950), el de la segunda escuela bajo (construida en 1962) y el la última bajo (construida en 1987). En ninguna de ellas se evidenciaron problemas en la mampostería ni asentamientos del terreno. En una de ellas, ubicada en Terrón Colorado, se observó inestabilidad de los taludes sobre los cuales se encuentran algunas zonas



## **5.5. ESTIMACIÓN DE DAÑOS, PÉRDIDAS ECONÓMICAS Y DE VIDAS HUMANAS.**

El estimativo de pérdidas económicas y de vidas humanas, aplicando los procedimientos que se adaptaron para ello, solamente en las 58 edificaciones que componen las escuelas de la muestra específica, ya que se requerían las mediciones de longitud de muros y no fue posible hacerlo en las demás escuelas de la población estudiada.

### **5.5.1. Edificaciones de mampostería.**

La estimación de daños en las edificaciones escolares de la muestra específica con muros confinados y sin confinar, se hizo utilizando el procedimiento propuesto por Cardona y Hurtado, el cual define las categorías de daños de acuerdo con la demanda de ductilidad de la edificación ante la ocurrencia de un evento sísmico, como se definió en el Capítulo 4.

La demanda de ductilidad es la relación entre el coeficiente sísmico exigido (CSE) y el coeficiente sísmico resistente (CSR). El CSE depende de la aceleración pico efectiva ( $A_a$ ) y el período de vibración de la edificación (T), del cual se quiso hacer un estimativo dividiendo el número de pisos entre 10, de acuerdo con la recomendación de la Asociación de Ingeniería Estructural de California SEAOC, aunque según Aycardi (1979) puede arrojar valores alejados de la realidad debido a que no relaciona la rigidez o la deflexión absoluta o relativa a la altura. El CSR resulta de dividir la resistencia al cortante de los muros entre el peso de la edificación. Los resultados del cálculo de estos valores se consignaron en la Tabla 43.



El peso de la edificación se calculó a partir del peso de los muros, de la cubierta y del entrepiso. En el Anexo 8 se muestran los resultados obtenidos en el cálculo del peso. El peso de los muros se calculó considerando el espesor, la densidad de la mampostería en ladrillo macizo, equivalente a  $1800 \text{ Kg/m}^3$ , y el área de muros. Finalmente, el peso de los muros en Kg se distribuyó sobre el área en planta del bloque. El entrepiso considerado para el cálculo del peso de la edificación, está conformado por una placa maciza o aligerada de concreto reforzado, con un peso promedio estimado de  $450 \text{ kg/m}^2$ , de los cuales  $350 \text{ kg/m}^2$  corresponden a la losa y  $100 \text{ kg/m}^2$  corresponden al peso recomendado para los acabados de pisos, en el caso de no hacer análisis detallados (AIS, 1997). La cubierta se clasificó en tres tipos; liviana cuando se emplean tejas de asbesto – cemento, mediana cuando se utilizan tejas de barro y pesada cuando se emplea el sistema residencial, con pesos estimados de 60, 90 y  $100 \text{ kg/m}^2$ , respectivamente (Campos, 1992).

A continuación se especifica el significado de las abreviaturas empleadas en la Tabla 43:

N<sub>o</sub>.B: Número total de bloques del establecimiento educativo.

B: Número del bloque en estudio.

S.E.: Sistema estructural del bloque.

NP: Número de pisos.

e: Espesor de muros en metros.

MLM: Mínima longitud de muros en metros.

G.V.: Grado de vulnerabilidad.

F<sub>r</sub>: Factor de reducción de la resistencia al cortante de los muros.

VR: Resistencia al cortante de los muros en toneladas.

W: Peso total del bloque en toneladas.

CSR: Coeficiente sísmico resistente.

T: Período de vibración de la edificación, en segundos.

CSE: Coeficiente sísmico exigido.

DD: Demanda de ductilidad.

**Tabla 43.** Cálculo de la demanda de ductilidad de los bloques de las escuelas de la muestra específica.

Establecimiento	No.B	B	S.E.	NP	e (m)	MLM (m)	G.V.	Fr	VR (T)	W (T)	CSR	T (s)	CSE	DD
Escuela Olga Lucía Lloreda	1	1	MSC	1	0,15	89,10	Alto	0,76	75,88	167,03	0,453	0,1	0,375	0,828
Escuela Mario Lloreda	3	1	MC	1	0,14	93,60	Medio	0,88	172,97	164,62	1,051	0,1	0,375	0,357
		2	MC	1	0,14	12,90	Medio	0,88	23,84	28,84	0,827	0,1	0,375	0,454
		3	MSC	1	0,11	7,50	Muy Alto	0,50	3,09	12,94	0,239	0,1	0,375	1,568
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	6	1	MC	1	0,10	5,17	Medio	0,88	6,83	7,59	0,899	0,1	0,375	0,417
		2	MC	2	0,11	11,90	Medio	0,88	17,28	45,42	0,380	0,2	0,500	1,314
		3	MC	1	0,10	4,50	Medio	0,88	5,94	4,95	1,200	0,1	0,375	0,313
		4	MC	1	0,10	14,10	Medio	0,88	18,61	21,60	0,862	0,1	0,375	0,435
		5	MC	1	0,10	23,64	Medio	0,88	31,20	31,40	0,994	0,1	0,375	0,377
Escuela General Anzoategui	3	1	MSC	2	0,10	18,20	Muy Alto	0,50	6,83	365,02	0,019	0,2	0,500	26,742
		2	MSC	1	0,10	44,10	Alto	0,76	24,97	96,68	0,258	0,1	0,375	1,452
		3	MC	1	0,14	6,00	Medio	0,88	11,09	16,99	0,653	0,1	0,375	0,575
Centro Docente Santa Elena	2	1	MSC	1	0,10	52,89	Muy Alto	0,50	19,83	89,17	0,222	0,1	0,375	1,686
		2	MC	1	0,10	12,80	Medio	0,88	16,90	20,19	0,837	0,1	0,375	0,448
San Pedro Codenal	3	1	MC	2	0,13	22,70	Medio	0,88	38,95	100,78	0,387	0,2	0,500	1,294
		2	MSC	1	0,10	4,93	Alto	0,76	2,79	12,50	0,223	0,1	0,375	1,681
		3	MC	1	0,10	5,69	Medio	0,88	7,51	14,80	0,507	0,1	0,375	0,740
Escuela Rufino José Cuervo	6	1	MSC	1	0,10	41,00	Alto	0,76	23,22	55,83	0,416	0,1	0,375	0,902
		2	MSC	1	0,10	41,00	Alto	0,76	23,22	55,83	0,416	0,1	0,375	0,902
		3	MSC	1	0,10	51,30	Alto	0,76	29,05	75,61	0,384	0,1	0,375	0,976
		5	MC	1	0,10	6,50	Medio	0,88	8,58	20,90	0,411	0,1	0,375	0,913
		6	MSC	1	0,10	14,00	Alto	0,76	7,93	19,06	0,416	0,1	0,375	0,901
		1	1	MSC	2	0,15	65,74	Muy Alto	0,50	36,98	482,57	0,077	0,2	0,500
Escuela Luis Carlos Peña	1	1	MC	2	0,15	44,80	Medio	0,88	88,70	273,55	0,324	0,2	0,500	1,542
Escuela Cristina Serrano de Lourido	1	1	MSC	1	0,11	84,00	Alto	0,76	52,32	145,24	0,360	0,1	0,375	1,041
Centro Docente Fernando de Aragón	2	1	MSC	2	0,11	63,30	Muy Alto	0,50	26,11	344,51	0,076	0,2	0,500	6,597
		2	MC	1	0,10	10,80	Medio	0,88	14,26	23,87	0,597	0,1	0,375	0,628
Centro Docente Isaias Gamboa	3	1	MC	1	0,11	38,78	Bajo	1,00	63,98	66,18	0,967	0,1	0,375	0,388
		2	MC	1	0,11	30,00	Bajo	1,00	49,50	49,77	0,995	0,1	0,375	0,377
		3	MC	1	0,11	11,26	Bajo	1,00	18,58	15,92	1,167	0,1	0,375	0,321
Escuela República de Francia	5	1	MC	1	0,15	26,20	Medio	0,88	51,88	53,88	0,963	0,1	0,375	0,389
		2	MC	1	0,15	17,15	Medio	0,88	33,95	35,28	0,962	0,1	0,375	0,390
		3	MC	1	0,10	11,80	Bajo	1,00	17,70	20,76	0,853	0,1	0,375	0,440
		4	MC	1	0,10	11,80	Bajo	1,00	17,70	20,76	0,853	0,1	0,375	0,440
		5	MC	1	0,15	26,20	Medio	0,88	51,88	53,88	0,963	0,1	0,375	0,389
Centro Docente República del Brasil	3	1	MC	1	0,15	11,60	Bajo	1,00	26,10	33,02	0,790	0,1	0,375	0,474
		2	MC	1	0,15	58,60	Medio	0,88	116,03	201,28	0,576	0,1	0,375	0,651
		3	MC	1	0,15	40,96	Medio	0,88	81,10	140,61	0,577	0,1	0,375	0,650
Escuela José María Villegas	3	1	MSC	1	0,15	38,19	Alto	0,76	32,44	127,86	0,254	0,1	0,375	1,478
		2	MC	1	0,10	14,54	Medio	0,88	19,19	29,61	0,648	0,1	0,375	0,579
		3	MC	1	0,10	11,58	Medio	0,88	15,28	25,09	0,609	0,1	0,375	0,616
Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés	1	1	MSC	2	0,10	63,10	Alto	0,76	35,73	435,53	0,082	0,2	0,500	6,095
Centro Docente Las Américas	3	1	MC	1	0,10	53,20	Medio	0,88	70,22	81,46	0,862	0,1	0,375	0,435
Centro Docente Francisco Montes Idrobo	5	1	MSC	1	0,10	16,46	Alto	0,76	9,32	36,00	0,259	0,1	0,375	1,449
		2	MSC	1	0,10	17,46	Alto	0,76	9,89	36,52	0,271	0,1	0,375	1,385
		3	MC	1	0,10	22,30	Medio	0,88	29,44	37,86	0,777	0,1	0,375	0,482
		4	MC	1	0,10	24,71	Medio	0,88	32,62	42,12	0,774	0,1	0,375	0,484
		5	MC	1	0,10	30,94	Medio	0,88	40,84	52,74	0,774	0,1	0,375	0,484
Centro Docente José Ramón Bejarano	3	1	MC	1	0,10	53,55	Medio	0,88	70,69	88,69	0,797	0,1	0,375	0,470
		2	MC	1	0,10	53,55	Medio	0,88	70,69	88,69	0,797	0,1	0,375	0,470
Centro Docente La Anunciación	3	1	MC	2	0,10	61,50	Medio	0,88	81,18	144,37	0,562	0,2	0,500	0,889
		2	MC	2	0,10	38,00	Medio	0,88	50,16	193,32	0,259	0,1	0,000	0,000

Con el valor de la demanda de ductilidad y la capacidad de disipación de energía de la edificación (R), establecida por el Código NSR-98, de acuerdo con el sistema estructural y a las irregularidades en planta y en altura, se hizo la comparación de estos valores, definida en el procedimiento empleado (Cardona y Hurtado, 1990) y



presentada en la Tabla 31, para determinar la categoría y el estado de daños esperados en las edificaciones evaluadas, para una hipótesis de sismo con  $A_a$  de 0.25g, definido como el sismo de diseño en la actual Norma sismo resistente, para la ciudad de Cali.

Con la categoría y el estado de daños determinados, se procedió a asignar el porcentaje de daños de acuerdo con el procedimiento desarrollado por Whitman y Cornell (1976), mostrado en la Tabla 33. Este porcentaje de daños permite estimar, a partir del área en planta del bloque, el número de metros cuadrados que sufren daños. Las pérdidas económicas asociadas a los daños estimados, se calcularon multiplicando el área que sufre daños por el precio por metro cuadrado de construcción para el sector educativo que establece Construdata 2002, de acuerdo con el estrato socioeconómico. Los precios utilizados están consignados en la Tabla 34.

El porcentaje de víctimas fatales y personas heridas se determinó también a partir de la categoría y el estado de daños (Whitman y Cornell, 1976), como se describe en la Tabla 36. El número de víctimas fatales y personas heridas se obtuvo multiplicando los porcentajes por la población estudiantil de cada establecimiento, la cual fue distribuida entre las edificaciones, de acuerdo con su área en planta en relación con el área total construida del establecimiento.

En la Tabla 44 se muestran las categorías de daño obtenidas con su respectiva cuantificación de daños, al igual que las pérdidas económicas y de vidas humanas estimadas.



Tabla 44. Cálculo de las pérdidas económicas y de vidas humanas.

Establecimiento	R <sub>0</sub>	Φ <sub>p</sub>	Φ <sub>s</sub>	R	Daños	% daños	A <sub>p</sub>	A <sub>daños</sub>	ES	PE(10 <sup>3</sup> U\$)	NE	% VF	% H	A <sub>total</sub>	NEB	NVF	NH
Escuela Olga Lucía Lloreda	1,0	0,9	0,9	0,8	Mayores	30	406	122	3	17,88	420	0,25	2	406	420,00	1	8
Escuela Mario Lloreda	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	438	0	3	0,00	300	0,00	0	561	234,22	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	88	0	3	0,00		0,00	0		47,06	0	0
	1,0	1,0	1,0	1,0	Totales	100	35	35	3	5,14		1,00	10		18,72	0	30
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	14	8	4	0,00	580	0,00	0	353	23,00	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Moderados	5	51	3	4	0,58		0,00	1		83,80	0	6
	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	15	0	4	0,00		0,00	0		24,65	0	0
	1,5	0,9	1,0	1,4	Ninguno	0	75	0	4	0,00		0,00	0		123,23	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	64	0	4	0,00		0,00	0		105,16	0	0
Escuela General Anzoategui	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	587	587	5	128,56	1060	20,00	100	884	703,87	141	848
	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	258	258	5	5,651		1,00	10		309,37	3	105
	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	39	0	5	0,00		0,00	0		46,76	0	0
Centro Docente Santa Elena	1,0	0,9	0,9	0,8	Colapso	100	395	395	3	57,99	205	20,00	100	493	164,25	33	164
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	98	0	3	0,00		0,00	0		40,75	0	0
San Pedro Codenal	1,5	1,0	0,9	1,4	Moderados	5	104	5	1	0,66	364	0,00	1	144	262,89	0	4
	1,0	0,9	1,0	0,9	Totales	100	40	40	1	5,06		1,00	10		101,11	1	36
	1,5	1,0	1,0	1,5	Ninguno	0	26	0	1	0,00		0,00	0		65,72	0	0
Escuela Rufino José Cuervo	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	287	86	3	12,64	549	0,25	2	1148	137,25	0	11
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	287	86	3	12,64		0,25	2		137,25	0	11
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	359	108	3	15,81		0,25	2		171,68	0	11
	1,5	1,0	1,0	1,5	Menores	0,3	45	0	3	0,02		0,00	0		21,52	0	0
	1,0	1,0	0,9	0,9	Mayores	30	98	29	3	4,32		0,25	2		46,87	0	11
Centro Docente Francisco José de Caldas	1,0	0,8	0,8	0,6	Colapso	100	511	511	2	57,33	282	20,00	100	511	282,00	56	226
Escuela Luis Carlos Paña	1,5	0,9	0,8	1,1	Mayores	30	418	125	3	18,41	350	0,25	2	418	350,00	0,875	7
Escuela Cristina Serrano de Lourido	1,0	0,9	0,8	0,7	Mayores	30	712	214	2	23,96	265	0,25	2	712	265,00	1	5
Centro Docente Fernando de Aragón	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	626	626	2	70,23	445	20,00	100	729	382,13	76	356
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	103	0	2	0,00		0,00	0		62,87	0	0
Centro Docente Isaiás Gamboa	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	186	0	1	0,00	350	0,00	0	369	176,42	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	144	0	1	0,00		0,00	0		136,59	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	39	0	1	0,00		0,00	0		36,99	0	0
Escuela República de Francia	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	142	0	4	0,00	300	0,00	0	517	82,40	0	0
	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	93	0	4	0,00		0,00	0		53,97	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	70	0	4	0,00		0,00	0		40,62	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	70	0	4	0,00		0,00	0		40,62	0	0
	1,5	1,0	0,8	1,2	Ninguno	0	142	0	4	0,00		0,00	0		82,40	0	0
Centro Docente República del Brasil	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	71	0	4	0,00	700	0,00	0	657	75,65	0	0
	1,5	0,9	0,9	1,2	Menores	0,3	345	1	4	0,24		0,00	0		367,58	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	241	0	4	0,00		0,00	0		256,77	0	0
Escuela José María Villegas	1,0	0,9	0,8	0,7	Colapso	100	376	376	1	47,56	480	20,00	100	577	312,79	63	384
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	87	0	1	0,00		0,00	0		72,37	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	114	0	1	0,00		0,00	0		94,84	0	0
Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés	1,0	0,8	0,8	0,6	Colapso	100	556	556	3	81,62	500	20,00	100	556	500,00	100	400
Centro Docente Las Américas	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	244	0	2	0,00	800	0,00	0	388	503,09	0	0
Centro Docente Francisco Montes Idrobo	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	155	155	3	22,76	672	1,00	10	685	152,06	2	67
	1,0	1,0	0,9	0,9	Totales	100	155	155	3	22,76		1,00	10		152,06	2	67
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	107	0	3	0,00		0,00	0		104,97	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	119	0	3	0,00		0,00	0		116,74	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	149	0	3	0,00		0,00	0		146,17	0	0
Centro Docente José Ramón Bejarano	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	306	0	1	0,00	1500	0,00	0	918	500,00	0	0
	1,5	1,0	0,9	1,4	Ninguno	0	306	0	1	0,00		0,00	0		500,00	0	0
Centro Docente La Anunciación	1,5	0,9	0,9	1,2	Menores	0,3	208	1	1	0,08	2159	0,00	0	542	828,55	0	0
	1,5	0,9	0,9	1,2	Ninguno	0	208	0	1	0,00		0,00	0		828,55	0	0
<b>TOTALES</b>										<b>5 668,88</b>	-	-	-	-	-	<b>479</b>	<b>2 755</b>

La denominación de las columnas de esta tabla son especificadas a continuación:

R<sub>0</sub>: Capacidad de ductilidad.

Φ<sub>p</sub>: Factor de reducción de la capacidad de ductilidad por irregularidad en planta.

- $\Phi_a$ : Factor de reducción de la capacidad de ductilidad por irregularidad en altura.
- R: Capacidad de disipación de energía.
- $A_p$  y  $A_{daños}$ : Área en planta y área que sufre daños del bloque, respectivamente.
- ES: Estrato socioeconómico.
- PE: Pérdidas económicas en miles de dólares.
- NE: Número de estudiantes de la escuela.
- %VF, NVF: % y número de víctimas fatales, respectivamente.
- %H, NH: % y número de heridos y heridas, respectivamente.
- $A_{Total}$ : Área total construida de la escuela.
- NEB: Número de estudiantes por bloque.

Los resultados sobre estado de daños en todas las edificaciones escolares evaluadas revelaron que en el 70 % de las escuelas se esperan daños; en el 10 % de las escuelas se espera que los daños sean moderados, es decir que el 5 % de la edificación sufra daños, en el 30 % de los establecimientos se estiman daños mayores, equivalentes al 30 % de la edificación expuesta, en el 20 % de las escuelas se esperan daños totales y en el 10 % colapso. El comportamiento de los daños por bloque es diferente dado que entre ellos existen grandes diferencias en áreas y de acuerdo con ella se determinó su incidencia en el estado de daño global esperado en cada escuela.

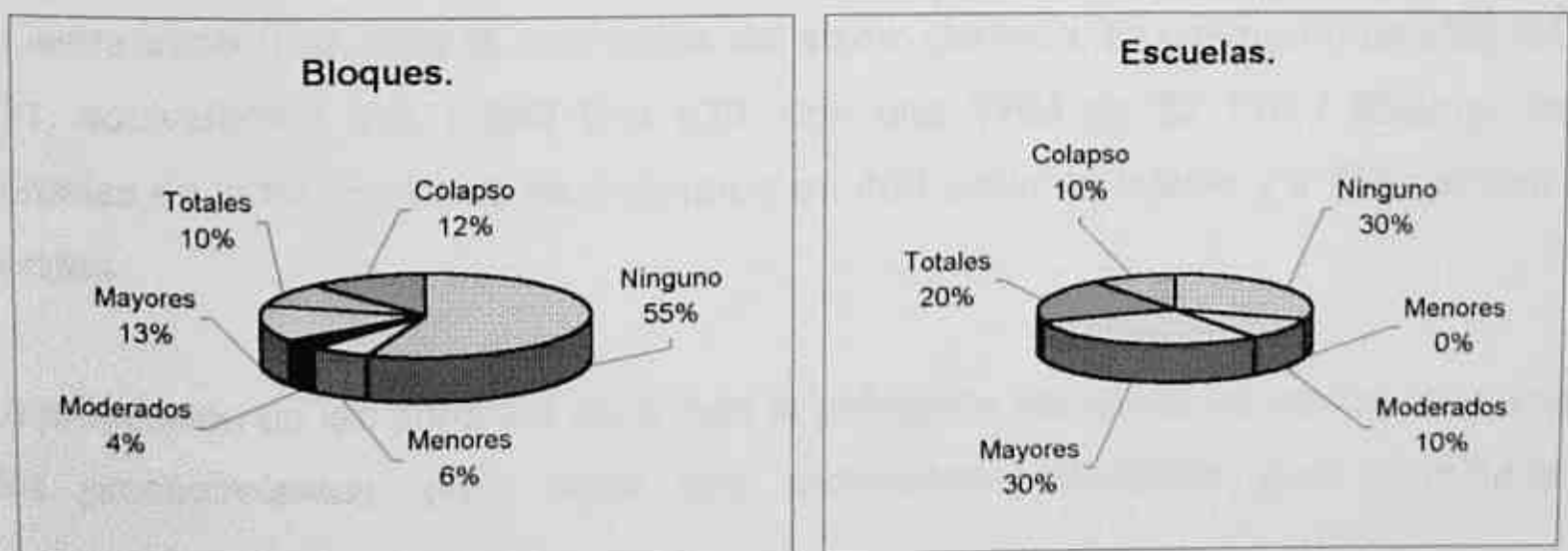


Figura 27. Distribución porcentual del estado de daños por bloques y escuelas.

### 5.5.2. Edificaciones con pórtico en concreto.

La estimación de pérdidas económicas, en este tipo de edificaciones, se hizo de acuerdo con el porcentaje de área de muros que sufre daños, definido en el Capítulo 4, multiplicado por un valor aproximado de muro en ladrillo tolete, equivalente a \$11 914 por metro cuadrado, calculado con base en los precios de Construdata 2002. Los resultados pueden verse en la Tabla 45.

**Tabla 45.** Pérdidas económicas en edificaciones con pórtico en concreto.

Nombre escuela	B	N.P.	Longitud de muros (m)		H (m)	A <sub>muros</sub> (m <sup>2</sup> )	C.M.	% de daño	A <sub>daños</sub> (m <sup>2</sup> )	Pérdidas económicas (US\$)
			X	Y						
Escuela Luis Carlos Rojas Garcés	6	2	63,2	32,4	2,8	267,7	No	100	267,7	1 151,4
Rufino José Cuervo	4	2	20,8	44,0	2,5	161,8	No	100	161,8	695,9
Centro Docente Las Américas	2	2	60,0	64,4	2,8	348,6	Parcial	50	174,3	749,7
Centro Docente José Ramón Bejarano	3	2	123,4	107,2	2,8	451,8	Parcial	50	225,9	971,6
Centro Docente La Anunciación	3	2	77,8	59,2	2,8	330,7	No	100	330,7	1 422,4
<b>TOTAL</b>										<b>4 991,0</b>

### 5.5.3. Pérdidas totales.

Las posibles pérdidas económicas que se producirían en las escuelas de la muestra específica, ante la ocurrencia del sismo definido, se estimaron en US\$ 667 731, equivalentes a \$ 1 849 614 870, con una TRM de \$2 770 / dólar y las pérdidas de vidas humanas se estimaron en 480 víctimas fatales y 2 755 heridos y heridas.

La proyección de las pérdidas para toda la población estudiada se realizó mediante dos procedimientos, para tener dos estimativos diferentes que permitieron



establecer un rango de posibles pérdidas económicas y de vida para una hipótesis de sismo con  $A_a=0.25g$ .

Un procedimiento consistió en realizar una proyección directa de estos valores a la población estudiada, considerando que la muestra específica corresponde al 28,6 % de esta población, se obtuvo que las pérdidas económicas en las escuelas son de US\$ 2 337 058, es decir, \$6 473 652 045 y en cuanto a la proyección para las pérdidas de vidas humanas se obtuvo un estimativo de 1 680 víctimas fatales y 9 642 personas heridas.

El otro procedimiento consistió en efectuar una proyección de estos valores, asignando a cada escuela de la población estudiada, las pérdidas correspondientes a la escuela que la representa dentro de la muestra específica, obteniendo un valor de pérdidas económicas totales de US\$1 852 528 y número de víctimas fatales y personas heridas de 935 y 5761, respectivamente. En la Tabla 46 se muestra este procedimiento.

El rango de pérdidas económicas se encuentra entre US\$1 852 528 y US\$ 2 337 058, equivalentes a \$5 130 754 660 y \$6 473 650 660, respectivamente, para una TRM de 2770 \$/US\$. El número de víctimas fatales oscila entre 935 y 1 680 y el número de personas heridas entre 5 761 y 9 642.

**Tabla 46. Pérdidas económicas en edificaciones con muros confinados y sin confinar.**

No.	Nombre del establecimiento	Nombre escuela muestra específica	Pérdidas económicas (US\$)	Victimas fatales	Personas heridas
1	C.D. Benjamín Herrera	C.D. Francisco José de Caldas	57 329	56	226
2	Esc. Hernando Caicedo		57 329	56	226
3	C.D. Bienestar Social		0	0	0
4	C.D. Juan XXIII		0	0	0
5	C.D. León XIII	C.D. República de Francia	0	0	0
6	Esc. Camilo Torres		0	0	0
7	Esc. Francisco de Paula Santander		0	0	0
8	Esc. General Carlos Albán		0	0	0
9	C.D. Cacique de Guatavita	Esc. Cristina Serrano de Lourido	23 964	1	5
10	C.D. Calímo Rueda	C.D. Mario Lloreda	5 138,23	0,19	29,70
11	C.D. Croydon		5 138,23	0,19	29,70
12	C.D. Ciudad Córdoba	C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	580	0	6
13	C.D. Jhon F. Kennedy		580	0	6
14	C.D. Eduardo Riascos Grueso	Esc. San Pedro Codenal	5 717	1	40
15	C.D. Purificación Trujillo		5 717	1	40
16	C.D. Estado de Puerto Rico		45 510	3	133
17	C.D. Evaristo García	C.D. Francisco Montes Idrobo	45 510	3	133
18	C.D. General Santander		45 510	3	133
19	Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero		45 510	3	133
20	C.D. Fernando Velasco		0	0	0
21	Esc. Esther Zorrilla	Esc. Isaias Gamboa	0	0	0
22	Esc. Fenalco Asturias		0	0	0
23	C.D. Gabriel Montaña T	C.D. Las Américas	0	0	0
24	C.D. Once de Noviembre		17 881	1	8
25	C.D. San Roque		17 881	1	8
26	C.D. Santo Domingo		17 881	1	8
27	C.D. Simón Bolívar		17 881	1	8
28	Esc. La Presentación	Esc. Olga Lucía Lloreda	17 881	1	8
29	Esc. María Perlaza		17 881	1	8
30	Esc. Rafael Uribe Uribe		17 881	1	8
31	Esc. República del Ecuador		17 881	1	8
32	Esc. República del Perú		17 881	1	8
33	Esc. Sebastián de Belalcázar		17 881	1	8
34	Esc. La Gran Colombia		0	0	0
35	C.D. Panamericana	C.D. José Ramón Bejarano	0	0	0
36	Esc. Fray José Ignacio Ortiz		0	0	0
37	Esc. Juan Pablo II Nápoles		0	0	0
38	Esc. Normal Nal Superior de Señoritas de Cali	C.D. Fernando de Aragón	70 231	76	356
39	Esc. Honorio Villegas		70 231	76	356
40	Esc. San Pedro Alejandrino		70 231	76	356
41	C.D. José María Vivas Balcazar		70 231	76	356
42	Esc. Ciudad de Cali	C.D. Rufino José Cuervo	45 427	1	44
43	Esc. Club Noel		45 427	1	44
44	Esc. Juana de Caicedo y Cuero		45 427	1	44
45	Esc. Portete de Tarqui		45 427	1	44
46	C.D. Celmira Bueno de Orejuela		45 427	1	44
47	C.D. Rafael Zamorano		45 427	1	44
48	Esc. Eustaquio Palacios		45 427	1	44
49	Esc. Juan de Ampudia	C.D. República del Brasil	235	0	0
50	Esc. Veinticinco de Julio		235	0	0
		Subtotal	1 184 797	455	3 006
		Pérdidas muestra específica	667 731	480	2 755
		TOTAL	1 852 528	935	5 761

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1. CONCLUSIONES SOBRE LA SITUACIÓN DE LAS ESCUELAS.**

Este estudio permitió determinar que un alto porcentaje (56 %) de las 70 escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables, indicando una necesidad apremiante de realizar evaluaciones analíticas a cada una de ellas para su posterior intervención. Este resultado también es un indicador de la urgencia con que se requiere ampliar este estudio a todas las escuelas de Cali y del Valle del Cauca. Partiendo de la buena representatividad de la población estudiada, se identificó que los problemas asociados al deterioro físico de las edificaciones, fallas en los muros, asentamientos de los suelos y aspectos constructivos, son una situación generalizada en las escuelas de Cali.

El estudio también reveló que la gravedad de las condiciones de las escuelas de Cali está subdimensionada, ya que dentro de una población de 70 establecimientos, se identificaron 27 altamente vulnerables, adicionales a las 33 escuelas que, de acuerdo con los reportes de la Secretaría de Educación, se encuentran en mayor riesgo. Además, dentro de las escuelas que se identificaron como altamente vulnerables, se estimó que 16 representan un riesgo para sus ocupantes, aún sin que haya ocurrido un sismo fuerte, en particular, debido a la inestabilidad de elementos estructurales y no estructurales con fallas graves, que afectan el comportamiento y la funcionalidad de las edificaciones.



### **6.1.1. Entorno y ubicación.**

La topografía de Cali condiciona que la mayoría de las escuelas se encuentren ubicadas en zonas planas o con pendientes menores a 20°. Los problemas observados en las edificaciones escolares ubicadas en zonas de ladera, están determinados por la inadecuada estabilización de taludes, evidenciada en pequeños deslizamientos, hundimientos del terreno y el agrietamiento de elementos estructurales (muros) y no estructurales (escaleras y pisos). En las escuelas ubicadas en zonas de topografía plana se identificaron otro tipo de problemas, no asociados directamente con la topografía.

Las condiciones observadas en zonas aledañas a las escuelas, como fallas de los pavimentos, fisuras y desniveles de los andenes y pandeo y fisuramiento de los muros de cerramiento, sugieren una correlación directa, por un lado, con el comportamiento de los suelos donde se encuentran ubicadas la mayoría de las edificaciones escolares de Cali y por otro, con el efecto de árboles de grandes raíces, que se agrava sobre todo en suelos con potencial contracto – expansivo.

### **6.1.2. Suelos.**

Se encontró que el comportamiento de una escuela con respecto a las condiciones de los suelos está correlacionado con la edad, la topografía, los aspectos estructurales, constructivos y estado de deterioro.

Se identificó que los suelos representan un factor de gran importancia en el grado de vulnerabilidad de las escuelas de Cali, en los daños observados en los elementos estructurales y no estructurales y por consiguiente, en la funcionalidad de las edificaciones y en la seguridad de sus ocupantes. La evaluación realizada permitió determinar que en 41 escuelas de la población estudiada existen

problemas en la mampostería (fisuras, grietas, particiones o pandeo), en zonas de las edificaciones donde se observan asentamientos y que, en once escuelas, los pisos presentan desniveles y hundimientos, sin consecuencias aparentes en la superestructura.

Específicamente, las evidencias de problemas en la mampostería debidos a asentamientos diferenciales, se concentran en las escuelas ubicadas sobre terrenos correspondientes al cono aluvial del río Cali, cono aluvial de Cañaveralejo, antiguos humedales (Q1), antiguas lagunas y esteros (Q4), zonas desecadas y rellenos de cauces (Q5), depósitos aluviales en llanuras y márgenes de los ríos (Q6) y depósitos torrenciales antiguos (Qd).

De acuerdo con lo anterior, no se puede decir que los daños en la mampostería de las edificaciones escolares evaluadas se concentraron solamente en zonas con suelos conformados recientemente o solamente en suelos antiguos, sino que los daños son una situación generalizada en diversas formaciones geológicas, tanto recientes como antiguas.

En general, se identificó que, en la mayoría de las escuelas localizadas sobre depósitos derivados de rocas del terciario (QvT), rocas sedimentarias (T), depósito de vertiente (Qc), rocas diabásicas (Kv) y el cono aluvial del río Meléndez, no se evidenciaron asentamientos del terreno ni fallas en la mampostería de sus edificaciones. En estas escuelas se observó una buena calidad constructiva y estructural, con grados de vulnerabilidad entre bajo y medio, a excepción de dos escuelas ubicadas en los barrios San Antonio y Meléndez, cuyo grado de vulnerabilidad sísmica es alto, principalmente por problemas estructurales y geométricos.

Finalmente, se determinó que en las escuelas donde se observaron problemas asociados al comportamiento de los suelos, se registraron, además, aspectos

constructivos y estructurales inadecuados y un nivel de deterioro considerable, con un grado de vulnerabilidad alto o muy alto, a excepción de algunas escuelas medianamente vulnerables, en las cuales los asentamientos y las fallas asociadas a estos se registraron en zonas muy localizadas. Por otro lado, los efectos del comportamiento del suelo, observados en las edificaciones, podrían indicar que no se hicieron las adecuaciones necesarias al terreno de fundación para disponer la cimentación o que esta carece de la rigidez requerida para absorber las deformaciones.

### **6.1.3. Seguridad y zonas de evacuación.**

En la mayoría de las escuelas, la falta de capacitación del personal directivo y docente en el tema de la prevención, atención y mitigación de desastres se evidenció en el desconocimiento que se tiene sobre los problemas particulares de cada plantel y la carencia de planeación de simulacros de evacuación en caso de emergencia, lo que puede verse agravado por la poca facilidad para evacuar hacia zonas libres y la presencia de elementos no estructurales que no se encuentran bien amarrados a la estructura que, en caso de sismo, pueden caer en zonas transitables.

### **6.1.4. Edad y número de pisos.**

A pesar de que el año de construcción no es una característica intrínseca de la edificación, se convierte en un indicador de la vulnerabilidad porque de acuerdo con él se puede identificar si el diseño y la construcción de las escuelas se ejecutaron en vigencia de alguna norma sismo resistente colombiana.



Se encontró que un gran número de las edificaciones escolares evaluadas (91 %) fueron construidas antes de 1984, indicando que durante su construcción no había entrado en vigencia la primera Norma sismorresistente colombiana y que por lo tanto, es esperable que en su ejecución no se hayan tenido en cuenta los conceptos básicos de la sismorresistencia.

Las tipologías estructurales características de las escuelas construidas a principios del siglo XX son muros sin confinar y, en algunos casos, muros confinados, pero de especificaciones que han resultado insuficientes en experiencias de sismos anteriores (Popayán en 1983 y el Eje Cafetero en 1999), característica que sumada al deterioro progresivo de los establecimientos educativos de Cali, constituyen un aspecto que agrava la predisposición de sus edificaciones, a verse afectadas por la ocurrencia de un sismo, o lo que en otras palabras significa que inciden negativamente en su vulnerabilidad sísmica.

En cuanto a la altura de las edificaciones escolares, se observó que el 56 % de la población estudiada tienen un piso, el 41 % tienen dos pisos y solo dos escuelas tienen en su planta física, una edificación de tres pisos. Considerando simultáneamente esta situación con la presencia de edificios de muros sin confinar en 41 escuelas de uno y dos pisos, 15 de ellas con alturas de entrepiso superiores a tres metros, se concluyó que la influencia de esta característica en la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones, está condicionada por la falta de rigidez debida a la ausencia de confinamiento de sus muros estructurales y, en consecuencia, su limitada capacidad para resistir los esfuerzos de corte generados por un movimiento sísmico, los cuales son mayores entre más alta sea una edificación. En otras palabras, la incidencia del número de pisos en la vulnerabilidad de las edificaciones escolares evaluadas, está determinada por factores de tipo estructurales y constructivos.

### **6.1.5. Cambios de uso y ampliaciones.**

Este parámetro solo se evaluó en las escuelas de la muestra específica, ya que en la información preliminar, base del procedimiento de evaluación simplificado, no se contempló su observación. En las escuelas evaluadas detalladamente, se observó que, en la mayoría de estos establecimientos, no se han efectuado cambios de uso ni remodelaciones. En los casos donde se identificaron cambios de uso no se incrementaron las cargas actuantes en la estructura.

Para el caso de las ampliaciones en altura, en algunos casos se evidenció pandeo y aplastamiento de los muros de la planta baja, sugiriendo que no se hicieron las adecuaciones estructurales requeridas para este incremento de cargas. Por otro lado, en las ampliaciones adosadas se identificaron cambios de material y de tipología estructural, entre la construcción nueva y la existente, y la ausencia de juntas de construcción. Esta situación es un indicador de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones escolares, debido a que, al hacer una ampliación en planta sin juntas constructivas, se induce en el edificio una diferencia de rigideces que modifica su irregularidad torsional inicial, incrementando la susceptibilidad de la estructura a sufrir daños por sismo, producto del incremento de los esfuerzos torsionales.

### **6.1.6. Golpeteo.**

Se identificó mediante las observaciones hechas durante las visitas preliminares, que el 29 % de las escuelas de la población estudiada presenta problemas de colindancia y que, en general, no había coincidencia de los niveles de las losas de entrepiso o de azoteas. Esta situación determina, en caso de sismo, la condición crítica del fenómeno de golpeteo entre edificaciones colindantes, por la generación de sobreesfuerzos cortantes en la estructura.

### **6.1.7. Tipo de cubierta.**

Mediante la inspección de las estructuras de cubierta para la evaluación detallada, se concluyó que el 42 % de las edificaciones de la muestra específica presenta problemas asociados con la estructura de soporte y su estado de deterioro, situación que, dada la representatividad de la muestra específica, se convierte en un indicador preocupante de las condiciones de la estructura de cubierta en el resto de las escuelas de la población estudiada. De la evaluación simplificada se determinó que el 77 % de las escuelas tiene cubiertas muy pesadas (de teja de barro o sistema residencial), que ante la ocurrencia de un sismo tienden a moverse como péndulos invertidos, generando esfuerzos y tensiones muy severas en los elementos de la estructura de cubierta y por otro lado se identificó que, en las edificaciones escolares, la distancia entre muros determina la separación de los apoyos de la cubierta (vigas corona, muros confinados o sin confinar) y, en la gran mayoría de los casos, esta distancia es mayor a la altura del entrepiso, dada la necesidad de amplios espacios para las aulas y áreas comunes.

En conclusión, en caso de que ocurra un sismo con una componente vertical importante, como ocurrió en el sismo del Eje Cafetero (1999), las estructuras de cubierta podrían fallar al no soportar la tracción generada por el movimiento en sentido vertical, haciéndose crítico en las edificaciones escolares porque la distancia entre apoyos de cubierta es inadecuada y las cubiertas clasifican como pesadas.

### **6.1.8. Aspectos geométricos.**

En la mayoría de los casos, la geometría de las edificaciones de las escuelas está determinada por la mala distribución de los muros estructurales en las dos direcciones principales, debido a la concentración de grandes aberturas y vanos en



la dirección de mayor longitud. También se encontró que, la irregularidad en planta de las edificaciones escolares evaluadas se puede asociar a las formas geométricas en planta más comunes en las construcciones de algunas épocas determinadas; por ejemplo, alrededor de 1960 (entre 1953 y 1968) se dio la construcción de numerosas escuelas con muros sin confinar y en forma cuadrada con el patio en el centro y corredores alargados, o en forma de L, F y E, con sus zonas descubiertas (patios, canchas, jardines, etc.) entre las extensas alas de la edificación; entre 1930 y 1940 también se construyeron edificaciones con irregularidades en planta que no son comunes en las escuelas más nuevas.

#### 6.1.8. Aspectos geométricos.

Se determinó que el 74 % de las escuelas de la población estudiada presentan irregularidades en planta o en altura y que por lo tanto, la geometría es una característica que debe ser considerada en su evaluación, para poder determinar si los aspectos geométricos favorecen o no el incremento de los esfuerzos de torsión y la concentración de fuerzas en las esquinas, y si dicha condición incide negativamente en el comportamiento de la edificación cuando ésta sea sometida a fuerzas sísmicas.

#### 6.1.9. Aspectos constructivos.

Este aspecto, al igual que los cambios de uso y golpeteo, se evaluó solamente en la muestra específica, permitiendo determinar que solo en el 19 % se identificaron problemas constructivos y algún grado de deterioro; sin embargo este no es un indicador del estado de deterioro del resto de la población estudiada, pues de acuerdo con las observaciones de las visitas preliminares, el deterioro de elementos arquitectónicos es una situación generalizada en las escuelas evaluadas, arrojando como resultados que un 60 % de las escuelas presenta deterioro en la mampostería, cielorrasos, culatas y antepechos y un 59 % en los pisos.

Se encontró que el estado de conservación observado se relaciona en muchos casos con la edad y el deterioro progresivo de las edificaciones por la ausencia de mantenimiento. En otros casos se relaciona directamente con el comportamiento de los suelos, y la falta de una adecuada cimentación, al causar hundimientos, agrietamientos y desniveles en los pisos y deterioro de los elementos arquitectónicos.

#### **6.1.10. Aspectos estructurales.**

La evaluación de la población estudiada, equivalente a 70 escuelas con 205 edificaciones, permitió determinar que las tipologías estructurales más comunes son los muros confinados y sin confinar, ya que se identificó que 73 edificaciones (36 %) son de muros sin confinar, 114 (56 %) de muros confinados y 18 (9 %) pórticos en concreto. Los problemas más comunes en las edificaciones de mampostería confinada son el fisuramiento y el deterioro de los muros, la falta de confinamiento de las culatas y los antepechos, la ausencia de juntas de construcción y la presencia de columna corta debido a que no existe separación entre los elementos de confinamiento vertical y las aberturas adyacentes.

Se determinó que los daños en la mampostería, de las edificaciones escolares evaluadas, están asociados a los aspectos estructurales y constructivos, las ampliaciones adosadas o en altura y la edad, pues, como se mencionó antes, la mayoría de las escuelas se construyeron antes de 1984, cuando entró en vigencia la primera Norma sismorresistente colombiana, cuyos requerimientos definían los conceptos básicos para garantizar que una estructura sea capaz de soportar las deformaciones generadas por fuerzas sísmicas sin poner en riesgo la vida de sus ocupantes. También se encontró que los daños en la mampostería pueden estar

asociados al comportamiento del terreno cuando la edificación no tiene una cimentación adecuada para el tipo de suelo donde se encuentra emplazada.

La evaluación hecha a los bloques con tipología estructural pórtico en concreto indica que la estructura de los pórticos evaluados no tienen problemas aparentes considerables y que cumplen con los requerimientos de la Norma NSR-98, aunque no fue posible obtener planos con los despieces de los elementos estructurales. Sin embargo, se detectó que los problemas en estas edificaciones se relacionan con el mal estado de sus elementos no estructurales, como muros, antepechos y culatas, que, en muchos casos, está determinado por la falta de confinamiento o por la insuficiente rigidez de la cimentación para absorber las deformaciones del terreno.

Del análisis de los aspectos estructurales en relación con los demás parámetros de evaluación se pudo concluir que la vulnerabilidad sísmica se puede definir a partir de las características constructivas originales de la edificación, integrándolas con los aspectos generados por el deterioro con el tiempo, la falta de mantenimiento y las modificaciones estructurales y arquitectónicas.

#### **6.1.11. Pérdidas económicas y de vidas humanas.**

Se determinó que, para un sismo de  $A_a=0.25g$ , las pérdidas económicas en la población estudiada, se encuentran alrededor de dos millones de dólares y se llegó a un estimativo de 1300 víctimas fatales y 7700 personas heridas.



## 6.2. CONCLUSIONES METODOLÓGICAS.

El desarrollo de un procedimiento de evaluación de la vulnerabilidad sísmica a gran escala, adecuado a las características particulares de las escuelas, permitió identificar condiciones que lo constituyen en un problema complejo. Por un lado, la existencia de varias edificaciones en un mismo establecimiento, con tipologías estructurales, aspectos constructivos y edades distintas, plantea la necesidad de formular evaluaciones distintas para cada tipología y por el otro, para obtener un estimativo total de la vulnerabilidad de la escuela, se hace necesario definir criterios para hacer una ponderación de lo que se observó en las diferentes edificaciones evaluadas. Uno de los criterios definidos en este estudio para hacer la ponderación, fue multiplicar la calificación de vulnerabilidad de cada edificación por su área en planta, en proporción con el área total construida de la escuela.

Por medio de la aplicación y validación de los dos procedimientos desarrollados se contribuyó a demostrar que, para evaluaciones cualitativas de la vulnerabilidad sísmica de un número considerable de edificaciones escolares, no se requieren ni se justifican refinamientos o análisis detallados.

A pesar de que se determinó que no se justifica un estudio cualitativo pormenorizado para una evaluación de escuelas públicas a gran escala, el procedimiento de evaluación detallado fue la herramienta que permitió la formulación de un procedimiento simplificado adecuado a las condiciones particulares de la población estudiada, por varias razones; la primera de ellas es que la información específica recopilada fue útil para caracterizar las edificaciones escolares objeto de estudio, otra es que hizo posible la identificación de los parámetros más incidentes en la vulnerabilidad sísmica y, para finalizar, permitió hacer una calibración de los porcentajes de incidencia asignados a cada parámetro, teniendo en cuenta las limitaciones y complejidades que se presentaron en su asignación.

El análisis integrado de los parámetros de evaluación sugiere que existe una correlación entre ellos que conlleva a que, al asignar una calificación a algún parámetro, haya una relativa influencia de otros aspectos y que ninguno pueda ser analizado de manera totalmente aislada. De ello podría deducirse que la evaluación de la vulnerabilidad requiere una integración, tanto metodológica como conceptual, de parámetros y que la condición global observada en una edificación, regulará el resultado final, aún cuando se planteen variaciones en los porcentajes de incidencia.

Se encontró que dicha correlación de parámetros de evaluación conduce a cierta uniformidad de las calificaciones asignadas a aspectos que tienen una incidencia importante en la vulnerabilidad sísmica, como es el caso de las condiciones de la estructura con el comportamiento de los suelos, el estado de deterioro (en relación con la edad) e incluso la cubierta, indicando posiblemente que la incidencia de estos parámetros tiende a ser similar, siempre y cuando se establezca una adecuada interrelación de los aspectos a evaluar.

### **6.3 RECOMENDACIONES.**

El aporte de este estudio a la caracterización del problema de la vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali se constituye en una herramienta para emprender la intervención de estos establecimientos, enfatizando en los aspectos identificados como los más vulnerables de sus edificaciones.

Además, los resultados obtenidos son un indicador de la urgencia con que se requiere ampliar este estudio a todas las escuelas de Cali y del Valle del Cauca, aplicando el procedimiento mejorado de evaluación simplificado propuesto Capítulo 5, ya que permitiría determinar de manera rápida y económica, cuáles escuelas priorizar para su posterior intervención y en qué aspectos enfocarse al intervenirlas.

Dado que el 56 % de los establecimientos educativos evaluados son altamente vulnerables, se recomienda que estos no sean destinados como albergues provisionales en caso de emergencia, ya que no garantizan la seguridad de las personas que se alojen en ellos.

También se considera necesario hacer, en la región, un amplio inventario de daños de edificaciones escolares en sismo previos, para facilitar el refinamiento del procedimiento simplificado desarrollado. Sin embargo, para calibrarlo un poco más con la realidad, se recomienda visitar las edificaciones estudiadas después de cada sismo que ocurra en la ciudad, por muy leve que sea, para observar la respuesta de estas a los movimientos sísmicos y evaluar de qué manera el grado de vulnerabilidad determinado de la estructura sufre modificaciones. Adicionalmente, ante la posible ocurrencia de otros fenómenos, como deslizamientos, hundimientos, fisuramiento, deterioro progresivo de las edificaciones, etc., es necesario implementar programas de capacitación a estudiantes, docentes, empleados y empleadas de los establecimientos, para que estén en capacidad de identificar a tiempo los problemas que puedan generarse y hacer el seguimiento de las condiciones físicas de estas edificaciones.

Tanto para las escuelas que se determinen como altamente vulnerables, como para aquellas que no lo sean, se sugiere el levantamiento de información estructural detallada y la recopilación de información sobre el número de edificaciones, edades, tipologías estructurales, modificaciones y ampliaciones, entre otros, de las escuelas del Valle del Cauca, que permitan desarrollar bases de datos útiles en la planificación de programas escolares de prevención y mitigación de desastres.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

**AGUERRONDO, I.** La Calidad de la Educación: Ejes para su definición y evaluación. Universidad del Valle. Cali, **1994**.

**AIJ, Architectural Institute of Japan.** Relación entre la Ingeniería Civil y la AIJ. **1998**. Tomado de la red mundial en el 2001. <http://www.aij.or.jp>.

**AIS, Asociación de Ingeniería Sísmica.** Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98. Colombia. **1997**.

**AIS, Asociación de Ingeniería Sísmica.** Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería. San Salvador: LA RED La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. **2001**.

**ARGUDO, J.; BRAVO, F. y YELA R.** Metodología para la Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas y Bibliotecas en Guayaquil. Ecuador. **1992**. Tomado de la red mundial en el 2001. <http://www.iacd.oas.org>.

**AUGUSTI, G.; BENEDETTI, D. y CORSANEGO, A.** Investigations on seismic vulnerability and seismic risk in Italy. Proceeding of the Fourth International Conference on Structural Safety and Reliability, ICOSAR-85. Vol. 2. Kobe. **1985**.

**AYCARDI, L.** Cálculo práctico de períodos naturales de vibración de edificios. Terceras Jornadas Estructurales de la Ingeniería en Colombia. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Bogotá. Octubre 25 – 27. **1979.**

**BERNARDINI, A.; GORI, R. y MODENA, C.** A knowledge based survey of masonry buildings for seismic vulnerability evaluations. Tieré à part des Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Volumen 6. **1992.**

**BOLT, B. A.** Earthquakes. University of California. Berkeley. **2000.**

**C.A.L.I. 19, Centro de Atención Local Integrada de la Comuna 19.** Perfil de la Comuna 19. Cali. **1995.**

**CAICEDO, C.; BARBAT, A.H.; CANAS, J.A. y AGUIAR, R.** Vulnerabilidad Sísmica de Edificios. Colección Monografías de Ingeniería Sísmica. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. España. **1994.**

**CAMARGO, M.; CASTAÑEDA, E. y PARRA, R.** Innovación escolar y cambio social: Proyecto Génesis. Fundación FES. Cali. **1997.**

**CAMPOS, A.** Mitigación del riesgo sísmico en Cali, Fase I: Vulnerabilidad de viviendas. OSSO para Programa UNDRO/ACDI/ONAD Mitigación de desastres en Colombia. OSSO, U. del Valle, Oficina de Publicaciones de Ingeniería. Cali. **1992.**

**CARDONA, O.D.** Metodologías para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centro Urbanos. Conferencia en el Seminario Colombo Alemán Ingeniería Sísmica, Dinámica Estructural y Hormigón Armado. Universidad del Valle. Cali. **1990.**

**CARDONA, O.D y HURTADO, J.E.** Propuesta Metodológica para los Análisis de Vulnerabilidad. Informe de Consultoría Proyecto UNDRO/ACDI/ONAD para la Mitigación de Riesgos en Colombia. Inédito. Cali. **1990.**

**CHAVARRIA, D. y GÓMEZ, D.** Estudio piloto de Vulnerabilidad Sísmica en viviendas de 1 y 2 pisos del Barrio Cuarto de Legua en el Cono Cañaveralejo. Cali. **2001.** Trabajo de grado Ingeniería Civil. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.

**COCHRAN, W. G.** Técnicas de Muestreo. Profesor de Estadística de la Universidad Harvard. Compañía Editorial Continental S.A. México. **1980.**

**CONSTRUWEB** Centro Comercial para la Construcción. Cartilla de Ingeniería Estructural. Metodologías para Estudios de Vulnerabilidad Sísmica Estructural de Edificaciones Existentes. Obtenido en la red mundial en el 2001. [http://www.constru.web.co / Guias / GuiaPCCA / GuiaIngenieriaEstructuMetVulnerab.htm](http://www.constru.web.co/Guias/GuiaPCCA/GuiaIngenieriaEstructuMetVulnerab.htm).

**DAGMA Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente.** Cali: La ciudad de los siete ríos. Cali. **1997.**

**Departamento Administrativo de Control Físico.** Estatuto de usos del suelo y normas urbanísticas para el municipio de Santiago de Cali, acuerdo 30, de diciembre 21 de 1993". Ediciones DAP. Cali. **1994.**

**DNPAD Dirección Nacional de Prevención y Atención de Desastres.** Evaluación Técnica de Infraestructura para el departamento del Valle del Cauca. Marzo de **1999.**



**EL PAÍS.** Periódico. Cali: varias fechas.

- a. En peligro, 45 escuelas de Cali. Septiembre 20. **2001.**
- b. Las escuelas no pasan el examen. Octubre 17. **2001.**

**Fondo de Solidaridad del Valle.** Estudios de amenazas y riesgos y la situación de los comités locales de emergencia en los municipios de Alcalá, Argelia, Bolívar, Caicedonia, La Victoria, Obando, Sevilla, Ulloa y el Corregimiento de Barragán-Tuluá en el Valle del Cauca. Proyecto de proinversión con recursos del FOREC, préstamo BIRF. Corporación OSSO y Fundación La Minga. Cali. **2001.**

**GARCÍA B., D. y ALFARO, A.** Estimación de Efectos Locales en el Campus de la Universidad Javeriana mediante Modelación Numérica. Instituto Geofísico Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá D.C.. **2002.**

**GARCÍA, L., SARRIÁ, A., ESPINOSA, A., BERNAL, C. y PUCCINI, M.** Estudio General de Riesgo Sísmico en Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá D.C.. **1984.**

**GARCÍA, L. E.** Dinámica Estructural Aplicada al Diseño Sísmico. Universidad de los Andes. Bogotá D.C.. **1998.**

**Gobernación del Valle del Cauca.** La Educación en el Valle del Cauca 1938 - 1939. Cali. **1939.**

**Gobernación del Valle del Cauca.** "El Valle del Cauca en Internet". 2001.  
<http://www.valledelcauca.org>.

**GÓMEZ R., S.E.** Edificios Escolares y Desastres Naturales: Estudio de Caso sobre México y la Zona Centroamericana. UNESCO, División de Políticas y Planificación de la Educación. París. **1987.**

**ICONTEC Instituto Colombiano de Normas Técnicas.** Tesis de Grado y otros trabajos. **2002.**

**JARAMILLO, J.D.** Programa para Cálculo de Pérdidas por Sismo (PERCAL versión 4.0). Departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT. Medellín. **1997.**

**JARAMILLO, J.D.** Percal, un modelo de vulnerabilidad urbana y escenarios de pérdidas - Caso Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal. Conferencia en el Seminario Taller sobre Vulnerabilidad Sísmica y Escenarios de Riesgo. CARDER. Pereira. **2001.**

**JARAMILLO M., P. A. y TRUJILLO B., R.** Propuesta Metodológica para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica de viviendas de uno y dos pisos construidas en mampostería confinada según los requisitos de la NSR-98, Capítulo E. Cali. **1999.** Trabajo de grado Ingeniería Civil. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.

**LA RED. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.** Guía metodológica para la gestión local de la mitigación y manejo de desastres en América Latina. Borrador de discusión. Cooperazione Italiana. **1995.**

**LÓPEZ y VÖCKLER.** Estudio de Niveles Potenciométricos de Cali. 1999.

**MEYER, H. y VELÁSQUEZ, A.** Ofertas y Amenazas Ambientales en Cali. Artículo publicado en Publicaciones Ocasionales del OSSO, No. 3. Universidad del Valle. Cali. **1994.**

**Ministerio de Educación Nacional.** Instituto Colombiano de Construcciones Escolares ICCE. Memorias 20 años 1969 - 1989. Bogotá D.C.. **1990.**

**Ministerio de Educación Nacional.** Directiva Ministerial No. 13. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá D.C.. **1992.**

**Ministerio del Interior.** Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá, D.C.. **1998.**

**MIRANDA, E.** Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Stanford. Velocidades y Aceleraciones Máximas en Edificios. Memorias del VII Seminario Internacional y Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Agosto 22, 23 y 24. Bogotá. **2001.**

**MIRANDA, E.** Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Stanford. Correo Electrónico. **2002.**

**MOLINA, F.H.** Diagnóstico socio – educativo de los centros docentes del Programa Gestión Educativa Local del Distrito de Aguablanca. Programa Gestión Educativa Local del Distrito de Aguablanca – Oficina de atención al limitado, Secretaría de Bienestar Social y gestión comunitaria de la Alcaldía de Cali. Cali **1996.**

**Municipio de Cali.** Plan para la Mitigación de Riesgos en Cali. OSSO, editor. Cali. Feriva Impresores. 106 p. **1996.**

**Municipio de Cali.** Movimiento telúrico del 18 de Octubre de 1992. Informe de visitas técnicas. Comité Local de Emergencias. Cali. **1992.**

**OSSO Observatorio Sismológico del Suroccidente.** Información Cartográfica Digital. Inédito. Cali. **2002.**



**OSSO Observatorio Sismológico del Suroccidente.** Estudio de amenazas para la Red Urbana de Gas Natural. Para Gases de Occidente. Cali. **1997.**

**OSSO Observatorio Sismológico del Suroccidente. a.** Modelo de pendientes para DAPM con base en curvas de nivel cortesía Catastro Municipal. Cali. **1995.**

-----**b.** El Riesgo Sísmico en la Planeación Urbana, Primera etapa. Convenio Municipio Santiago de Cali y Universidad del Valle. Cali. **1995.**

**Organización Panamericana de la Salud.** Mitigación de Desastres en las Instalaciones de Salud. Aspectos de Ingeniería Vol. 4. Organización Mundial de la Salud OMS. Washington D.C.. **1993.**

**PALOMINO, C.** Metodologías para Estudios de Vulnerabilidad Sísmica Estructural de Edificaciones Existentes. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. XIII Jornadas Estructurales de la Ingeniería de Colombia. Bogotá. Septiembre 30 y Octubre 1-2. **1999.**

**PERAFFÁN, A.** Geología para ingenieros. Departamento de Geotecnia de la Universidad del Cauca. Popayán. **1978.**

**PERALTA, H.** Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones de uno y dos pisos del Barrio San Antonio de Cali. Cali. **2002.** Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.

**ROSALES, C.** Comportamiento de los Suelos de Cañaverlejo. **2001.** Trabajo de grado de Ingeniería Civil. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.

**SÁNCHEZ, J. L.** Curso Intensivo de Muestreo en Poblaciones Finitas. Instituto Nacional de Estadística. Madrid. **1980.**

- SARRIA M., A.** Ingeniería Sísmica. Universidad de los Andes. ECOE ediciones. Bogotá D.C.. **1995.**
- SUÁREZ, L. y ARROYO M.** Profesor del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico e Ingeniera en entrenamiento. Estudio numérico de la influencia de la topografía irregular en la aceleración del suelo durante un terremoto. Memorias del VII Seminario Internacional y Primer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Agosto 22, 23 y 24. Bogotá D.C.. **2001.**
- UDSMA Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.** Recurso para reducir la vulnerabilidad a peligros naturales en el sector de la educación. Organización de Estados Americanos OEA. Washington, D.C.. Obtenido en la red mundial en enero de 2002. <http://www.oas.org/nhp>.
- UNDRO United Nations Disaster Relief Co-ordinator.** Natural disasters and vulnerability analysis. Report of expert group, **1979.**
- Universidad del Valle.** Evaluación de daños en edificaciones después del sismo del Eje Cafetero de 1999. Comisión científica de evaluación posterremoto. Departamento de Mecánica de Sólidos. Cali. **1999.**
- VÁSQUEZ, E.** Historia Económica y Social de Cali. Universidad del Valle. Cali. **1997.**
- VICKERY, D.J.** Edificios Escolares y Desastres Naturales. UNESCO. París. **1983.**
- VILLAFañE, G. y CORONADO C.** Cimentaciones en Suelos Expansivos: Práctica Local. VII Congreso Colombiano de Geotecnia. Sociedad Colombiana de Geotecnia. Universidad de los Andes. Bogotá D.C.. **2000.**

**WONG D., D.; SAMUDIO, R. y MORA, H.** Determinación de la Vulnerabilidad y Estimación de Daños ante los Desastres Naturales en los Centros Educativos en la República de Panamá. Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Proyectos. Panamá. **1997.**

**ZARKOVICH, S.S.** Los Métodos de Muestreo y los Censos. Subdirección de Metodología de la Dirección de Estadística. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Roma. **1967.**

## B. ANEXOS.





## ANEXO 1. LISTADO DE LAS ESCUELAS DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA.

Establecimiento	Dirección	Teléf.	Barrio	Comuna
C.D. Benjamín Herrera	Calle 26 # 12-34	440 1917	Benjamín Herrera	8
C.D. Bienestar Social	Carrera 47B # 45-74	337 7969	Mariano Ramos	16
C.D. Cacique de Guatavita	Calle 54 # 15A-20	443 4235	Chapinero	8
C.D. Célmo Rueda	Carrera 73 # 3-94	330 9595	Buenos Aires	16
C.D. Celmira Bueno de Orejuela	Calle 62B # 1A 9-250	447 0928	Chiminangos II	5
C.D. Ciudad Córdoba	Calle 50 # 49C-100	338 4701	Ciudad Córdoba	15
C.D. Croydon	Carrera 16 # 42-52	441 1102	Atanasio Girardot	8
C.D. Eduardo Riascos Grueso	Carrera 93 # 2A-00	333 1918	Jordán	18
C.D. Estado de Puerto Rico	Carrera 17 # 33D-01	441 6951	La Floresta	8
C.D. Evaristo García	Calle 32 # 17-41	441 5856	Saavedra Galindo	8
C.D. Fernando de Aragón	Carrera 17G Calle 33A	441 6465	Santa Mónica	9
C.D. Fernando Velasco	Calle 23 # 44A-16	335 0110	San Judas	10
C.D. Francisco José de Caldas	Carrera 4A Oeste # 12A-59	893 1801	Bella Vista	19
C.D. Francisco Montes Idrobo	Calle 12 # 46-40	683 1742	Departamental	10
C.D. Gabriel Montaña T.	Calle 39 Carrera 11C y 11D	441 5263	El Troncal	8
C.D. General Santander	Calle 5 # 70-160	391 1481	Buenos Aires	18
C.D. Jhon F. Kennedy	Carrera 68 # 3-83	339 0161	Caldas	18
C.D. José María Vivas Balcazar	Carrera 36 # 26B-28	334 4663	Jardín	11
C.D. José Ramón Bejarano	Carrera 32A # 49-00	436 4394	Laureano Gómez	15
C.D. Juan XXIII	Carrera 28C # 50-16	445 2548	Sindical	12
C.D. La Anunciación	Carrera 26A # 74-00	403 7743	Allirio Mora Beltrán	14
C.D. Las Américas	Calle 82 # 3AN-00	440 8876	Floralia	6
C.D. León XIII	Calle 35 Carrera 29B	335 8544	León XIII	11
C.D. Luis Carlos Rojas Garcés	Carrera 56 # 13F-40	331 8530	Primero de Mayo	17
C.D. Mario Lloreda	Carrera 1D # 51-16	439 4705	El Sena	5
C.D. Once de Noviembre	Carrera 11D # 52-09	441 5958	Villacolombia	8
C.D. Panamericana	Carrera 48 # 12A-48	334 8024	Panamericano	10
C.D. Purificación Trujillo	Carrera 7JBis Calle 73	662 9967	Alfonso López	7
C.D. Rafael Zamorano	Carrera 1A # 45AN-55	446 6532	Guillermo Valencia	4
C.D. República de Francia	Calle 62Norte # 2 BN-00	665 1433	Los Álamos	2
C.D. República del Brasil	Calle 43N # 7N-03	664 6107	La Campiña	2
C.D. Rufino José Cuervo	Calle 4 # 92-04	332 5710	Melendez	18
C.D. San Roque	Carrera 32 # 15A-59	335 1810	Cristóbal Colón	10
C.D. Santa Elena	Calle 23 # 32A-79	334 7584	Santa Elena	10
C.D. Santo Domingo	Carrera 47 Calle 13C	334 6130	La Selva	10
C.D. Simón Bolívar	Calle 1A Oeste # 42A-94	552 1244	Siloé	20
Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuervo	Carrera 36 # 12C-00	335 1889	Olimpico	10
Esc. Camilo Torres	Carrera 24 # 10A-98	682 7149	Colegios	19
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	Carrera 5 # 2-69	893 6880	San Antonio	3
Esc. Ciudad de Cali	Calle 46 # 28F-31	441 6028	12 de Octubre	12
Esc. Club Noel	Calle 3A # 22-95	558 6557	Libertadores	3
Esc. Cristina Serrano de Lourido	Carrera 5N Calle 34	448 7516	Berlín	2
Esc. Esther Zorrilla	Calle 59 Carrera 24	443 8583	Nueva Floresta	12
Esc. Eustaquio Palacios	Carrera 17 # 3A-55	556 1100	Libertadores	3
Esc. Fenalco Asturias	Calle 44 # 25A-12	445 2930	Fenalco Kenedy	12
Esc. Francisco de Paula Santander	Carrera 26H # 50-53	428 0430	Nueva Floresta	12
Esc. Fray José Ignacio Ortiz	Carrera 26N # 52-58	444 5597	Nueva Floresta	12
Esc. General Anzoategui	Calle 1A # 43-68	552 4494	El Lido	19
Esc. General Carlos Albán	Calle 18A # 24-65	335 9253	Santa Elena	10
Esc. Hernando Caicedo	Diag 27A Transv 29 # 29-12	444 5988	Villanueva	12
Esc. Honorio Villegas	Carrera 35A # 13A-20	337 4623	El Dorado	10
Esc. Isalás Gamboa	Avenida 4Oeste # 1-12	882 9377	Terrón Colorado	1
Esc. José María Villegas	Carrera 7D Calle 82	656 2150	Alfonso López	7
Esc. Juan de Ampudia	Carrera 12 # 57-13	441 1750	La Base	8
Esc. Juan Pablo II Napoles	Calle 1A # 78-23	323 5783	Prados del Sur	18
Esc. Juana de Caicedo y Cuervo	Calle 1Oeste # 50-85	551 2344	Belsario Caicedo	20
Esc. La Gran Colombia	Carrera 24 # 7-74	558 0066	El Cedro	19
Esc. La Presentación	Carrera 30 Diag # 29-06	558 3141	Tres de Julio	19
Esc. Luis Carlos Peña	Calle 7 # 14-36	883 4918	San Bosco	3
Esc. María Perla	Calle 5A Oeste # 18-02	557 2602	Casas Blancas	3
Esc. Normal Superior Señoritas de Cali	Carrera 22 # 2-65 Oeste	556 1225	Libertadores	3
Esc. Olga Lucía Lloreda	Carrera 23 A # 13B-11	557 4175	Junín	9
Esc. Portete de Tarqui	Calle 1A Oeste Carrera 73	323 1730	Lourdes	18
Esc. Rafael Uribe Uribe	Carrera 12 # 38-64	441 1791	Las Américas	8
Esc. República del Ecuador	Calle 16 # 18A-54	885 8661	Guayaquil	9
Esc. República del Perú	Calle 9E # 23-02	557 4790	Bretaña	9
Esc. San Pedro Alejandrino	Carrera 4E # 46-04	446 2657	Salomía	4
Esc. San Pedro Codena	Carrera 31 # 31D-10	326 5413	San Pedro Claver	11
Esc. Sebastián de Belalcázar	Calle 17 # 14-57	883 5409	Sucre	9
Esc. Veinticinco de Julio	Calle 6A # 59 A-51	552 6407	Joaquín Borrero	19

## ANEXO 2. LISTADO DE LAS ESCUELAS PÚBLICAS DE CALI EN MAYOR RIESGO DE ACUERDO AL REPORTE DE LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN MUNICIPAL.

No.	Establecimiento	Dirección	Teléfono	Barrio
1	C.D. Abraham Domínguez	Carrera 14 # 57-19	448 9868	El Trébol
2	C.D. Alfonso Bonilla Naar	Calle 56 # 33-11	402 5638	Comuneros I
3	C.D. Ana María Vernaza	Calle 72B # 8B-32	662 9959	Siete de Agosto
4	C.D. Cacique de Guatavita	Calle 54 # 15A-20	443 4235	Chapinero
5	C.D. Camilo Torres	Carrera 9 # 56BN-57	446 7856	Camilo Torres
6	C.D. Celmira Bueno de Orejuela	Calle 62B # 1A 9-250	447 0928	Chiminangos II
7	C.D. José María Vivas Balcazar	Carrera 36 # 26B-28	334 4663	Jardín
8	C.D. José Ramón Bejarano	Carrera 32 A # 49-00	436 4394	Laureano Gómez
9	C.D. Juan del Corral	Vereda El Estero	-	El Estero
10	C.D. Julio Caicedo y Téllez	Calle 59 # 24B-40	438 0308	Nueva Floresta
11	C.D. La Inmaculada Concepción	Calle 73A # 1A-14-21	432 9054	Petecuy II
12	C.D. León XIII	Calle 35 Carrera 29B	335 8544	Leon XIII
13	C.D. Los Pinos	Calle 69A 7M Bis -00	656 0607	Los Pinos
14	C.D. Niño Jesús de Praga	Carrera 28C # 44-90	445 4201	Sindical
15	C.D. Omaira Sánchez	Transversal 72W # 72	-	Rodrigo Lara Bonilla
16	C.D. Purificación Trujillo	Carrera 7J BIS Calle 73	662 9967	Alfonso López
17	C.D. Rafael Zamorano	Carrera 1A # 45AN-55	446 6532	Guillermo Valencia
18	C.D. Rufino José Cuervo	Calle 4 # 92-04	332 5710	Melendez
19	C.D. San Juan B. De la Salle	Calle 74 # 9-19	441 1980	Andrés Sanín
20	C.D. Santa Rosa	Calle 72X # 28-35	437 6659	Poblado II
21	C.D. Veintiuno de Septiembre	Carrera 8N # 43N-03	441 6463	La Isla
22	Ciudad Modelo	-	-	-
23	Esc. Diez de Mayo	Carrera 25A# 26A-13	337 3492	Aguablanca
24	Esc. Enrique Olaya Herrera	Calle 71 # 25A-15	663 3288	Ulpiano Lloreda
25	Esc. Eustaquio Palacios	Carrera 17 # 3A-55	556 1100	Libertadores
26	Esc. Juan de Ampudia	Carrera 12 # 57-13	445 1750	La Base
27	Esc. La Gran Colombia	Carrera 24 # 7-74	558 0066	El Cedro
28	Esc. Marice Sinisterra	Calle 30Bis Oeste # 4A-00	882 9009	Terrón Colorado
29	Esc. Mariscal Jorge Robledo	Carrera 49 # 9-02	552 5917	Alberto Lleras
30	Esc. República de Italia	Carrera 24B Calle 26B		Aguablanca
31	Esc. Salvador Iglesias	Calle 2A # 22-70	556 0120	Libertadores
32	Esc. San Pedro Alejandrino	Carrera 4E # 46-04	446 2657	Salomia
33	Nuestra Señora de las Lajas	-	-	-



### ANEXO 3. INFORMACIÓN RECOLECTADA EN LAS VISITAS PRELIMINARES.

Establecimiento	Bloques						Pisos			Año construcción			Estructura			Cubierta			
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	Año	< 1984	1984-1998	> 1998	PC	MC	MSC	T1	T2	T3
	C.D. Benjamín Herrera	X						X			1932	X					X	X	
C.D. Bienestar Social					X		X			1970	X					X	X		
C.D. Cacique Guatavita		X					X			1960	X				X				
C.D. Célmo Rueda				X			X			1967	X				X			X	
C.D. Celmira Bueno de Orejuela					X			X		1982	X				X	X	X		X
C.D. Ciudad Córdoba			X					X		1984	X			X	X			X	
C.D. Croydon	X						X			1967	X			X	X			X	
C.D. Eduardo Riascos Grueso			X					X		1962	X			X			X	X	
C.D. Estado de Puerto Rico				X			X			1902	X			X	X	X		X	
C.D. Evaristo García			X							1938	X			X	X			X	
C.D. Fernando de Aragón		X						X		1962	X				X		X	X	
C.D. Fernando Velasco			X				X			1972	X			X			X		
C.D. Francisco José de Caldas	X							X		1960	X			X		X	X		
C.D. Francisco Montes Idrobo				X			X			1969	X				X			X	
C.D. Gabriel Montaña					X		X			1972	X			X	X		X		
C.D. General Santander					X					1945	X				X	X	X	X	
C.D. John F. Kennedy			X					X		1962	X			X	X		X		
C.D. José María Vivas Balcazar			X					X		1972	X			X	X				
C.D. José Ramón Bejarano			X					X		1985		X		X	X				X
C.D. Juan XXIII	X						X			1952	X				X		X	X	
C.D. La Anunciación			X					X		1982	X			X	X				X
C.D. Las Américas			X					X		1984		X		X	X				X
C.D. Leon XIII				X			X			1977	X			X			X	X	
C.D. Luis Carlos Rojas Garcés					X		X			1991		X		X	X			X	
C.D. Mario Lloreda			X				X			1962	X				X	X		X	
C.D. Once de Noviembre	X						X			1952	X				X		X		
C.D. Panamericana			X				X			1964	X			X	X		X	X	
C.D. Purificación Trujillo			X					X		-	X			X	X			X	
C.D. Rafael Zamorano							X			1960	X				X		X		
C.D. República de Brasil			X				X			1950	X				X	X	X		X
C.D. Rufino José Cuervo					X		X			1962	X				X	X		X	
C.D. San Roque			X				X			1962	X				X			X	
C.D. Santa Elena		X					X			1901	X				X			X	
C.D. Santo Domingo			X				X			1969	X				X		X		X
C.D. Simón Bolívar		X					X			1940	X				X		X		
Esc. Anexo Joaquín Caicedo y Cuero				X			X			1952	X				X	X		X	
Esc. Camilo Torres		X					X			1962	X				X			X	
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés		X						X		1953	X			X	X			X	
Esc. Ciudad de Cali				X			X			1972	X			X		X		X	
Esc. Club Noel			X				X			1962	X				X		X		
Esc. Cristina Serrano de Lourido	X						X			1968					X	X	X	X	
Esc. Esther Zorrilla		X					X			1961	X				X			X	
Esc. Eustaquio Palacios	X							X		1943	X				X			X	
Esc. Fenalco Asturias			X				X			1972	X				X			X	
Esc. Francisco de Paula Santander				X			X			1952	X				X		X	X	
Esc. Fray José Ignacio Ortiz			X				X			1963	X			X	X		X	X	
Esc. General Anzoátegui			X				X			1953	X				X		X		X
Esc. General Carlos Alban					X		X			-					X		X		
Esc. Hernando Caicedo	X						X			1921	X				X	X		X	
Esc. Honorio Villegas			X				X			-	X				X	X		X	
Esc. Isaias Gamboa			X				X			1987		X			X	X			X
Esc. José María Villegas			X				X			1965	X				X			X	
Esc. Juan de Ampudia				X					X	1975	X			X	X		X	X	
Esc. Juan Pablo II Nápoles				X			X			1978		X		X		X			X
Esc. Juana de Caicedo y Cuero				X						-	X				X		X	X	
Esc. La Gran Colombia			X				X			1930	X				X				X
Esc. La Presentación	X						X			1942	X				X		X	X	
Esc. Luis Carlos Peña	X						X			1952	X				X			X	
Esc. María Perlaza	X							X		1937	X				X			X	
Esc. Normal Superior Señoritas de Cali				X			X			1960	X				X			X	
Esc. Olga Lucía Lloreda	X									-				X		X		X	
Esc. Piloto Portete de Tarqui			X					X		1962	X				X			X	
Esc. Rafael Uribe Uribe	X							X		1970	X				X	X		X	
Esc. República de Francia				X						1942	X				X		X	X	
Esc. República del Ecuador	X						X			1930	X				X		X		
Esc. República del Perú	X						X			-					X	X		X	
Esc. San Pedro Alejandrino		X					X			1972	X				X	X	X	X	
Esc. San Pedro Codenal			X				X			1968	X				X		X		
Esc. Sebastián de Belalcázar	X						X			-		X			X	X			X
Esc. Veinticinco de Julio		X					X			-					X				

ANEXO 3. INFORMACIÓN RECOLECTADA EN LAS VISITAS PRELIMINARES.

Establecimiento	Posibles fallas en									Suelos		
	P C	Losa	Cub	Piso	Ciment	Mamp	Esc	Muro cont	Arq	Asent	Grietas	Desliz
C D Benjamín Herrera				X		X			X			
C D Bienestar Social				X		X						
C D Cacique Guatavita				X							X	
C D Célmo Rueda						X				X	X	
C D Celmira Bueno de Orejuela				X		X		X	X	X	X	
C D Ciudad Córdoba				X		X		X	X	X	X	
C D Croydon				X		X		X	X	X	X	
C D Eduardo Riascos Grueso		X				X	X	X	X	X	X	
C D Estado de Puerto Rico				X		X		X	X		X	
C D Evaristo García				X		X		X	X		X	
C D Fernando de Aragón				X	X	X		X	X			
C D Fernando Velasco					X	X		X	X			
C D Francisco José de Caldas				X		X		X	X			
C D Francisco Montes Idrobo												X
C D Gabriel Montaña				X		X		X	X		X	
C D General Santander				X				X	X	X	X	
C D John F. Kennedy				X				X	X			
C D José María Vivas Balcazar												
C D José Ramón Bejarano				X		X						
C D Juan XXIII						X		X	X			
C D La Anunciación		X		X		X		X	X	X		
C D Las Américas	X			X		X		X	X	X		
C D Leon XIII	X			X				X	X	X		
C D Luis Carlos Rojas Garcés				X								
C D Mario Lloreda		X		X	X	X	X	X	X	X		
C D Once de Noviembre				X			X		X	X	X	
C D Panamericana		X		X		X		X	X	X		
C D Purificación Trujillo						X			X	X		
C D Rafael Zamorano						X						
C D República de Brasil				X		X		X	X			
C D Rufino José Cuervo				X								
C D San Roque			X	X		X			X	X		
C D Santa Elena						X		X	X	X	X	
C D Santo Domingo												
C D Simón Bolívar							X	X	X	X	X	
Esc Anexo Joaquín Caicedo y Cuero	X			X		X		X	X	X	X	
Esc Camilo Torres				X		X		X	X	X	X	
Esc Carlos Alberto Sardi Garcés				X								
Esc Ciudad de Cali						X		X	X	X		
Esc Club Noel						X		X	X	X		
Esc Cristina Serrano de Lourido				X		X		X	X	X	X	
Esc Esther Zorrilla												
Esc Eustaquio Palacios				X	X				X	X	X	
Esc Fenalco Asturias												
Esc Francisco de Paula Santander						X		X	X	X	X	
Esc Fray José Ignacio Ortiz						X		X	X	X	X	
Esc General Anzoátegui	X			X		X	X	X	X	X	X	
Esc General Carlos Alban			X			X		X	X	X	X	
Esc Hernando Caicedo						X		X	X	X	X	
Esc Honorio Villegas							X		X	X	X	X
Esc Isaias Gamboa				X		X		X	X	X	X	
Esc José María Villegas				X		X		X	X	X	X	
Esc Juan de Ampudia						X						
Esc Juan Pablo II Nápoles				X								
Esc Juana de Caicedo y Cuero	X			X		X					X	
Esc La Gran Colombia			X			X		X	X	X	X	
Esc La Presentación				X		X					X	
Esc Luis Carlos Peña				X					X	X	X	
Esc María Perla						X	X	X	X	X	X	
Esc Normal Superior Señoritas de Cali		X		X		X		X	X	X	X	
Esc Olga Lucía Lloreda				X		X		X	X	X	X	
Esc Piloto Portete de Tarqui				X		X		X	X	X	X	
Esc Rafael Uribe Uribe				X		X			X	X	X	
Esc República de Francia												
Esc República del Ecuador						X		X	X	X	X	
Esc República del Perú									X	X	X	
Esc San Pedro Alejandrino									X	X	X	
Esc San Pedro Codenal						X		X	X	X	X	
Esc Sebastián de Belalcázar			X	X		X		X	X	X	X	
Esc Veinticinco de Julio				X		X		X	X	X	X	







## ANEXO 4. FORMULARIOS DE EVALUACIÓN DETALLADA.

Evaluación detallada de la muestra específica de escuelas públicas de Cali.

### FORMULARIO 1. Generalidades de la escuela.

#### I. DATOS GENERALES.

Escuela: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_ Barrio: \_\_\_\_\_  
Comuna: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
No. estudiantes: \_\_\_\_\_ No. Edificaciones: \_\_\_\_\_

#### II. ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN.



#### III. ENTORNO Y UBICACIÓN.

1. ¿Qué topografía presenta la zona donde está ubicada la edificación?
  - a. Plana o con pendientes menores a 20°.
  - b. Pendientes de 20 a 30° de inclinación.
  - c. Pendientes de inclinación superiores a 30°.
- 1.1 ¿Si la pendiente es mayor a 30°, qué condición se presenta?
  - a. Está ubicada en una terraza adecuada con taludes estabilizados.
  - b. Los taludes no han sido estabilizados.
2. ¿Se encuentra en cercanías de un río?
  - a. No.
  - b. Si.
3. ¿Qué situación se presenta en las zonas aledañas a la escuela?
  - a. No se evidencian árboles o postes inclinados ni andenes desnivelados.
  - b. Se pueden presentar algunos desniveles y/o fisuras en el pavimento.
  - c. Hundimientos considerables en las zonas vecinas, desniveles en la mayoría andenes y agrietamientos y fallas importantes en los pavimentos.
4. ¿En qué situación se encuentran las viviendas aledañas a la escuela?
  - a. No presentan fisuras.
  - b. En zonas localizadas, cerca de árboles grandes, presentan fisuramientos.
  - c. La mayoría de las viviendas se encuentran agrietadas por asentamientos diferenciales o problemas constructivos.

#### ANEXO 4. FORMULARIOS DE EVALUACIÓN DETALLADA.

#### FORMULARIO 1. Generalidades de la escuela (Continuación).

5. ¿Qué tipo de estructura presentan las viviendas aledañas?

- a. Muros confinados.
- b. Muros confinados y muros sin confinar.
- c. Muros sin confinar.

6. ¿Si el cerramiento de la escuela tiene muros parcial o totalmente, en qué estado se encuentran?

- a. En buen estado.
- b. Presentan algunas fisuras.
- c. Presentan inclinaciones o grietas que pueden representar un riesgo.

#### IV. SUELOS.

7. ¿Cuál es el perfil de suelo de la zona?\*

- a. S1.      b. S2.
- c. S3.      d. S4.

8. ¿Se evidencian fallas de elementos estructurales y no estructurales debidas a asentamientos diferenciales?

- a. No.
- b. Si, se evidencian fallas en menos del 20 % de los muros.
- c. Si, se evidencian fallas en más del 20 % de los muros.

#### IV. SEGURIDAD Y ZONAS DE EVACUACIÓN

9. ¿Existen elementos como lámparas, bafles o materas que puedan caer en una zona transitable?

- a. No.      b. Si.

10. ¿Si hay edificaciones que tengan más de un piso y si tienen barandas metálicas o antepechos en los corredores de los pisos superiores, estos se encuentran bien anclados?

- a. Si.      b.No.

11. ¿Los salones que se encuentran en malas condiciones han sido evacuados?

- a. Si.      b.No.

12. ¿Existe facilidad en evacuar de las aulas hacia zonas libres con rapidez?

- a. Si.      b.No.

13. ¿Se practican con frecuencia simulacros de evacuación en caso de emergencia?

- a. Si se hacen con frecuencia.
- b. No se hacen con frecuencia.
- c. Nunca se hacen.

ANEXO 4. FORMULARIOS DE EVALUACIÓN DETALLADA.

FORMULARIO 2 . Generalidades de cada edificación de la escuela.  
Edificación No. \_\_\_\_\_

I. DATOS GENERALES.

1. Número máximo de pisos:

- a. Uno.      b. Dos.      c. Tres o cuatro.

2. Año de construcción: \_\_\_\_\_

- a. Después de 1998.  
b. Entre 1984 y 1998.  
c. Antes de 1984.

3. Sistema estructural:

- a. Pórtico en concreto reforzado (Ir a formulario 3).  
b. Muros confinados (Ir a formulario 4).  
c. Muros sin confinar.

II. CAMBIO DE USO Y AMPLIACIONES.

4. ¿Se ha cambiado el uso de la edificación?

- a. Sí, reduciendo las cargas vivas actuantes.  
b. No.  
c. Sí, incrementando las cargas vivas actuantes.

5. ¿Se le han hecho remodelaciones a la edificación?

- a. Sí.      b. No.

5.1. ¿En qué consistieron las remodelaciones hechas?

- a. Actualización a la norma sismorresistente.  
b. Ampliación adosada o en planta.  
c. Ampliación en altura.

5.1.1 Si la remodelación es en planta:

- a. Se separó con junta apropiada.  
b. No se separó con junta apropiada.

5.1.2 Si la remodelación es en altura:

- a. Se hicieron las adecuaciones estructurales necesarias.  
b. No se hicieron las adecuaciones estructurales requeridas.

III. GOLPETEO.

6. ¿Qué situación presenta la edificación, de acuerdo a su ubicación dentro de la escuela?

- a. No tiene problemas de colindancia.  
b. Es un Edificación de esquina.  
c. Es un Edificación intermedio.

6.1. ¿Si la respuesta a la pregunta anterior es (b) ó (c), cuál de los siguientes casos se presenta?

- a. Las alturas libres de los pisos coinciden.  
b. Las alturas libres de los pisos no coinciden.



ANEXO 4. FORMULARIOS DE EVALUACIÓN DETALLADA

FORMULARIO 2 . Generalidades de cada edificación de la escuela (Continuación).

IV. CUBIERTA.

7. ¿De qué material es la cubierta?

- a. Teja de asbesto – cemento o zinc.
- b. Teja de barro.
- c. Sistema residencial (Asbesto cemento más barro).

8. ¿Cuál es la estructura de cubierta?

- a. Cercha metálica.
- b. Cercha de madera.

9. ¿Sobre qué se encuentra apoyada la estructura de la cubierta?

- a. Sobre vigas de corona.
- b. Sobre los muros confinados.
- c. Sobre muros sin confinar.

9.1. ¿Si hay columnas o apoyos de la cubierta en los corredores, de qué material son?

- a. De concreto reforzado o perfiles metálicos.
- b. De concreto no reforzado.
- c. De madera colocadas sobre bloques de concreto o Machones.

10. ¿Se presentan corrosión en los anclajes o amarres de la cubierta?

- a. No.
- b. Si.

V. ASPECTOS GEOMÉTRICOS.

11. ¿Qué irregularidades presenta en planta?

- a. Ninguna. Tiene forma geométrica regular.

- b. Retrocesos en las esquinas, irregularidades del diafragma o sistemas no paralelos ( $\phi_p=0.9$ ).
- c. Desplazamiento de los planos de acción ( $\phi_p=0.8$ ).

11.1. ¿Es simétrico?

- a. Si.
- b.No.

11.2. ¿Qué relación existe entre las dimensiones en planta?

- a. Largo menor que tres veces el ancho.
- b. Largo mayor que tres veces el ancho.

12. Irregularidad en altura: ¿Hay continuidad en los muros verticalmente?

- a. Si, todos los muros son continuos.
- b. No, algunos de los muros presentan discontinuidades.
- c. No, la mayoría de los muros presentan discontinuidades.

13. ¿Qué proporción de muros estructurales existen en las dos direcciones principales de la edificación?

- a. Existen muros estructurales en las dos direcciones principales y estos son confinados.
- b. La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección aunque existen varios en la otra dirección.
- c. Más del 70% de los muros está en una sola dirección.

## FORMULARIO 2. Generalidades de cada edificación de la escuela (Continuación).

13.1 Medir área en planta ( $A_p$ ), espesor ( $t$ ) y longitud de muros en ambos sentidos ( $L$ ). ¿Se cumple que la longitud de muros en cada dirección sea  $L \geq (MoxAp)/t$ ?

- Si, la longitud de muros en ambos sentidos es al menos igual a la calculada con la ecuación.
- No, la longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior a la calculada con la ecuación.
- No, la longitud de muros en cualquier dirección es mucho menor que la calculada con la ecuación.

## VI. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y GRADO DE DETERIORO.

¿Qué grado de deterioro presentan los siguientes elementos?

14. La superficie de las paredes:

- Ningún grado de deterioro.
- Algún grado. Se presentan algunas humedades.
- Alto grado. Se presentan humedades en todas las paredes.

15. Los cielorrasos:

- Ningún grado de deterioro.
- Algún grado. Se presentan algunas humedades y/o desprendimientos.
- Alto grado. Se presentan muchas humedades y desprendimientos.

16. Los pisos:

- Ningún grado de deterioro.
- Algún grado. Se presentan algunas fisuras y pequeños desniveles.
- Alto grado. Se presentan grietas y hundimientos considerables.

17. Las canales:

- Ninguno.
- Algún grado.
- Alto grado.

18. ¿Qué se observa en las juntas de pega?

- Los espesores de pega son uniformes y las juntas son de buena calidad tanto vertical como horizontalmente.
- Los espesores de pega no son uniformes. No existen juntas verticales o son de mala calidad.
- Poca regularidad en la alineación de las piezas. No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.

18.1. ¿Qué aspecto tiene el mortero de pega?

- Se ve de buena calidad y presenta buena adherencia con el ladrillo.
- Se ve de muy mala calidad o no presenta buena adherencia con el ladrillo.

18.2. ¿El mortero presenta resistencia al punzonamiento?

- Si, no se deja rayar ni se desmorona.
- No, se deja rayar y/o se desmorona.

19. ¿En qué estado se encuentran los ladrillos?

- No están fisurados, quebrados ni despegados.
- Están fisurados, quebrados y/o despegados.

20. ¿Cómo están dispuestos y colocados los ladrillos en el muro?

- Todos están trabados entre sí y colocados continua y uniformemente hilada tras hilada.
- La mayoría de los ladrillos están trabados y colocados continuamente hilada tras hilada.
- La mayoría de los ladrillos no están trabados ni colocados continuamente hilada tras hilada.

## FORMULARIO 3. Pórtico en concreto.

Edificación No. \_\_\_\_\_

## I. ESTRUCTURA.

1. ¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?

- a. Total en vigas y columnas.
- b. No hay continuidad en alguno de estos elementos.

2. ¿Hay cambio de sección a lo largo de las columnas?

- a. No hay cambio.
- b. Hay cambio de sección de un piso a otro.

3. ¿Qué aspecto tiene el concreto de vigas, columnas y losa?

- a. Buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.
- b. Tiene mal aspecto, con hormigueros y/o el acero está expuesto.

3.1. ¿Se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto?

- a. No.
- b. Si.

3.2. ¿Por qué razón se encuentra expuesto el acero?

- a. Por deterioro excesivo del concreto.
- b. Por destrucción voluntaria con el objetivo de hacer modificaciones.

¿Qué condiciones presentan los elementos estructurales?

4. Las vigas

- a. No tienen problemas aparentes.
- b. Se presentan: deflexiones \_\_\_\_\_ fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_.

5. Las columnas

a. No tienen problemas aparentes.

b. Se presentan: particiones \_\_\_\_\_ pandeo \_\_\_\_\_ humedades \_\_\_\_\_.

c. Se presentan fisuras o grietas en la parte superior o inferior de las columnas.

6. La losa

a. No presenta problemas aparentes.

b. Presenta: deflexiones \_\_\_\_\_ fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_ filtraciones \_\_\_\_\_.

7. ¿Cuáles son las dimensiones predominantes (&gt; 80 %) de las columnas?

- a. Superiores a 30x30cm.
- b. Iguales a 30x30cm.
- c. Inferiores a 30x30cm.

8. ¿Qué proporción guardan las dimensiones de las vigas con respecto a las dimensiones de las columnas?

- a. La excentricidad respecto a la columna que le da apoyo es menor que el 25% del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga.
- b. La excentricidad respecto a la columna que le da apoyo es mayor que el 25% del ancho del apoyo, medido en la dirección perpendicular a la dirección del eje longitudinal de la viga.



FORMULARIO 3. Pórtico en concreto (Continuación).

II. MUROS Y ANTEPECHOS.

9. ¿Los muros se encuentran confinados con columnetas y viguetas de amarre?

- a. Si, todos.
- b. No, algunos no tienen confinamiento.
- c. No, la mayoría o ninguno tiene confinamiento.

9.1. ¿Existe buen contacto entre los muros y los elementos de confinamiento?

- a. Si.
- b. No.

9.2. ¿Cuál es el espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical?

- a. Menor o igual a la altura entre pisos.
- b. Mayor a la altura entre pisos.

9.3. ¿Se evidencia pandeo en las columnetas?

- a. No.
- b. Si.

9.4. ¿Se evidencian deflexiones en las viguetas?

- a. No.
- b. Si.

9.5. ¿Cuál es el área transversal de columnetas y viguetas?

- a. Mayor o igual a  $400\text{cm}^2$ .
- b. Menor a  $400\text{cm}^2$ .

10. ¿Se presentan columnas cortas en alguna zona de la edificación?

- a. No.
- b. Si.

11. ¿En qué estado se encuentran los muros?

a. En buen estado. No presentan fisuras ni pandeos.

b. En mal estado. Se presentan: fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_  
particiones \_\_\_\_\_ pandeo \_\_\_\_\_ humedades \_\_\_\_\_.

12. ¿Tienen confinamiento los antepechos?

- a. Si.
- b. No.

12.1. ¿Si no tienen confinamiento en qué piso se encuentran?

- a. Primer piso.
- b. Después del primer piso.

13. ¿En qué estado se encuentran los antepechos?

a. En buen estado, no presentan fisuras.

b. En mal estado. Se presentan: fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_  
particiones \_\_\_\_\_ humedades \_\_\_\_\_.

14. ¿Tienen confinamiento las culatas?

- a. Si.
- b. No.

15. ¿Qué porcentaje de área total del muro tienen las aberturas y vanos?

- a. Menor al 35 %.
- b. Mayor o igual al 35 %.

15.1. ¿Cómo es la longitud total de las aberturas con respecto a la longitud del muro?

- a. Menor que la mitad de la longitud total del muro.
- b. Mayor o igual a la mitad de la longitud total del muro.

15.2. ¿Qué distancia existe desde el borde del muro hasta la abertura adyacente?

- a. Mayor o igual a 50cm.
- b. Menor a 50cm.

**FORMULARIO 4 . Muros confinados.**

Edificación No. \_\_\_\_\_

1. ¿Los muros se encuentran confinados con columnetas y viguetas de amarre?

- a. Si, todos.  
b. No, algunos no tienen confinamiento.  
c. No, la mayoría o ninguno tiene confinamiento.

1.1. ¿Existe buen contacto entre los muros y los elementos de confinamiento?

- a. Si. b. No.

1.2. ¿Cuál es el espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical?

- a. Menor o igual a la altura entre pisos.  
b. Mayor a la altura entre pisos.

1.3. ¿Se evidencia pandeo en las columnetas?

- a. No. b. Si.

1.4. ¿Se evidencian deflexiones en las viguetas?

- a. No. b. Si.

1.5. ¿Cuál es el área transversal de columnetas y viguetas?

- a. Mayor o igual a  $400\text{cm}^2$ . b. Menor a  $400\text{cm}^2$ .

2. ¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?

- a. Total en viguetas y columnetas.  
b. No hay continuidad en alguno de estos elementos.

3. ¿Qué aspecto tiene el concreto de viguetas y columnetas?

- a. Buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.  
b. Tiene mal aspecto, con hormigueros y/o el acero está expuesto.

3.1. ¿Se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto?

- a. No. b. Si.

3.2. ¿Por qué razón se encuentra expuesto el acero?

- a. Por deterioro excesivo del concreto.  
b. Por destrucción voluntaria con el objetivo de hacer modificaciones.

4. ¿En qué estado se encuentran los muros?

- a. En buen estado. No presentan fisuras ni pandeos.  
b. En mal estado. Se presentan: fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_  
particiones \_\_\_\_\_ pandeo \_\_\_\_\_ humedades \_\_\_\_\_.

5. ¿Tienen confinamiento los antepechos?

- a. Si. b. No.

5.1. ¿Si no tienen confinamiento en qué piso se encuentran?

- a. Primer piso.  
b. Después del primer piso.

6. ¿En qué estado se encuentran los antepechos?

- a. En buen estado, no presentan fisuras.  
b. En mal estado. Se presentan: fisuras \_\_\_\_\_ grietas \_\_\_\_\_ particiones \_\_\_\_\_  
humedades \_\_\_\_\_.

7. ¿Tienen confinamiento las culatas?

- a. Si. b. No.

8. ¿Qué porcentaje de área total del muro tienen las aberturas y vanos?

- a. Menor al 35 %. b. Mayor o igual al 35 %.

8.1. ¿Cómo es la longitud total de las aberturas con respecto a la longitud del muro?

- a. Menor que la mitad de la longitud total del muro.  
b. Mayor o igual a la mitad de la longitud total del muro.

8.2. ¿Qué distancia existe desde el borde del muro hasta la abertura adyacente?

- a. Mayor o igual a 50cm. b. Menor a 50cm.

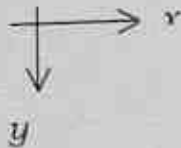
9. ¿Se observan columnas cortas en alguna zona de la edificación?

- a. No. b. Si.

## FORMULARIO DE MEDICIONES.

Edificación No. \_\_\_\_\_

1. Esquema de localización y orientación de dimensiones de columnas y vigas, en planta, con numeración.



2. Dimensiones de las columnas:

COLUMNA	Lx (cm)	Ly (cm)
C1		
C2		
C3		

3. Dimensiones de las vigas:

VIGA	h (cm)	b (cm)	Luz (m)
V1			
V2			
V3			

4. Altura libre y estructural de cada piso:

PISO	H libre (m)	H estructural (m)
1		
2		

5. Dimensiones de columnetas y viguetas:

Viguetas: h (cm) = \_\_\_\_\_ b (cm) = \_\_\_\_\_

Columnetas: Lx (cm) = \_\_\_\_\_ Ly (cm) = \_\_\_\_\_

6. Luces promedio de viguetas:

En x (m): \_\_\_\_\_ En y (m): \_\_\_\_\_

7. Altura de las columnetas:

Piso 1, H (m): \_\_\_\_\_ Piso 2, H (m): \_\_\_\_\_

8. Longitud de muros:

En x (m): \_\_\_\_\_ En y (m): \_\_\_\_\_

9. Espesor de muros: \_\_\_\_\_ cm

10. Área en planta: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

11. Área de aberturas:

Muro	H (m)	L (m)	A <sub>total</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>abertura</sub> (m <sup>2</sup> )	(%)
Tipo 1					
Tipo 2					

12. Distancia mínima de bordes de muros a aberturas adyacentes correspondientes: \_\_\_\_\_ cm.



## ANEXO 5. CALIFICACIONES DE LOS PARÁMETROS PARA DEFINIR LOS RANGOS DE VULNERABILIDAD.

### CALIFICACIONES FORMULARIO 1.

Parámetros	Opciones				Factores		
	a	b	c	d	a	b	c
<b>ENTORNO Y UBICACIÓN</b>							
1. ¿Cuál es la topografía de la zona donde se encuentra ubicada la escuela?	1	5	10				
1.1. ¿Si la pendiente es mayor a 30°, qué condición se presenta?					1	1.2	
2. ¿Se encuentra en una zona inundable?	1	10					
3. ¿Qué situación se presenta en las zonas aledañas a la escuela?	1	5	10				
4. ¿En qué situación se encuentran las viviendas aledañas a la escuela?	1	3	5				
5. ¿Qué tipo de estructura presentan las viviendas aledañas?	1	3	5				
6. ¿Si el cerramiento de la escuela tiene muros parcial o totalmente, en qué estado se encuentran?	1	5	10				
Calificaciones parámetro Entorno y ubicación	<b>6</b>		<b>52</b>				
<b>SUELOS</b>							
7. ¿Cuál es el perfil de suelo de la zona donde se encuentra ubicada la escuela?	1	5	7	10			
8. ¿Se evidencian fallas en los muros debidas a asentamientos diferenciales?	1	10	20				
Calificaciones parámetro Suelos	<b>2</b>		<b>30</b>				
<b>SEGURIDAD Y ZONAS DE EVACUACIÓN</b>							
9. ¿Existen elementos como lámparas, baffles o materas que puedan caer en una zona transitable?	1	10					
10. ¿Si el bloque tiene más de un piso y tiene barandas metálicas en los corredores de los pisos superiores, estas se encuentran bien ancladas?	1	10					
11. ¿Los salones que se encuentran en malas condiciones han sido evacuados?	1	10					
12. ¿Existe facilidad en evacuar de las aulas hacia zonas libres con rapidez?	1	10					
13. ¿Se practican con frecuencia simulacros de evacuación en caso de sismo?	1	5	10				
Calificaciones parámetro Seguridad y zonas de evacuación	<b>3</b>		<b>50</b>				

ANEXO 5. CALIFICACIONES DE LOS PARÁMETROS PARA DEFINIR LOS RANGOS DE  
VULNERABILIDAD.

CALIFICACIONES FORMULARIO 2.

Parámetros	Opciones				Factores		
	a	b	c	d	a	b	c
<b>EDAD Y NÚMERO DE PISOS</b>							
1. Número de pisos	1	5	10				
2. Año de construcción	1	5	10				
3. Sistema Estructural	-	-	-				
Calificaciones parámetro Edad y número de pisos	2		20				
<b>CAMBIOS DE USO Y AMPLIACIONES</b>							
4. ¿Se ha cambiado el uso del bloque?	1	3	10				
5. ¿Se le han hecho remodelaciones al bloque?	0	0					
5.1 ¿En qué consistieron las remodelaciones hechas?	1	7	10				
5.1.1 Si la remodelación es en planta (afecta 6.1b)					0.5	1.2	
5.1.2 Si la remodelación es en altura (afecta 6.1c)					1	1.2	
Calificaciones cambios de uso y ampliaciones	1		25				
<b>GOLPETEO</b>							
6. ¿Qué situación presenta el bloque, de acuerdo a su ubicación en la escuela?	1	5	10				
6.1. ¿Si la respuesta a la pregunta anterior es (b) ó (c), cuál de los siguientes casos se presenta? (afecta b ó c)					1	1.2	
Calificaciones parámetro Golpeteo	1		12				
<b>CUBIERTA</b>							
7. ¿De qué material es la cubierta?	1	5	10				
8. ¿Cuál es la estructura de cubierta?	1	10					
9. ¿Sobre qué se encuentra apoyada la estructura de la cubierta?	1	5	10				
9.1. ¿Si hay apoyos de la cubierta en los corredores, de qué material son?					1	1.2	1.5
10. ¿Se presentan corrosión en los anclajes o amarres de la cubierta?	1	10					
Calificaciones parámetro Cubierta	4		45				
<b>ASPECTOS GEOMÉTRICOS</b>							
11. ¿Qué irregularidades presenta en planta?	1	10	10				
11.1 ¿Es simétrico?					1	1.2	
11.2 ¿Qué relación existe entre las dimensiones en planta?					1	1.2	
12. Irregularidad en altura: ¿Hay continuidad en los muros verticalmente?	1	5	10				
13. ¿Qué proporción de muros estructurales existen en las dos direcciones principales del bloque?	1	5	10				
13.1 Medir área en planta ( $A_p$ ), espesor ( $t$ ) y longitud de muros en ambos sentidos ( $L$ ). ¿Se cumple que la longitud de muros en cada dirección sea $L \geq (M_o \times A_p) / t$ ?					1	1.2	1.5
Calificaciones parámetro Aspectos geométricos	3		40				
<b>ASPECTOS CONSTRUCTIVOS Y GRADO DE DETERIORO</b>							
¿Qué grado de deterioro presentan los siguientes elementos?							
14. La superficie de las paredes	1	3	5				
15. Los cielorrasos	1	3	5				
16. Los pisos	1	5	10				
17. Las canales	1	3	5				
18. ¿Qué se observa en las juntas de pega?	1	5	10				
18.1 ¿Qué aspecto tiene el mortero de pega?					1	1.2	
18.2 ¿El mortero presenta resistencia al punzonamiento?					1	1.2	
19. ¿En qué estado se encuentran los ladrillos?	1	10					
20. ¿Cómo están dispuestos y colocados los ladrillos en el muro?	1	5	10				
Calificaciones parámetro Aspectos constructivos y grado de deterioro	7		60				

ANEXO 5. CALIFICACIONES DE LOS PARÁMETROS PARA DEFINIR LOS RANGOS DE  
VULNERABILIDAD.

**CALIFICACIONES FORMULARIO 3.**

Parámetros	Opciones				Factores		
	a	b	c	d	a	b	c
<b>ESTRUCTURA</b>							
1. ¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?	1	10					
2. ¿Hay cambio de sección a lo largo de las columnas?	1	10					
3. ¿Qué aspecto tiene el concreto de vigas, columnas y losas?	1	10					
3.1. ¿Se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto?					1	1.2	
3.2. ¿Por qué razón se encuentra expuesto el acero? (afecta 3b)					1	1.2	
¿Qué condiciones presentan los siguientes elementos estructurales?							
4. Las vigas	1	10					
5. Las columnas	1	7	10				
6. La losa	1	10					
7. ¿Cuáles son las dimensiones predominantes de las columnas?	1	5	10				
8. ¿Qué proporción guardan las dimensiones de las columnas y vigas?	1	10					
Calificaciones parámetro Estructura	<b>8</b>		<b>85</b>				
<b>MUROS Y ANTEPECHOS</b>							
9. ¿Los muros se encuentran confinados con columnetas y viguetas de amarre?	1	5	40				
9.1. ¿Existe buen contacto entre los muros y los elementos de confinamiento?(afecta a y b)					1	1.2	
9.2. ¿Cuál es el espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical? (afecta a y b)					1	1.2	
9.3. ¿Se evidencia pandeo en las columnetas? (afecta a y b)					1	1.2	
9.4. ¿Se evidencian deflexiones en las viguetas? (afecta a y b)					1	1.2	
9.5. ¿Cuál es el área transversal de columnetas y viguetas?(afecta ayb)					1	1.2	
10. ¿Se presenta columna corta en alguna zona del bloque?	1	12					
11. ¿En qué estado se encuentran los muros?	1	10					
12. ¿Tienen confinamiento los antepechos?	1	10					
12.1. ¿Si no tienen confinamiento en qué piso se encuentran? (afecta 12b)					1	1.2	
13. ¿En qué estado se encuentran los antepechos?	1	10					
14. ¿Tienen confinamiento las culatas?	1	10					
15. ¿Qué % de área total del muro tienen las aberturas y vanos?	1	10					
15.1. ¿Cómo es la longitud total de las aberturas con respecto a la longitud del muro?					1	1.2	
15.2. ¿Qué distancia existe desde el borde del muro hasta la abertura adyacente?					1	1.2	
Calificaciones parámetro Muros y antepechos	<b>7</b>		<b>109</b>				



ANEXO 5. CALIFICACIONES DE LOS PARÁMETROS PARA DEFINIR LOS RANGOS DE  
VULNERABILIDAD.

**CALIFICACIONES FORMULARIO 4.**

Parámetros	Opciones				Factores		
	a	b	c	d	a	b	c
<b>ESTRUCTURA</b>							
1. ¿Los muros se encuentran confinados con columnetas y viguetas de amarre?	1	10	20				
1.1. ¿Existe buen contacto entre los muros y los elementos de confinamiento?					1	1.2	
1.2. ¿Cuál es el espaciamiento máximo entre elementos de confinamiento vertical?					1	1.2	
1.3. ¿Se evidencia pandeo en las columnetas?					1	1.2	
1.4. ¿Se evidencian deflexiones en las viguetas?					1	1.2	
1.5. ¿Cuál es el área transversal de columnetas y viguetas?					1	1.2	
2. ¿Cómo es la continuidad de los elementos estructurales?	1	10					
3. ¿Qué aspecto tiene el concreto de viguetas y columnetas?	1	10					
3.1. ¿Se ven manchas amarillentas en la superficie del concreto? (afecta a 3)					1	1.2	
3.2. ¿Por qué razón se encuentra expuesto el acero? (afecta a 3b)					1.0	1.2	
4. ¿En qué estado se encuentran los muros?	1	10					
5. ¿Tienen confinamiento los antepechos?	1	10					
5.1. ¿Si no tienen confinamiento en qué piso se encuentran? (afecta 8b)					1.0	1.2	
6. ¿En qué estado se encuentran los antepechos?	1	10					
7. ¿Tienen confinamiento las culatas?	1	10					
8. ¿Qué % de área total del muro tienen las aberturas y vanos?	1	10					
8.1. ¿Cómo es la longitud total de las aberturas con respecto a la longitud del muro?					1	1.2	
8.2. ¿Qué distancia existe desde el borde del muro hasta la abertura adyacente?					1	1.2	
9. ¿Se presenta columna corta en alguna zona del bloque?	1	12					
Calificaciones parámetro Estructura	<b>9</b>		<b>143</b>				



ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 1

Datos generales.  Establecimiento	IV. Suelos.									V. Seguridad y zonas de evacuación.																	
	7				Cal 7	8			Cal 8	Total Suelos	9		Cal 9	10		Cal 10	11		Cal 11	12		Cal 12	13			Cal 13	Total Seguridad
	1	5	7	10		1	10	20			1	10		1	10		1	10		1	10		1	5	10		
	a	b	c	d		a	b	c			a	b		a	b		a	b		a	b		a	b	c		
C.D. Fernando de Aragón.		X			5			X	20	25	X		1		X	10	NA	0		X	10			X	10	31	
C.D. Francisco José de Caldas.	X				1			X	20	21		X	10	X		1	NA	0		X	10	X			1	22	
C.D. Francisco Montes Idrobo		X			5		X		10	15		X	10	NA	0	NA	0		X		1			X	10	21	
C.D. Isaías Gamboa.	X				1	X			1	2	X		1	N.A	0	N.A	0		X	10		X			5	16	
C.D. José Ramón Bejarano.			X		7	X			1	8		X	10	X		1	NA	0		X		1			X	10	22
C.D. La Anunciación.			X		7		X		10	17		X	10		X	10	NA	0		X	10			X	10	40	
C.D. Las Américas.			X		7		X		10	17		X	10		X	10	NA	0		X	10			X	10	40	
C.D. República del Brasil.		X			5	X			1	6		X	10	NA	0	NA	0		X	10			X	10	30		
C.D. Santa Elena.		X			5			X	20	25		X	10	NA	0	X		1		X		1			X	10	22
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés.	X				1	X			1	2		X	10		X	10	NA	0		X	10			X	10	40	
Esc. Cristina Serrano de Lourido.			X		7			X	20	27	X		1	NA	0	NA	0		X	10				X	10	21	
Esc. General Anzoategui.	X				1		X		10	11	X		1		X	10		X	10		X	10	X			1	32
Esc. José María Villegas.			X		7		X		10	17	X		1	NA	0	NA	0		X	10			X			5	16
Esc. Luis Carlos Peña.		X			5	X			1	6		X	10	X		1	NA	0		X	10			X	10	31	
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés.	X				5		X		10	15		X	10		X	10	NA	0		X	10			X	10	40	
Esc. Mario Lloreda.	X				5		X		10	15		X	10	N.A	0	N.A	0		X		1			X	10	21	
Esc. Olga Lucía Lloreda.	X				5		X		10	15	X		1	N.A	0	N.A	0		X		1	X				1	3
Esc. República de Francia.	X				5	X			1	6	X		1	N.A	0	N.A	0		X		1			X	10	12	
Esc. Rufino José Cuervo.	X				5	X			1	6		X	10	NA	0	NA	0		X		1			X	5	16	
Esc. San Pedro Codenal.			X		7	X			1	8	X		1		X	10	NA	0		X	10			X	10	31	



ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 2

Establecimiento	NB	I. Datos Generales.							II. Cambio de uso y ampliaciones.										III. Golpateo.																		
		B	1			Cal 1	2			Cal 2	Total I	4			Cal 4	5			5.1			5.1.1 (b)			5.1.2 (c)			Cal 5	Total II	6			6.1 (b y c)			Cal 6	Total III
			a	b	c		a	b	c			a	b	c		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			a	b	c					
C.D. Fernando de Aragón	2	1	X		5		X	10	15	X	3	X			0										0.0	3	X		1			1	1				
		2	X		1		X	5	6	X	3	X			0										0.0	3	X		1			1	1				
C.D. Francisco José de Caldas	1	1		X	10		X	10	20	X		1	X		0									0.0	1		X	10		X	1.2	12	12				
C.D. Francisco Montes Idrobo	5	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		3	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
C.D. Isaias Gamboa	3	2	X		1		X	5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		3	X		1		X	5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
C.D. José Ramón Bejarano	3	1	X		1		X	5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
		3	X		5		X	5	10		X	10	X		X	10					X	1	10.0	20	X		1				1	1					
C.D. La Anunciación	3	1	X		5		X	10	15		X	10	X		X	10								0.0	3	X		10	X		1	10	10				
		3	X		5		X	5	10		X	10	X		X	10					X	1	10.0	20		X	10	X		1	10	10					
C.D. Las Américas	3	1	X		1		X	5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		2	X		5		X	5	10	X	3	X		X	10					X	1	10.0	13	X		1				1	1						
C.D. República del Brasil	3	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		2	X		1		X	10	11	X	3	X		X	7		X	1.2						8.4	11	X		1			1	1					
C.D. Santa Elena	2	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		2	X		1		X	5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	1	1	X		5		X	10	15	X	3	X		X	7		X	1.2						8.4	11		X	5		X	1.2	6	6				
Esc. Cristina Serrano de Lourido	1	1	X		1		X	10	11	X	3	X		X	7		X	1.2						8.4	11		X	10		X	1.2	12	12				
Esc. General Anzoategui	3	1	X		5		X	10	15	X	3	X		X	7		X	1.2						8.4	11		X	10		X	1.2	12	12				
		2	X		1		X	10	11	X	3	X		X	7		X	1.2						8.4	11		X	5		X	1.2	6	6				
		3		X	10		X	5	15	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
Esc. José María Villegas	3	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		2	X		1	X		1	2	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
Esc. Luis Carlos Peña	1	1	X		5		X	10	15		X	10	X		0									0.0	10		X	10		X	1.2	12	12				
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	6	2	X		5		X	5	10	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		4	X		1	X		5	6	X	3	X			0									0.0	3		X	10		X	1.2	12	12				
		6	X		5	X		1	6	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
Esc. Mario Lloreda	3	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
		2	X		1	X		5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
Esc. Olga Lucía Lloreda	1	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
Esc. República de Francia	5	1	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		4	X		1	X		5	6	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
		5	X		1	X		10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		1			1	1					
Esc. Rufino José Cuervo	6	3	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				
		4	X		5	X		5	10		X	10	X		X	10				X	1	10.0	20	X		5		X	1.2	6	6						
Esc. San Pedro Codenal	3	1	X		5		X	10	15		X	10	X		X	10								0.0	3	X		1			1	1					
		2	X		1		X	10	11	X	3	X			0									0.0	3	X		5		X	1.2	6	6				

ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 2

Establecimiento	IV. Cubierta.													V. Aspectos Geométricos.																							
	7			Cal 7		8		9			9.1			10		Cal 10	Total IV	11			11.1			11.2			Cal 11	12			Cal 12	13					
	1	5	10	a	b	1	10	a	5	10	C	1	1.2	1.5	F			a	b	1	10	10	C	1	1.2	F		a	b	10		1	5	10	a	b	c
C.D. Fernando de Aragón	X			1	X	1		X	10			X			1.2	12	X	1	15	X		10		X	1.2	X	1.2	14		X	10	X		5	X		5
C.D. Francisco José de Caldas	X			1	X	1		X	10			NA			0.0	10	X	10	22		X	10		X	1.2	X		1	12		X	10	X		5		
C.D. Francisco Montes Idrobo		X	10	X		1		X	10						0.0	10	X	10	31	X		10	X		1	X	1	10	X		5		X	10			
C.D. Isalás Gamboa		X	10	X		1	X		1						0.0	1	X	1	8	X		1	X		1	X	1	1	X		5	X		5			
C.D. José Ramón Bejarano		X	10	X		1	X		1						0.0	1	X	1	13	X		1	X		1	X	1.2	1.2	X		5	X		5			
C.D. La Anunciación		X	10	X		1	X		1						0.0	1	X	10	22	X		10	X	1.2	X	1.2	14	X		5	X		5				
C.D. Las Américas		X	10	X		1	X		1				X		0.0	1	X	1	13	X		1	X		1	X	1.2	1.2		X	10	X		5			
C.D. República del Brasil		X	10	X		1	X		1						0.0	1	X	1	13	X		1	X		1	X	1	1	X		5		X	10			
C.D. Santa Elena	X			1	X	1		X	10			X			1.2	12	X	10	24	X		10	X	1.2	X	1.2	14	X		5		X	10	X		5	
Esc. Carlos Alberto Sardi Garcés	X			1	X	1		X	10	X					1.0	10	X	10	22		X	10		X	1.2	X	1.2	14		X	10	X		1			
Esc. Cristina Serrano de Lourdo	X			1	X	1		X	5						0.0	5	X	10	17	X		10	X	1.2	X		1	12		X	10	X		1			
Esc. General Anzoátegui	X			1	X	1	X		1	X					1.2	1.2	X	10	13	X		10	X	1.2	X	1.2	14	X		10		X	10	X		5	
Esc. José María Villegas		X	10	X		1	X		1	X					1.2	12	X	10	33	X		1	X		1	X	1.2	1.2	X		5	X		5			
Esc. Luis Carlos Peña	X			1	X	1	X		1			NA			0.0	1	X	10	13	X		10	X	1.2	X		1	12		X	10		X	10			
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	X			1	X	1	X		1						0.0	1	X	10	13	X		10	X	1.2	X	1.2	14	X		1	X		1				
Esc. Mario Lloreda		X	10	X		1	X		5						0.0	5	X	1	17	X		10	X	1.2	X	1.2	14	X		5	X		5				
Esc. Olga Lucía Lloreda	X			1	X	1		X	10			NA			0.0	10	X	1	13	X		1	X	1.2	X	1.2	14	X		5	X		5				
Esc. República de Francia	X			1	X	1	X		5						0.0	5	X	1	8	X		1	X		1	X	1	1	X		5	X		5			
Esc. Rufino José Cuervo	X			1	X	1	X		1	X					1.0	1	X	10	13	X		1	X		1	X	1	1	X		10		X	10			
Esc. San Pedro Codenal		X	10	X		1	X		1						0.0	1	X	10	22	X		1	X		1	X	1	1	X		5	X		5			





ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 3

Datos Generales.				I. Estructura.																	II. Muros.																	
Establecimiento	N	B	1		Cal 1	2		Cal 2	3		3.1		3.2		Cal 3	4		Cal 4	5			Cal 5	6		Cal 6	7			Cal 7	8		Cal 8	Total I	9			9.1	
			1	10		1	10		1	10	C	1	1.2	F		1	1.2		F	1	10		a	b		c	1	10		a	b			c	1	1.2	F	
C.D. José Ramón Bejarano.	3	3	X		1	X		1	X	1	X		1		0	1	X	1	X		1	X	10		X	10	X		1	26	X		5	X		1		
C.D. La Anunciación.	3	3	X		1	X		1	X	1	X		1		0	1	X	1	X		1	X	10	X		1	X		1	17		X	40		0			
C.D. Las Américas.	3	2		X	10	X		1	X	1	X		1		0	1		X	10	X		1	X		1	X	10	X		1	35	X		5	X	1.2		
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	6	6	X		1	X		1	X	1	X		1		0	1	X	1	X		1	X	1	X		1	X		1	8		X	40		0			
Esc. Rufino José Cuervo.	6	4	X		1	X		1	X	1	X		1		0	1	X	1	X		1	X	1	X		5	X		1	12		X	40		0			

Datos Generales.				II. Muros y antepechos.																																
Establecimiento	N	B	9.2		9.3		9.4		9.5		C 9	10		C 10	11		C 11	12		12.1		C 12	13		C 13	14		C 14	15		15.1		15.2		C 15	Total II
			1	1.2	F	1	1.2	F	1	1.2		F	1		1.2	F		1	10	a	b		C	1		1.2	F		1	10	a	b	C	1		
C.D. José Ramón Bejarano.	3	3	X	1.2	X		1	X	1	X	1	6	X	12	X	1	X	10	X		1	10	X	1	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	X	1.2	1.4	41
C.D. La Anunciación.	3	3		0		0		0		0	40	X	1	X	1	X	1	X	1.2	0	X	1	X	10	X	1	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.2	54
C.D. Las Américas.	3	2	X	1.2	X	1	X	1.2	X	1.2	10	X	12	X	10	X	10	X	1.2	12	X	10	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1	1.2	1.2	65	
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés	6	6		0		0		0		0	40	X	12	X	1	X	1		0	1	X	1	X	1	X	10	X	1.2	X	1	1.2	1.2	1.2	68		
Esc. Rufino José Cuervo.	6	4		0		0		0		0	40	X	12	X	1	X	10	X	1.2	12	X	1	X	10	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.2	77		

ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 4

Establecimiento	NB	B	1			1.1			1.2			1.3			1.4			1.5			C 1	2		C 2	3			3.1			3.2			C 3	
			1	10	20	C	1	1.2	F	1	1.2	F	1	1.2	F	1	1.2	F	1	1.2		F	1		10	1	10	C	1	1.2	F	1	1.2		F
			a	b	c		a	b		a	b		a	b		a	b		a	b			a		b		a	b		a	b		a		b
C.D. Fernando de Aragón.	2	2	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.2	X		1.0	X		1.0	14	X	1		X	10	X		1.0	X		1.0	10				
C.D. Francisco Montes Idrobo.	5	3	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	1		X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1					
C.D. Isaias Gamboa.	3	2	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	12	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		3	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
C.D. Jose Ramón Bejarano.	3	1	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	12	X	1		X	10	X		1.0	X		1.0	10					
C.D. La Anunciación.	3	1	X		10		X	1.2	X	1.2	X	1.0		X	1.2	X	1.0	17		X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1					
C.D. Las Américas.	3	1	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	14	X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
C.D. República del Brasil.	3	1	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		2		X	20	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	24	X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
C.D. Santa Elena.	2	2	X		1			0.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	0	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
Esc. Cristina Serrano de Lourido.	1	1		X	20		X	1.2	X	1.2		X	1.2	X		1.0	X	1.2	41	X	10		X	10		X	1.2	X		1.0	12				
Esc. General Anzoategui.	3	3	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	1	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
Esc. José María Villegas.	3	2	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1		X	10		X	10	X		1.0	NA	0.0	10					
Esc. Luis Carlos Peña.	1	1	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	12	X	10		X	10	X		1.0	X	1.2	12						
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés.	6	2	X		10	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	12	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		4	X		1		X	1.2	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	2	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
Esc. Mario Lloreda.	3	1		X	20	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	29	X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		2	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
Esc. República de Francia.	5	1	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	1	X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		4	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1	X	1	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
		5	X		1	X		1.0	X	1.2	X	1.0	X		1.0	X	1.2	1	X	10	X		1	X		1.0	NA	0.0	1						
Esc. San Pedro Codenal.	1	1	X		1	X		1.0	X	1.0	X	1.0	X		1.0	X	1.0	1	X	10		X	10	X		1.0	NA	0.0	10						

ANEXO 6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

FORMULARIO 4

NOMBRE ESCUELA	NB	B	4		C 4	5			5.1			C 5	6		C 6	7		C 7	8			8.1			8.2			C 8	9		C 9	Total F4		
			1	10		1	10	C	1	1.2	F		1	10		1	10		1	10	1	10	1	1.2	F	1	1.2		F	1			1.2	F
			a	b		a	b		a	b			a	b		a	b		a	b	a	b	a	b	a	b	a		b	a			b	a
C.D. Fernando de Aragón.	2	2	X	10	X	10	X		1.0	10	X	10	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	69										
C.D. Francisco Montes Idrobo.	5	3	f	X	10	X	10	X	1.0	10	f	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.0	1.2	X	12	65									
C.D. Isaías Gamboa.	3	2	X	1	X	10	X		1.0	10	X	1	X	10	X	1	X	1.2	X	1.0	1.2	X	1	38										
		3	X	1	X	1		0.0	1	X	1	X	1	X	10	X	10	X	1.2	X	1.2	14.4	X	12	33									
C.D. Jose Ramón Bejarano.	3	1	X	1	X	10	X		1.0	10	X	1	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	58										
C.D. La Anunciación.	3	1	X	10	X	1		0.0	1	X	1	X	1	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	1	43									
C.D. Las Américas.	3	1	X	10	X	10	X		1.0	10	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.0	1.2	X	12	78										
C.D. República del Brasil.	3	1	X	1	X	10		0.0	10	X	1	X	1	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	29									
		2	f	X	10	X	10		0.0	10	X	1	X	10	X	1	X	1.2	X	1.0	1.2	X	12	79										
C.D. Santa Elena.	2	2	X	10	X	1		0.0	1	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	46											
Esc. Cristina Serrano de Lourido.	1	1	X	10	X	10	X		1.0	10	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	116										
Esc. General Anzoategui.	3	3	X	1	X	10	X		1.0	10	X	1	X	10	X	10	X	1.2	X	1.2	14.4	X	12	51										
Esc. José María Villegas.	3	2	X	1	X	1		0.0	1	X	1	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	47											
Esc. Luis Carlos Peña.	1	1	fp	X	10	X	1	NA	0.0	1	X	1	X	1	X	1	X	1.0	X	1.2	1.2	X	12	60										
Esc. Luis Carlos Rojas Garcés.	6	2	X	1	X	10	X	1.2	12	X	1	X	1	X	1	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	42									
		4	X	1	X	10	X	1.0	10	X	1	X	1	X	1	X	1	X	1.0	X	1.2	1.2	X	12	30									
Esc. Mario Lloreda.	3	1	X	1	X	10	X	1.0	10	X	1	X	10	X	1	X	1.0	X	1.2	1.2	X	12	75											
		2	X	1	X	10	X	1.0	10	X	1	X	10	X	1	X	1.0	X	1.2	1.2	X	12	38											
Esc. República de Francia.	5	1	X	1	X	10	X	1.0	10	X	1	X	1	X	10	X	1.2	X	1.2	14.4	X	12	51											
		4	X	10	X	1	NA	0.0	1	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	47											
		5	X	1	X	10	X	1.0	10	X	1	X	1	X	10	X	1.2	X	1.2	14.4	X	12	51											
Esc. San Pedro Codenal.	1	1	X	1	X	10	X	1.2	12	X	10	X	10	X	1	X	1.2	X	1.2	1.4	X	12	67											



## ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

### Centro docente Fernando de Aragón.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	25	Medio	17	1	0.2
Suelos	25	Muy Alto	33	15	5.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	31	Alto	24	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	15	Medio	11	2	0.2
Aspectos Geométricos	32	Muy Alto	31	15	4.7
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					31.6
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MUY ALTO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	69	Medio	18	50	9.0
					17.1
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

### Centro docente Francisco Montes Idrobo.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	15	Bajo	8	1	0.1
Suelos	15	Medio	19	15	2.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	21	Medio	15	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	31	Alto	26	2	0.5
Aspectos Geométricos	30	Alto	29	15	4.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					28.6
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>					<b>ALTO</b>
<b>Bloque 3 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	12	Bajo	10	15	1.5
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	16	Bajo	7	10	0.7
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	65	Medio	17	50	8.5
					14.6
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

## ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

## Centro docente Fernando de Aragón.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	25	Medio	17	1	0.2
Suelos	25	Muy Alto	33	15	5.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	31	Alto	24	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	15	Medio	11	2	0.2
Aspectos Geométricos	32	Muy Alto	31	15	4.7
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					31.6
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MUY ALTO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	69	Medio	18	50	9.0
					17.1
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

## Centro docente Francisco Montes Idrobo.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	15	Bajo	8	1	0.1
Suelos	15	Medio	19	15	2.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	21	Medio	15	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	31	Alto	26	2	0.5
Aspectos Geométricos	30	Alto	29	15	4.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					28.6
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>					<b>ALTO</b>
<b>Bloque 3 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	12	Bajo	10	15	1.5
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	16	Bajo	7	10	0.7
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	65	Medio	17	50	8.5
					14.6
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA

Centro docente Isaias Gamboa.

Centro docente José Ramón Bejarano.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	24	Medio	18	1	0.2
Suelos	2	Bajo	0	15	0.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	16	Medio	11	1	0.1
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	8	Bajo	4	2	0.1
Aspectos Geométricos	11	Bajo	9	15	1.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	16	Bajo	7	10	0.7
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	38	Bajo	9	50	4.5
					7.3
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>BAJO</b>
<b>Bloque 3 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	11	Bajo	9	15	1.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	16	Bajo	7	10	0.7
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	33	Bajo	7	50	3.5
					8.4
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 3</b>					<b>BAJO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	21	Medio	13	1	0.1
Suelos	8	Bajo	9	15	1.4
Seguridad y Zonas de Evacuación	22	Medio	16	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	58	Medio	15	50	7.5
					12.5
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 3 Pórtico en concreto</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	10	Medio	18	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	20	Muy Alto	32	2	0.8
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	11	Bajo	3	10	0.3
<b>FORMULARIO 3</b>					
Pórtico en Concreto Estructura	28	Bajo	9	30	2.7
Muros y Antepechos	41	Medio	13	20	2.6
					10.3
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 3</b>					<b>MEDIO</b>



ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Centro docente La Anunciación.

Centro docente Las Américas.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	11	Bajo	4	1	0.0
Suelos	17	Alto	21	15	3.2
Seguridad y Zonas de Evacuación	40	Muy Alto	31	1	0.3
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	22	Muy Alto	35	2	0.7
Golpeteo	10	Muy Alto	33	2	0.7
Cubierta	22	Medio	18	2	0.4
Aspectos Geométricos	25	Alto	24	15	3.6
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	17	Bajo	8	10	0.8
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	43	Medio	10	50	5.0
					<b>15.3</b>
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 3 Pórtico en concreto</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	10	Medio	18	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	20	Muy Alto	32	2	0.6
Golpeteo	10	Muy Alto	33	2	0.7
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	18	Medio	18	15	2.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	9	Bajo	2	10	0.2
<b>FORMULARIO 3</b>					
Pórtico en Concreto Estructura	17	Bajo	5	30	1.5
Muros y Antepechos	54	Medio	18	20	3.6
					<b>12.9</b>
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 3</b>					<b>MEDIO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	28	Medio	19	1	0.2
Suelos	17	Alto	21	15	3.2
Seguridad y Zonas de Evacuación	40	Muy Alto	31	1	0.3
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	7	Bajo	4	15	0.6
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	20	Bajo	10	10	1.0
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	78	Alto	21	50	10.5
					<b>16.3</b>
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 2 Pórtico en concreto</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	10	Medio	18	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	13	Alto	20	2	0.4
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	17	Medio	15	15	2.3
Grado de deterioro	9	Bajo	2	10	0.2
<b>FORMULARIO 3</b>					
Pórtico en Concreto Estructura	35	Medio	14	30	4.2
Muros y Antepechos	65	Alto	23	20	4.6
					<b>18.0</b>
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Centro docente República del Brasil.

Centro docente Santa Elena.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	15	Bajo	8	1	0.1
Suelos	6	Bajo	6	15	0.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	30	Alto	23	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	16	Medio	14	15	2.1
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	29	Bajo	6	50	3.0
					7.0
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>BAJO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	11	Medio	17	2	0.3
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	24	Alto	23	15	3.5
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	11	Bajo	3	10	0.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	79	Alto	21	50	10.5
					16.4
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD BLOQUE 2</b>					<b>MEDIO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	35	Alto	25	1	0.3
Suelos	25	Muy Alto	33	15	5.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	22	Medio	16	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	24	Medio	20	2	0.4
Aspectos Geométricos	34	Muy Alto	34	15	5.1
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	31	Medio	18	10	1.6
<b>Muros sin confinar</b>					
					20.0
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MUY ALTO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	17	Medio	13	2	0.3
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	18	Bajo	8	10	0.8
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	46	Medio	11	50	5.5
					14.2
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Escuela Rufino José Cuervo.

Escuela San Pedro Codenal.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	28	Medio	19	1	0.2
Suelos	6	Bajo	6	15	0.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	16	Medio	11	1	0.1
<b>Bloque 3 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	26	Alto	25	15	3.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	23	Medio	12	10	1.2
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					27.3
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 3</b>					<b>ALTO</b>
<b>Bloque 4 Pórtico en concreto</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	10	Medio	18	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	20	Muy Alto	32	2	0.8
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 3</b>					
<b>Pórtico en Concreto</b>					
Estructura	12	Bajo	2	30	0.6
Muros y Antepechos	77	Alto	27	20	5.4
					10.4
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 4</b>					<b>MEDIO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	28	Medio	19	1	0.2
Suelos	8	Bajo	9	15	1.4
Seguridad y Zonas de Evacuación	31	Alto	24	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	22	Muy Alto	35	2	0.7
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	22	Medio	18	2	0.4
Aspectos Geométricos	11	Bajo	9	15	1.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	11	Bajo	3	10	0.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
<b>Muros Confinados Estructura</b>					
	67	Medio	17	50	8.5
					13.7
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 2 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	22	Medio	18	2	0.4
Aspectos Geométricos	18	Medio	16	15	2.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					25.5
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>ALTO</b>



ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Escuela José María Villegas.

Escuela Mario Lloreda.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	25	Medio	17	1	0.2
Suelos	17	Alto	21	15	3.2
Seguridad y Zonas de Evacuación	16	Medio	11	1	0.1
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	33	Alto	28	2	0.6
Aspectos Geométricos	23	Alto	22	15	3.3
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	26	Medio	14	10	1.4
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					29.3
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>ALTO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	2	Bajo	0	2	0.0
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	6	Bajo	4	2	0.1
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	47	Medio	11	50	5.5
					11.0
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	18	Medio	10	1	0.1
Suelos	15	Medio	19	15	2.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	21	Medio	15	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	17	Medio	13	2	0.3
Aspectos Geométricos	24	Alto	23	15	3.5
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	75	Medio	20	50	10.0
					17.9
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	16	2	0.4
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	12	Bajo	10	15	1.6
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	11	Bajo	3	10	0.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	38	Bajo	9	50	4.5
					10.2
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA

Escuela Luis Carlos Rojas Garcés.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	19	Medio	11	1	0.1
Suelos	15	Medio	19	15	2.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	40	Muy Alto	31	1	0.3
<b>Bloque 2 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	10	Medio	18	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	18	Medio	16	15	2.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	11	Bajo	3	10	0.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	42	Bajo	10	50	5.0
					11.7
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 4 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	12	Muy Alto	40	2	0.8
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	17	Medio	15	15	2.3
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	9	Bajo	2	10	0.2
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	30	Bajo	6	50	3.0
					10.1
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 4</b>					<b>MEDIO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	38	Alto	26	1	0.3
Suelos	21	Alto	27	15	4.1
Seguridad y Zonas de Evacuación	22	Medio	18	1	0.2
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	20	Muy Alto	40	2	0.8
Cambios de uso y Ampliaciones	1	Bajo	0	2	0.0
Golpeteo	12	Muy Alto	40	2	0.8
Cubierta	22	Medio	18	2	0.4
Aspectos Geométricos	28	Alto	27	15	4.1
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	19	Bajo	9	10	0.9
<b>Muros sin confinar</b>					
					20.0
					31.8
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MUY ALTO</b>

Centro docente Francisco José de Caldas.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	19	Medio	11	1	0.1
Suelos	15	Medio	19	15	2.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	40	Muy Alto	31	1	0.3
<b>Bloque 6 Pórtico en concreto</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	8	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	4	Bajo	0	2	0.0
Aspectos Geométricos	4	Bajo	1	15	0.2
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 3</b>					
Pórtico en Concreto					
Estructura	8	Bajo	0	30	0.0
Muros y Antepedros	88	Alto	24	20	4.8
					8.0
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 6</b>					<b>BAJO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Escuela Olga Lucía Lloreda.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal			
<b>FORMULARIO 1</b>								
Entorno y Ubicación	15	Bajo	8	1	0.1			
Suelos	15	Medio	19	15	2.9			
Seguridad y Zonas de Evacuación	3	Bajo	0	1	0.0			
Bloque 1 Muros sin confinar								
<b>FORMULARIO 2</b>								
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4			
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1			
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0			
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2			
Aspectos Geométricos	11	Bajo	9	15	1.4			
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	13	Bajo	5	10	0.5			
Muros sin confinar					Muy Alto	40	50	20.0
								25.6
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>								<b>ALTO</b>

Escuela Cristina Serrano de Lourido.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal				
<b>FORMULARIO 1</b>									
Entorno y Ubicación	27	Medio	18	1	0.2				
Suelos	27	Muy Alto	36	15	5.4				
Seguridad y Zonas de Evacuación	21	Medio	15	1	0.2				
Bloque 1 Muros confinados									
<b>FORMULARIO 2</b>									
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4				
Cambios de uso y Ampliaciones	11	Medio	17	2	0.3				
Golpeteo	12	Muy Alto	40	2	0.8				
Cubierta	17	Medio	12	2	0.3				
Aspectos Geométricos	24	Alto	23	15	3.5				
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	37	Alto	23	10	2.3				
<b>FORMULARIO 4</b>									
Muros Confinados									
Estructura					116	Muy Alto	32	50	16.0
								29.4	
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>								<b>ALTO</b>	

Escuela Luis Carlos Peña.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal				
<b>FORMULARIO 1</b>									
Entorno y Ubicación	14	Bajo	7	1	0.1				
Suelos	8	Bajo	6	15	0.9				
Seguridad y Zonas de Evacuación	31	Alto	24	1	0.2				
Bloque 1 Muros confinados									
<b>FORMULARIO 2</b>									
Datos Generales	18	Alto	29	2	0.6				
Cambios de uso y Ampliaciones	10	Medio	16	2	0.3				
Golpeteo	12	Muy Alto	40	2	0.8				
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2				
Aspectos Geométricos	37	Muy Alto	37	15	5.6				
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0				
<b>FORMULARIO 4</b>									
Muros Confinados									
Estructura					60	Medio	15	50	7.5
								16.2	
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>								<b>MEDIO</b>	

Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal			
<b>FORMULARIO 1</b>								
Entorno y Ubicación	10	Bajo	3	1	0.0			
Suelos	2	Bajo	0	15	0.0			
Seguridad y Zonas de Evacuación	40	Muy Alto	31	1	0.3			
Bloque 1 Muros sin confinar								
<b>FORMULARIO 2</b>								
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6			
Cambios de uso y Ampliaciones	11	Medio	17	2	0.3			
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4			
Cubierta	22	Medio	18	2	0.4			
Aspectos Geométricos	26	Alto	25	15	3.8			
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	9	Bajo	2	10	0.2			
Muros sin confinar					Muy Alto	40	50	20.0
								26.0
<b>Grado de vulnerabilidad del Bloque 1</b>								<b>ALTO</b>



ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Escuela República de Francia.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	20	Medio	12	1	0.1
Suelos	6	Bajo	6	15	0.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	12	Bajo	8	1	0.1
<b>Bloque 1 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	17	Medio	13	2	0.3
Aspectos Geométricos	16	Medio	14	15	2.1
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	24	Medio	13	10	1.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	51	Medio	13	50	6.5
					11.8
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MEDIO</b>
<b>Bloque 4 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	6	Bajo	9	2	0.2
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	8	Bajo	4	2	0.1
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	15	Bajo	6	10	0.6
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	47	Medio	11	50	5.5
					9.4
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD BLOQUE 4</b>					<b>BAJO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	20	Medio	12	1	0.1
Suelos	6	Bajo	6	15	0.9
Seguridad y Zonas de Evacuación	12	Bajo	8	1	0.1
<b>Bloque 5 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	1	Bajo	0	2	0.0
Cubierta	17	Medio	13	2	0.3
Aspectos Geométricos	16	Medio	14	15	2.1
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	24	Medio	13	10	1.3
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados Estructura	51	Medio	13	50	6.5
					11.8
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 5</b>					<b>MEDIO</b>

ANEXO 7. CÁLCULO DEL GRADO DE VULNERABILIDAD DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Escuela General Anzoategui.

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	35	Alto	25	1	0.3
Suelos	11	Medio	13	15	2.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	32	Alto	25	1	0.3
<b>Bloque 1 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	11	Medio	17	2	0.3
Golpeteo	12	Muy Alto	40	2	0.8
Cubierta	13	Bajo	9	2	0.2
Aspectos Geométricos	39	Muy Alto	39	15	5.9
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	22	Medio	11	10	1.1
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					31.5
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 1</b>					<b>MUY ALTO</b>
<b>Bloque 2 Muros sin confinar</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	11	Alto	20	2	0.4
Cambios de uso y Ampliaciones	11	Medio	17	2	0.3
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	33	Alto	28	2	0.6
Aspectos Geométricos	14	Medio	12	15	1.8
Aspectos Constructivos y	17	Bajo	8	10	0.8
Muros sin confinar		Muy Alto	40	50	20.0
					28.9
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 2</b>					<b>ALTO</b>

Parámetros	Calificación	Rango Vulnerabilidad	Calificación normalizada	% de Incidencia	Subtotal
<b>FORMULARIO 1</b>					
Entorno y Ubicación	35	Alto	25	1	0.3
Suelos	11	Medio	13	15	2.0
Seguridad y Zonas de Evacuación	32	Alto	25	1	0.3
<b>Bloque 3 Muros confinados</b>					
<b>FORMULARIO 2</b>					
Datos Generales	15	Alto	29	2	0.6
Cambios de uso y Ampliaciones	3	Bajo	3	2	0.1
Golpeteo	6	Medio	18	2	0.4
Cubierta	17	Medio	13	2	0.3
Aspectos Geométricos	11	Bajo	9	15	1.4
Aspectos Constructivos y Grado de deterioro	7	Bajo	0	10	0.0
<b>FORMULARIO 4</b>					
Muros Confinados					
Estructura	51	Medio	13	50	6.5
					11.9
<b>Grado de vulnerabilidad Bloque 3</b>					<b>MEDIO</b>

## ANEXO 8. CÁLCULO DEL PESO DE LAS EDIFICACIONES DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

Establecimiento	NB	B	S.E.	Emuros (m)	Lmuros (m)		Lmuros (m)	Amuros (m <sup>2</sup> )	Ayentes (m <sup>2</sup> )	Warea muros (kg/m <sup>2</sup> )	Wmuros (kg)	Wmuros (kg/m <sup>2</sup> )	Tipo de cubierta	Wcubierta (kg)	Wcubierta (kg/m <sup>2</sup> )	NP	Wentrepiso (kg/m <sup>2</sup> )	Wentrepiso (kg)	Wvolante (kg/m <sup>2</sup> )	Wvolante (kg)
					Lx	Ly														
C.D. Fernando de Aragón.	2	1	MSC	0.11	200.4	101.6	302.0	785.2	626.1	198	155469.6	248.3	T1	37566.0	60.0	2	450.0	170460.0	758.3	383495.6
		2	MC	0.10	27.0	10.8	37.8	98.3	102.9	180	17694	172.0	T1	6174.0	60.0	1	0.0	0.0	232.0	23868.0
C.D. Francisco José de Caldas	1	1	MSC	0.15	65.7	117.8	183.3	468.4	510.6	270	123768	242.4	T1	30636.0	60.0	2	450.0	229770.0	752.4	384174.0
C.D. Francisco Montes Idrobo.	5	1	MSC	0.10	16.5	22.8	39.3	113.9	154.8	180	20502	132.4	T2	15486.0	100.0	1	0.0	0.0	232.4	35882.0
		2	MC	0.10	22.3	29.8	52.1	150.9	107.4	180	27162	252.9	T3	10740.0	100.0	1	0.0	0.0	352.9	37902.0
C.D. Isales Gamboa	3	2	MC	0.11	44.4	30.0	74.4	185.9	143.9	198	36808.2	255.8	T2	12951.0	90.0	1	0.0	0.0	345.8	49759.2
		3	MC	0.11	11.3	13.0	24.3	60.7	39.4	198	12018.6	305.1	T3	3939.0	100.0	1	0.0	0.0	405.1	15957.6
C.D. José Ramón Bejarano	3	1	MC	0.10	61.7	53.6	115.3	322.7	305.6	180	58066	190.1	T3	30555.0	100.0	1	0.0	0.0	280.1	58641.0
		3	PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.D. La Anunciación.	3	1	MC	0.10	61.8	61.5	143.3	401.3	207.9	180	72234	347.4	T3	20790.0	100.0	2	450.0	57723.4	897.4	150747.4
		3	PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.D. Las Américas.	3	1	MC	0.10	60.0	53.2	113.2	317.0	244.2	180	67060	233.7	T3	24420.0	100.0	1	0.0	0.0	333.7	81480.0
		2	PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.D. Mario Lloreda.	3	1	MC	0.14	98.2	93.6	191.8	478.5	438.4	252	120834	276.6	T3	43840.0	100.0	1	0.0	0.0	375.6	184674.0
		2	MC	0.14	12.9	20.5	33.4	93.5	88.4	252	23562	266.5	T1	5304.0	60.0	1	0.0	0.0	326.5	28860.0
C.D. República del Brasil.	3	1	MC	0.15	11.6	22.7	34.3	96.0	71.1	270	25920	364.8	T3	7105.0	100.0	1	0.0	0.0	464.8	33025.0
		2	MC	0.15	95.8	58.6	154.4	617.7	344.8	270	166779	483.7	T3	34479.0	100.0	1	0.0	0.0	583.7	201258.0
C.D. Rufino José Cuervo.	6	3	MSC	0.10	51.3	58.0	107.3	300.4	359.1	180	54072	150.8	T1	21546.0	60.0	1	0.0	0.0	210.8	75618.0
		4	PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.D. Santa Elena.	2	1	MSC	0.10	52.9	92.6	145.5	363.7	387.5	180	65468	168.9	T1	33250.0	60.0	1	0.0	0.0	228.9	88716.0
		2	MC	0.10	12.8	19.0	31.8	79.5	97.6	180	14310	146.6	T1	5858.0	60.0	1	0.0	0.0	206.6	20186.0
Esc. Carlos Alberto Sardi Garces	1	1	MSC	0.10	63.1	103.3	166.4	499.2	555.6	180	89856	161.7	T1	33336.0	60.0	2	450.0	250020.0	671.7	373212.0
Esc. Cristina Serrano de Lourido	1	1	MC	0.11	64.0	86.6	172.6	517.8	712.4	198	102824.4	143.9	T1	42744.0	60.0	1	0.0	0.0	303.9	145268.4
Esc. General Anzoategui	3	1	MSC	0.10	18.2	57.2	75.4	263.9	586.5	180	47502	81.0	T1	35190.0	60.0	2	450.0	263925.0	591.0	348617.0
		2	MSC	0.10	68.4	44.1	112.5	393.8	258.0	180	70984	274.7	T3	25800.0	100.0	1	0.0	0.0	374.7	96684.0
		3	MC	0.14	6.0	15.4	21.4	53.5	39.0	252	13482	345.7	T2	3510.0	90.0	1	0.0	0.0	435.7	16992.0
Esc. José María Villegas.	3	1	MSC	0.15	38.2	81.2	119.4	334.3	376.1	270	90261	240.0	T3	37610.0	100.0	1	0.0	0.0	340.0	127871.0
		2	MC	0.10	33.8	14.5	48.4	135.5	86.7	180	24390	261.2	T1	5203.8	60.0	1	0.0	0.0	341.2	29593.8
Esc. Luis Carlos Peña.	1	1	MC	0.15	44.8	71.0	115.8	301.0	417.5	270	81270	194.7	T1	35050.0	60.0	2	450.0	187875.0	704.7	294195.0
Esc. Luis Carlos Rojas Garces	6	2	MC	0.10	12.5	9.4	21.9	54.8	50.9	180	9884	193.8	T1	3054.0	60.0	2	450.0	22905.0	703.8	35823.0
		4	MC	0.10	14.1	23.9	38.0	95.0	75.2	180	17100	227.4	T1	4512.0	60.0	1	0.0	0.0	287.4	21612.0
		6	PC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esc. Olga Lucía Liprada	1	1	MSC	0.15	99.6	89.1	188.7	528.4	405.6	270	142668	351.7	T1	24336.0	60.0	1	0.0	0.0	411.7	167094.0
Esc. República de Francia.	5	1	MC	0.15	26.2	38.4	64.6	168.0	142.1	270	45360	319.2	T1	8526.0	60.0	1	0.0	0.0	379.2	53886.0
		4	MC	0.10	11.8	23.6	35.4	92.0	89.6	180	16560	237.9	T1	4176.0	60.0	1	0.0	0.0	297.9	20736.0
		5	MC	0.15	26.2	38.4	64.6	168.0	142.1	270	40360	319.2	T1	8526.0	60.0	1	0.0	0.0	379.2	53886.0
Esc. San Pedro Codenzal	3	1	MC	0.10	22.7	31.5	54.2	135.5	103.8	180	24390	235.0	T3	10380.0	100.0	2	450.0	46710.0	785.0	81480.0
		2	MSC	0.10	9.9	12.6	22.5	56.1	40.0	180	10098	252.5	T1	2400.0	60.0	1	0.0	0.0	312.5	12498.0



## ANEXO 9. ANÁLISIS PARTICULAR DE LAS ESCUELAS DE LA MUESTRA ESPECÍFICA.

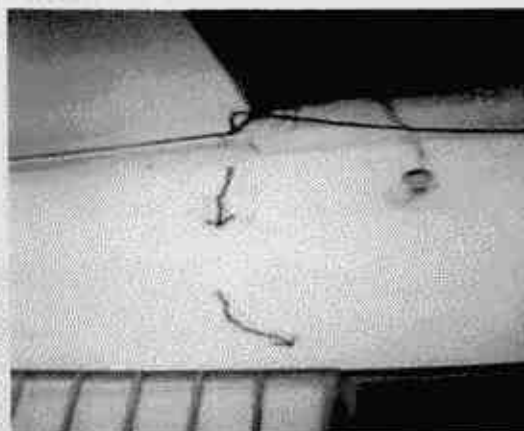
Este análisis se hizo para resaltar algunos aspectos que inciden en la vulnerabilidad de cada establecimiento y principalmente para hacer un acercamiento a las características de las escuelas pertenecientes a la muestra específica, lo cual se considera necesario, dada la buena representatividad de esta muestra dentro del universo de escuelas de Cali.

### ▪ Escuela Olga Lucía Lloreda.



Fue construida en 1960, se encuentra ubicada en el barrio Junín, tiene 420 estudiantes y consta de un bloque de un piso en forma de L y una zona libre común constituida por una cancha y un pequeño jardín, a la cual se tiene fácil acceso desde todos los salones. La tipología estructural de la edificación es muros sin confinar y la mayoría de muros estructurales se concentran en una sola dirección, aunque existen varios en la otra. Algunos de ellos presentan fisuras causadas por posibles asentamientos diferenciales de la

edificación, que podían observarse en los desniveles de los pisos. El mortero de pega se ve de buena calidad y presenta buena adherencia con los ladrillos. Los terrenos de la zona corresponden a un cono aluvial y el perfil de suelo es S2. La escuela ocupa una manzana completa y no tiene problemas de colindancia. Su grado de vulnerabilidad es Alto y en la siguiente tabla se resumen las características del bloque en rangos de vulnerabilidad para cada parámetro de evaluación.



**Muro fisurado en zona de asentamientos.**



**Aberturas a todo lo largo de muros en una dirección.**

**Tabla 1.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Olga Lucía Lloreda.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad
Entorno y ubicación	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Bajo
Edad y número de pisos	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo
Golpeteo	Bajo
Cubierta	Bajo
Aspectos geométricos	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo
Estructura	Muy Alto
Grado de vulnerabilidad	Alto

▪ **Escuela Mario Lloreda.**

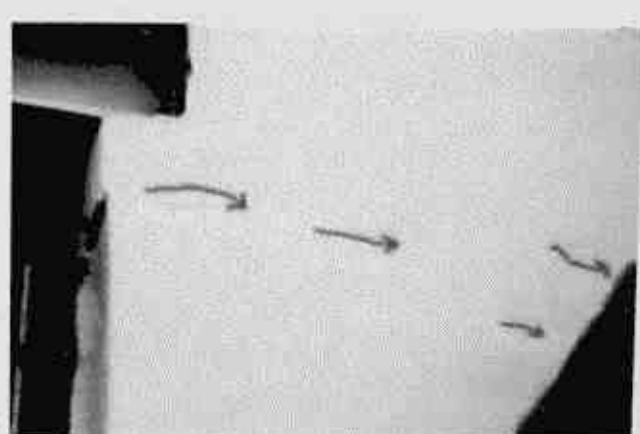


Se desconoce el año de construcción, pero tiene una arquitectura similar a la de otras escuelas construidas en los años sesenta; se encuentra ubicada en el barrio el Sena y consta de tres bloques de un piso, uno de ellos en forma de L alargada, otro es rectangular y el otro es una pequeña aula independiente de las demás. Tiene 300 estudiantes y la zona libre común está constituida por una cancha y algunas zonas verdes, hacia las cuales se puede evacuar con facilidad. La tipología estructural de los dos bloques más grandes es muros confinados,

concentrándose la mayoría de los muros estructurales en una sola dirección, aunque existen varios en la otra dirección. El otro bloque es un aula independiente con muros sin confinar. El bloque más grande tiene un muro con una grieta bastante pronunciada, en una zona donde se observan hundimientos de los corredores y andenes. También se encuentra localizada sobre suelos de un cono aluvial y el perfil correspondiente es S2. La ubicación de la escuela en la manzana es intermedia y tiene problemas de colindancia en todos los bloques. Su grado de vulnerabilidad es Medio y las características de los bloques evaluados, expresadas en rangos de vulnerabilidad para cada parámetro de evaluación, se resumen a continuación.



**Cubierta pesada, colindancia y características de vanos.**



**Muro agrietado en zona con evidencias de asentamientos.**

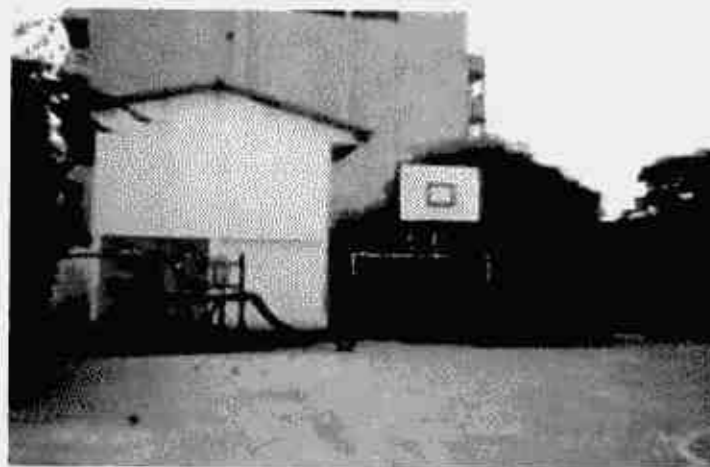


**Tabla 2.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Mario Lloreda.

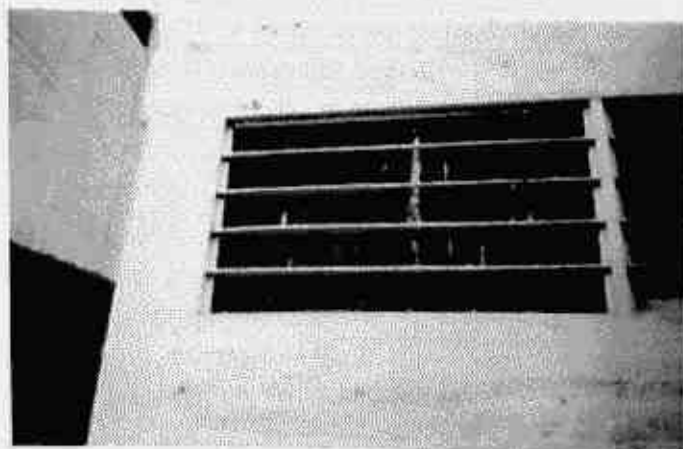
Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque 1	Bloque 2
Entorno y ubicación	Medio	Medio
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Alto	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Medio	Medio
Cubierta	Medio	Bajo
Aspectos geométricos	Alto	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Medio	Bajo
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>

▪ **Escuela Luis Carlos Rojas Garcés.**

Es una de las escuelas visitadas más nuevas pues fue construida en 1991, se encuentra ubicada en el barrio Primero de Mayo y consta de seis bloques de uno y dos pisos. El número de estudiantes asciende a 580 y las zonas libres están constituidas por una cancha alejada de las aulas y por zonas estrechas entre los bloques, por donde se podría dificultar la evacuación, al igual que podría suceder con las escaleras de los bloques que tienen dos pisos. La tipología estructural de cinco de los bloques es



muros confinados y existen muros estructurales en las dos direcciones principales; hay otro bloque con pórtico en concreto reforzado que fue construido hace 3 años. Al igual que en las anteriores escuelas, el terreno corresponde a un cono aluvial y el perfil de suelo es S2. La ubicación de la escuela en la manzana es intermedia y presenta problemas de colindancia en algunos bloques. Su grado de vulnerabilidad es Bajo y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 3.



**Columna corta por localización inadecuada de aberturas.**



Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



**Elementos no estructurales sueltos (Baffles, culatas).  
Ausencia de viga corona.**



**Cubierta pesada: sistema residencial.**

**Tabla 3. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Luis Carlos Rojas Garcés.**

Parámetro	Rango de vulnerabilidad		
	Bloque 2	Bloque 4	Bloque 6
Entorno y ubicación	Bajo	Bajo	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Medio	Bajo	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Medio	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Muy Alto	Medio
Cubierta	Bajo	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Bajo	Medio	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo	Bajo
Estructura	Bajo	Bajo	Bajo
Muros y antepechos	-	-	Alto
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

• **Escuela General Anzoategui.**

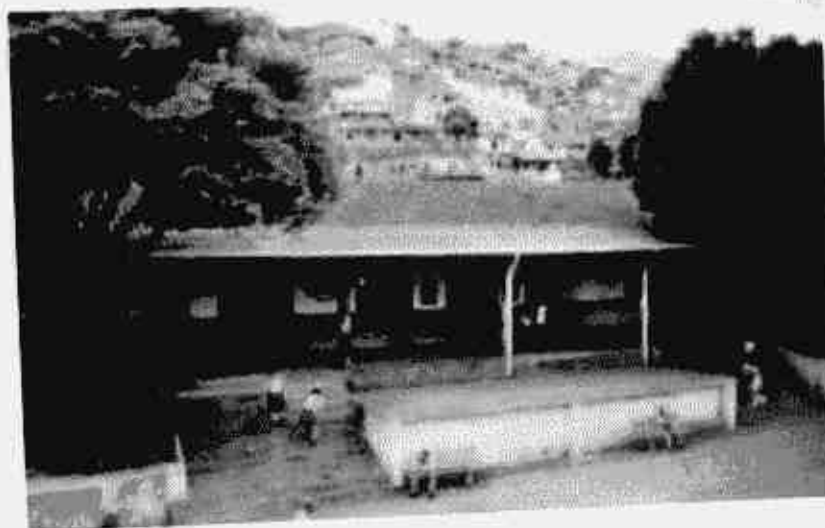
Fue construida en 1957, se encuentra ubicada en el barrio El Lido y consta de tres bloques de uno y dos pisos. La escuela alberga a 1060 estudiantes y las zonas libres son una cancha ubicada en medio de los bloques y un patio en un extremo de la escuela, a las cuales sería relativamente sencillo acceder desde las aulas del primer piso del bloque más grande, pero sería muy difícil la evacuación de los niños del resto de salones, debido a que las escaleras son insuficientes o se encuentran en muy mal estado.



La tipología estructural de los dos bloques más grandes es muros sin confinar, concentrados en su mayoría en una sola dirección por la presencia de grandes aberturas y vanos en la otra; el otro bloque es un aula pequeña, construida más recientemente, con muros confinados. Se encuentra sobre terrenos derivados de saprolito de diabasa y el perfil de suelo es S1. Los pisos de un bloque localizado sobre un terraplén se encuentran seriamente afectados. La ubicación de la escuela en la manzana es intermedia y presenta problemas de colindancia en todos los bloques. Debido a la topografía de la zona, el bloque más grande presenta diferencias de niveles entre sus aulas, situación que sumada a la ausencia de juntas constructivas y a su tipología estructural, podría generar graves problemas en la edificación, ante la ocurrencia de un sismo. Su grado de vulnerabilidad es Muy alto y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 4.

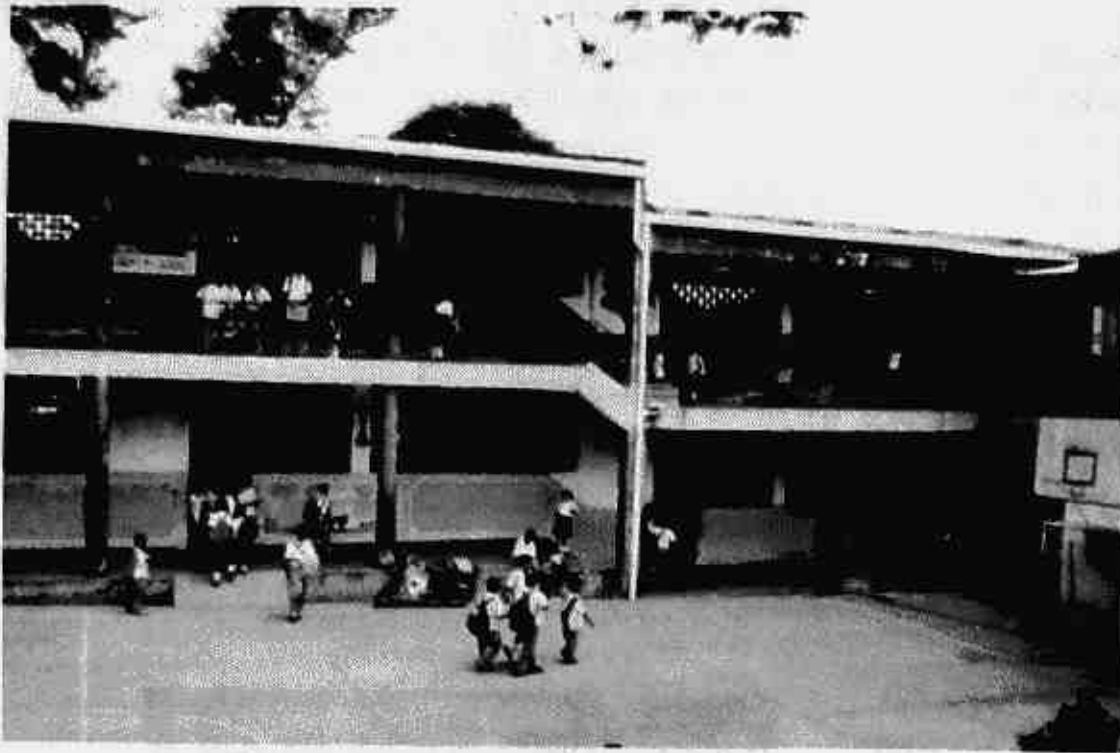


**Deterioro de pisos y escaleras (agrietamiento y desniveles).**



**Cubierta pesada: sistema residencial.**

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



Detalle de la junta.



Diferencias de niveles entre zonas colindantes, sin junta constructiva.  
Dimensión de aberturas y vanos en una sola dirección. Muros estructurales  
concentrados en una sola dirección.

Tabla 4. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela General Anzoategui.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad		
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Entorno y ubicación	Alto	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Alto	Alto	Alto
Edad y número de pisos	Alto	Alto	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Medio	Medio	Bajo
Golpeteo	Muy Alto	Medio	Medio
Cubierta	Bajo	Alto	Medio
Aspectos geométricos	Muy Alto	Medio	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Medio	Bajo	Bajo
Estructura	Muy Alto	Muy Alto	Medio
Grado de vulnerabilidad	Muy Alto	Alto	Medio

▪ Centro docente Santa Elena.



Es el establecimiento más antiguo dentro de los visitados, fue construida en 1901, se encuentra ubicado en el barrio Santa Elena y consta de dos bloques de un piso, con una población estudiantil de 205 niños y niñas. Las zonas libres son de fácil acceso en caso de evacuación, desde cualquier aula. La tipología estructural del bloque más grande es muros sin confinar y el otro bloque es un aula



Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

independiente, construida más recientemente, con muros confinados concentrados en una sola dirección. Al igual que en algunas escuelas anteriores, el terreno corresponde a un cono aluvial y el perfil de suelo es S2, sin embargo, según un estudio de suelos, proporcionado por la directora de la escuela, con el objetivo de hacer una posible ampliación, el suelo de fundación es un relleno heterogéneo compuesto de limos arcillosos con propiedades contracto - expansivas combinados con desechos, lo cual se constató con los evidentes asentamientos del terreno, principalmente en cercanía de los árboles, ocasionando fallas graves en algunos muros de los bloques y también en el muro de cerramiento. La ubicación del centro docente en la manzana es intermedia, aunque no presenta problemas de colindancia en ningún bloque. Su grado de vulnerabilidad es Alto y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 5.



Vanos a todo lo largo de los muros en una dirección.



Columna corta.



Agrietamiento de antepechos sin confinamiento en zonas con evidencias de asentamientos del terreno.



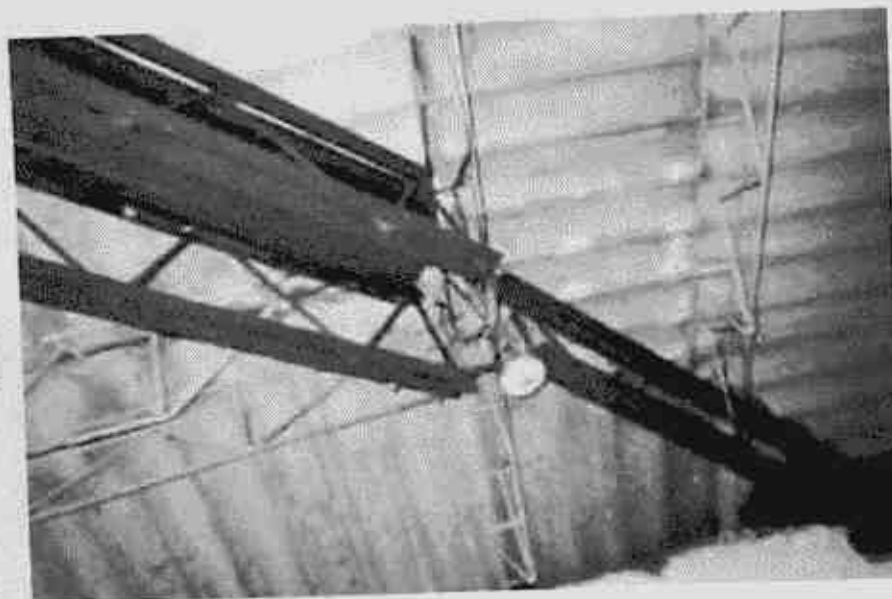
Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



Poca adherencia entre antepechos y elementos de confinamiento.



Culatas sueltas.



Viga metálica que da soporte a la cubierta, apoyada directamente sobre un muro sin confinar (en el acceso al baño de los niños) amarrada inadecuadamente al resto de elementos de la estructura de cubierta.



Tabla 5. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Santa Elena.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque 1	Bloque 2
Entorno y ubicación	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Alto	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Medio	Medio
Aspectos geométricos	Muy Alto	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Medio	Bajo
Estructura	Muy Alto	Medio
Grado de vulnerabilidad	Muy Alto	Medio

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

▪ **Escuela San Pedro Codenal.**

Su año de construcción es 1972, se encuentra ubicada en el barrio San Pedro Claver y consta de tres bloques de un piso, los cuales albergan a 364 estudiantes. Las zonas libres son estrechas aunque de fácil acceso en caso de evacuación desde la mayoría de aulas. La tipología estructural de los bloques más grandes es muros confinados y el otro es un aula independiente con muros sin confinar, en los cuales los muros estructurales se concentran en una sola dirección, con



algunos muros en la otra dirección, con longitudes de aberturas y vanos superiores a la mitad de la longitud de los muros. De acuerdo con la formación geológica correspondiente a la zona donde está ubicada esta escuela, se encuentra sobre terrenos con estratos de arenas, limos y arcillas intercalados con gravas y bloques de roca, característicos de zonas a lo largo de los cursos de los ríos o de llanuras de inundación y el perfil de suelo es S3. La ubicación del centro docente en la manzana es de esquina, aunque solo presenta problemas de colindancia en el bloque más pequeño. Su grado de vulnerabilidad es Medio y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 6.



En algunas zonas el cerramiento se encuentra en mal estado por asentamientos diferenciales y, en mayor medida, en un extremo de la escuela que linda con una calle, el cerramiento se ha visto seriamente afectado por las raíces de un árbol muy grande, que se encuentra cerca al bloque que aloja a la mayor cantidad de niños y niñas.



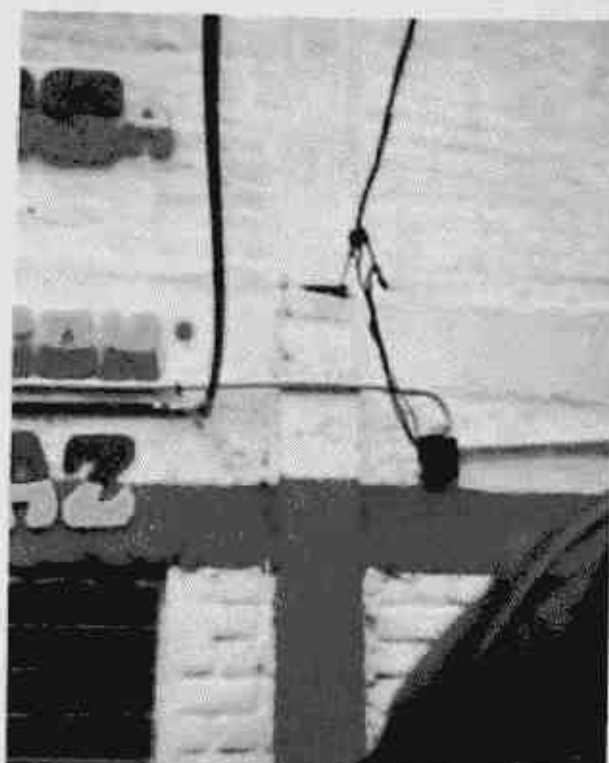
**Mala calidad del mortero  
y de las juntas de pega.**

**Ausencia de juntas  
constructivas.**





Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



Anclaje de elementos  
no estructurales  
en unión viga  
columna.

Vanos a todo lo  
largo del muro.

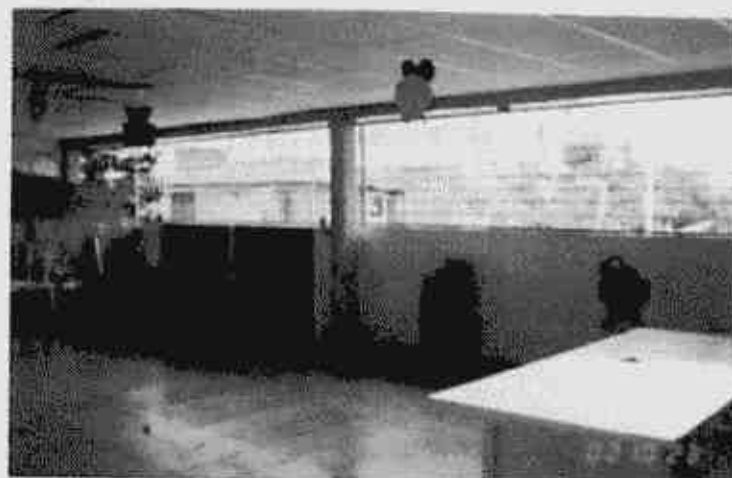


Tabla 6. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela San Pedro Codenal.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque 1	Bloque 2
Entorno y ubicación	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Alto	Alto
Edad y número de pisos	Alto	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Muy Alto	Bajo
Golpeteo	Bajo	Medio
Cubierta	Medio	Medio
Aspectos geométricos	Bajo	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Medio	Muy Alto
Grado de vulnerabilidad	Medio	Alto

• Escuela Rufino José Cuervo.



Fue construida en 1962 en el barrio Meléndez, tiene 549 estudiantes, está conformada por seis bloques, cuatro de ellos con muros sin confinar, uno con muros confinados y el otro, un pórtico en concreto, los muros estructurales se concentran en una sola dirección. Las zonas libres son amplias y con facilidad de acceso desde cualquier aula en el momento de realizar una evacuación. Se encuentra ubicada sobre terrenos correspondiente a un cono aluvial con un perfil de suelo S2. La ubicación del centro docente en la manzana es

de esquina, aunque solo presenta problemas de colindancia en algunos bloques.

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

Su grado de vulnerabilidad es Alto y la causa principal es la gran cantidad de bloques de muros sin confinar, y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 7.



Sistema estructural mampostería sin confinar. Muros estructurales en una dirección y grandes aberturas en la otra. Ausencia de viga corona.



Apoyos de la cubierta.



Desniveles en los pisos.

Problemas de colindancia entre bloques.



Tabla 7. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Rufino José Cuervo.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque3	Bloque4
Entorno y ubicación	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Alto	Medio
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Muy Alto
Golpeteo	Medio	Medio
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Alto	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Medio	Bajo
Estructura	Muy alto	Bajo
Muros y antepechos	-	Alto
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

• Centro docente Francisco José de Caldas.

Fue construida en 1960. Alberga a 282 estudiantes, se encuentra ubicada en el barrio Bellavista y está conformada por un solo bloque de muros sin confinar con algunas columnas y vigas, pero no en una cuantía que permita clasificarlo como un pórtico. La mayoría de los muros se concentra en una sola dirección, con algunos muros en la otra dirección principal. Se encuentra emplazado sobre una pendiente entre  $20^\circ$  y  $30^\circ$ , que se manejó con una edificación en niveles, con una irregularidad en altura muy pronunciada. Se evidencian muchas grietas en los muros, de lado a lado, las cuales podrían indicar que no se hizo una estabilización adecuada de la ladera antes de construir la planta física de la escuela. Los terrenos sobre los cuales se fundó la escuela corresponden a depósitos torrenciales con estratos de gravas y arenas sobrepuestos a la topografía original de rocas diabásicas. El perfil de suelo de la zona es S1, aunque debido a la topografía podría esperarse que haya alguna amplificación de la onda sísmica (Suárez y Arroyo, 2001). Es un bloque intermedio y existen problemas de colindancia al no haber, debido a la topografía, coincidencia de niveles de entrepiso con las edificaciones vecinas. Su grado de vulnerabilidad es Muy alto.



**Fisuras en la mampostería en zonas donde se evidencian asentamientos.**



**Deterioro de elementos arquitectónicos.**

**Irregularidad en altura (construcción en niveles).**





**Tabla 8.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Francisco José de Caldas.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad
Entorno y ubicación	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Medio
Edad y número de pisos	Muy alto
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo
Golpeteo	Muy alto
Cubierta	Medio
Aspectos geométricos	Alto
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo
Estructura	Muy alto
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	

• **Escuela Luis Carlos Peña.**

Se encuentra ubicada en el barrio San Juan Bosco. En 1942 fueron construidas las edificaciones que la conforman actualmente, las cuales hasta 1990 eran dos viviendas independientes. En ese año se les hizo una adaptación para unirlos, generándole cierta irregularidad en planta y en altura, con carencia total de zonas libres hacia las cuales evacuar en caso de emergencia. El bloque existente alberga a 350 estudiantes y presenta muros confinados, con mayor concentración en una de las direcciones principales. Se encuentra ubicada sobre terrenos correspondientes a un cono aluvial con un perfil de suelo S2. Es un bloque intermedio y podría tener problemas de colindancia con edificaciones vecinas, aunque no fue posible verificar si las alturas libres coincidían o no. Su grado de vulnerabilidad es Medio.



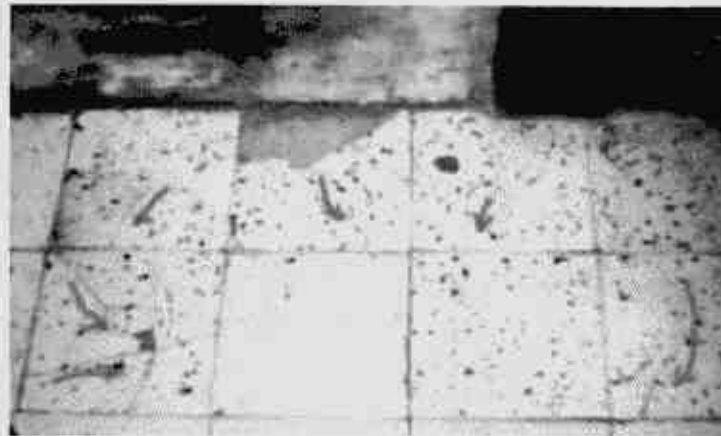
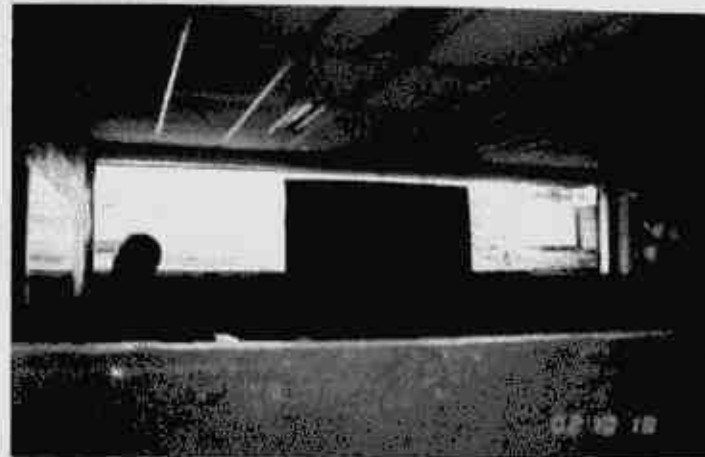
**Anclaje de estructura de cubierta a elementos de confinamiento vertical.**

**Irregularidades del diafragma y en altura.**



Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica

Muros estructurales en una sola dirección.  
Aberturas a todo lo largo de los muros en  
la otra dirección.



Anclaje a losa antigua de estructura metálica que soporta losa en steel deck.  
Fisuramiento de pisos en zona de anclaje.

Tabla 9. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Luis Carlos Peña.

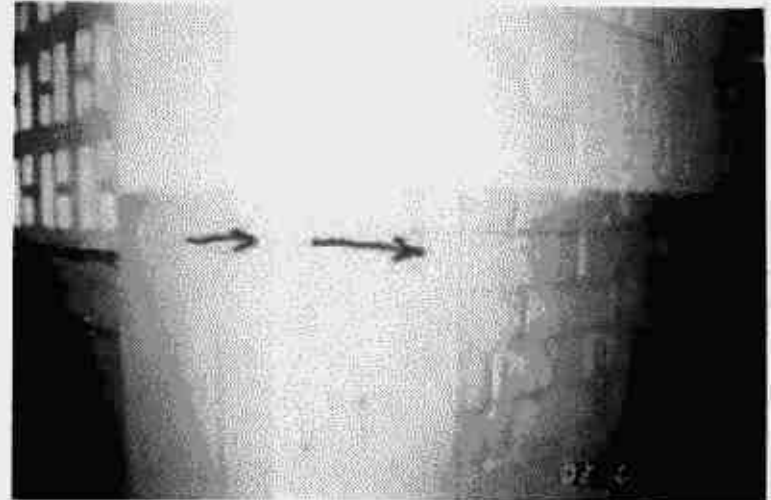
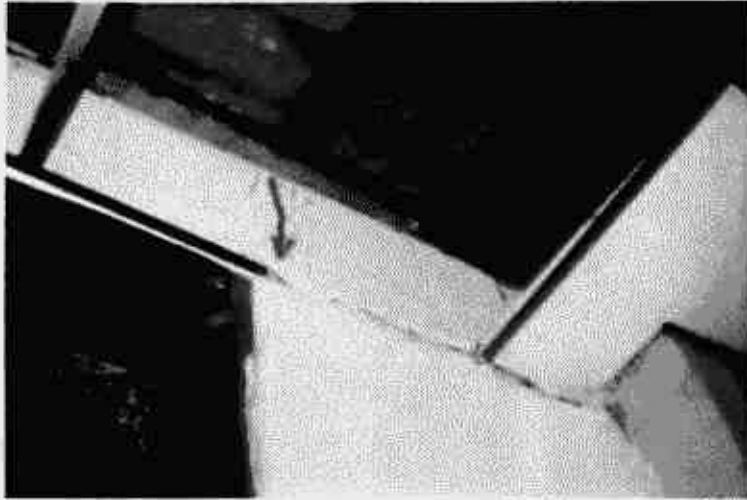
Parámetro	Rango de vulnerabilidad
Entorno y ubicación	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Alto
Edad y número de pisos	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Medio
Golpeteo	Muy Alto
Cubierta	Bajo
Aspectos geométricos	Muy Alto
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo
Estructura	Medio
Grado de vulnerabilidad	Medio

• Escuela Cristina Serrano de Lourido.

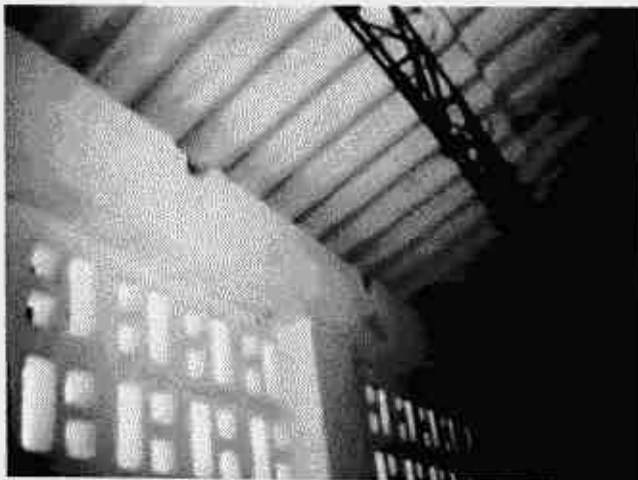
Está localizada en el barrio Berlín, a pocos metros del río Cali y en ella estudian 265 niños y niñas. Fue construida en 1968 y consta de un bloque de forma similar a una F, con algunos muros confinados en ambas direcciones aunque la mayoría se encuentran en mal

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

estado, debido a asentamientos del terreno que pueden verse en los pisos de todos los corredores y alrededores de la edificación. La unidad geológica correspondiente a esta zona se describe como estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloques de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos y el perfil de suelo de la zona es S3. Es un bloque de esquina y tiene problemas de colindancia en un extremo de la edificación con bloques de un colegio vecino. Su grado de vulnerabilidad es Alto.



Fallas en elementos estructurales.



Destrucción voluntaria de elementos estructurales.



Acero expuesto por mala fundición del elemento.

Mala calidad de las juntas de pega.

Discontinuidad de elementos estructurales.





**Fragmentos de mampostería que representan un riesgo para las personas.  
Fallas en muros estructurales por asentamientos del terreno.**

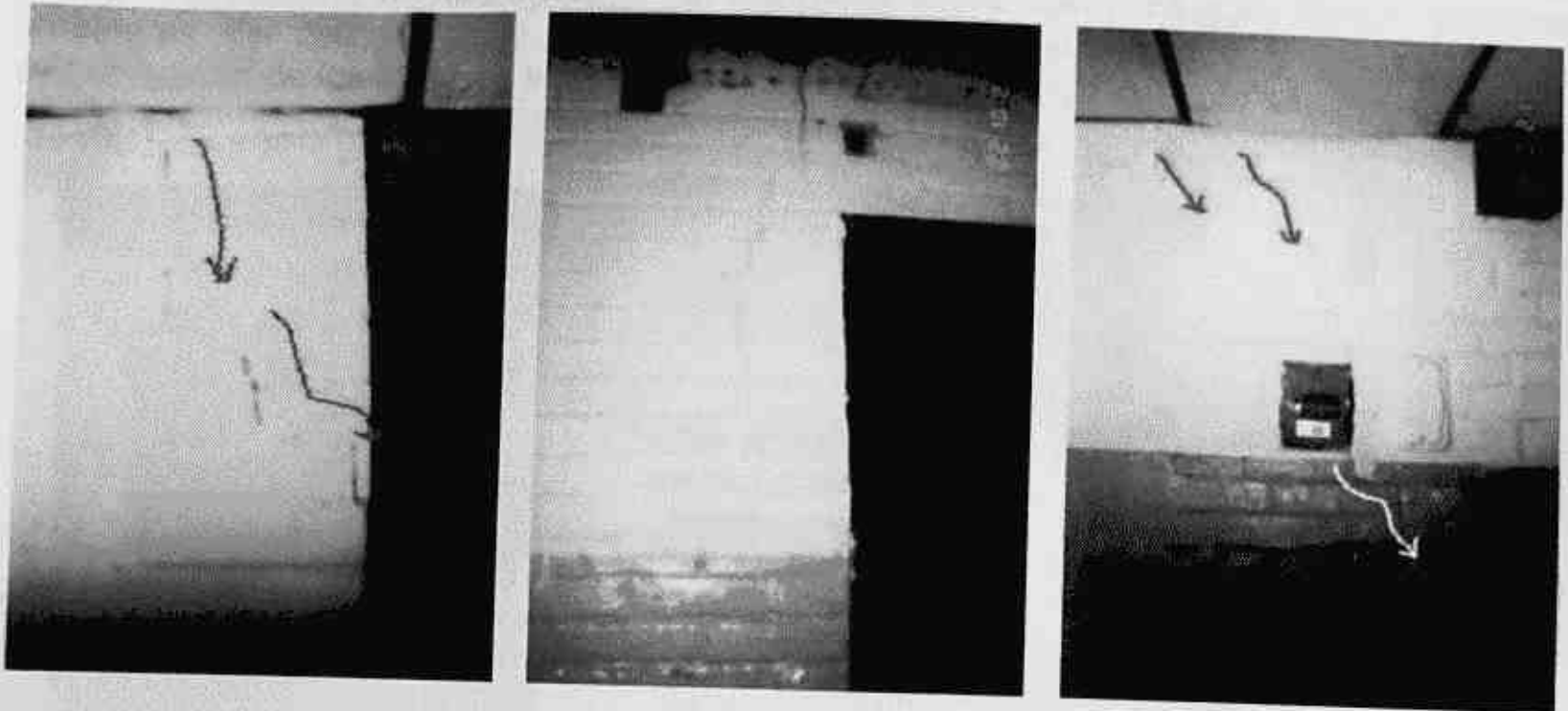
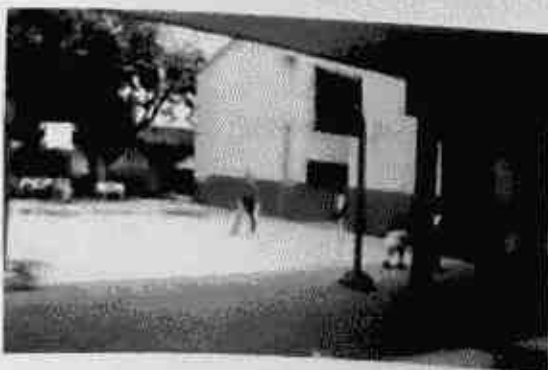


Tabla 10. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Cristina Serrano de Lourido.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad
Entorno y ubicación	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Medio
Edad y número de pisos	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Medio
Golpeteo	Muy Alto
Cubierta	Medio
Aspectos geométricos	Alto
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Alto
Estructura	Muy Alto
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Alto</b>

• **Centro docente Fernando de Aragón.**



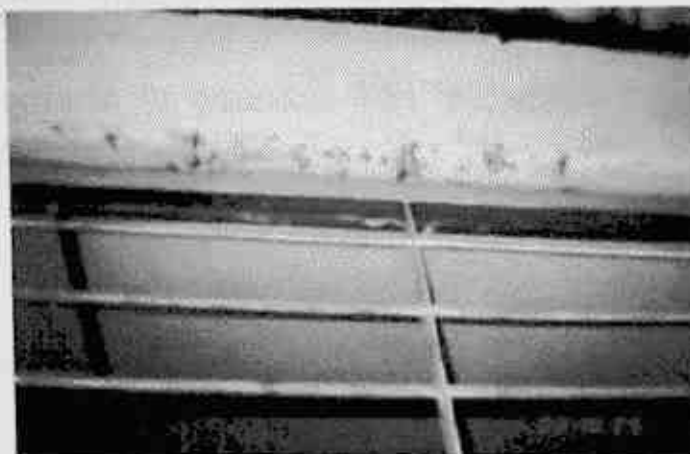
Fue construido en el año 1962, se encuentra ubicado en el barrio Santa Mónica, al frente del barrio El Rodeo, consta de dos bloques de uno y dos pisos. Desde la mayoría de las aulas, las zonas libres no son de fácil acceso en caso de evacuación. La tipología estructural del bloque más grande es muros sin confinar y el otro bloque está compuesto por dos aulas independientes de

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

muros confinados, construido recientemente. Al igual que en algunas escuelas anteriores, el terreno corresponde a un cono aluvial y el perfil de suelo es S2. Ambos bloques presentan asentamientos diferenciales que han ocasionado fallas graves en algunos muros. El centro docente ocupa la manzana completa y ningún bloque presenta problemas de colindancia. Su grado de vulnerabilidad es Alto y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 11.



Fallas en los muros estructurales por asentamientos diferenciales de la edificación. Deterioro de cielorasos.



Acero expuesto por mala fundición del elemento de confinamiento y horizontal.

Aberturas en calados.  
Antepechos sueltos en segundo piso.



Tabla 11. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Fernando de Aragón.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque2
Entorno y ubicación	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Alto	Alto
Edad y número de pisos	Alto	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Muy Alto	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Muy Alto	Medio
Grado de vulnerabilidad	Muy Alto	Medio

▪ Centro docente Isaías Gamboa.



Fue construida en 1987, se encuentra ubicada en el barrio Terrón Colorado al Oriente de la ciudad. Tiene tres bloques de muros confinados y un solo piso de forma geométrica regular y en buen estado, los cuales albergan a 350 estudiantes. Debido a la topografía de la zona los bloques de la escuela están ubicados en diferentes niveles comunicados por medio de terrazas que están dispuestas en forma de gradas, las cuales presentan fisuramientos y grietas por la falta de estabilización de la ladera. El terreno sobre el que se encuentra asentada la escuela son diabasas parcialmente meteorizadas (OSSO y CLE, 1996) y el perfil de suelo es S1. Su grado de vulnerabilidad es Bajo y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados se presentan en la Tabla 12.



Inestabilidad de taludes, sin consecuencias en la estructura.



Estabilización de taludes con muros de contención.

Terrazas no estabilizadas en zonas libres.





Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

Antepechos confinados. Distancia entre elementos de confinamiento vertical, mayor a la altura de entrepiso.

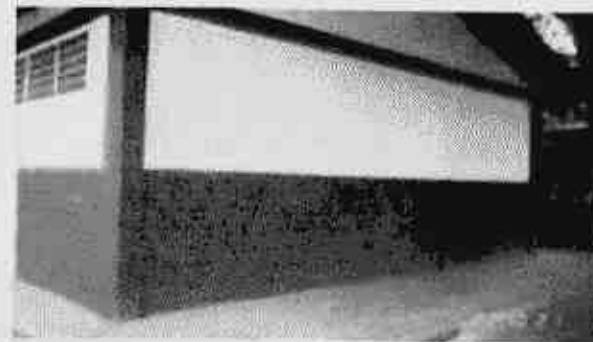


Tabla 12. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Isaías Gamboa.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque2	Bloque3
Entorno y ubicación	Medio	Medio
Suelos	Bajo	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Bajo	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Bajo	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Bajo	Bajo
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>

▪ Escuela República de Francia.



Fue construida en 1970, se encuentra ubicada en el barrio Los Álamos en cercanías del río Cali, tiene 300 estudiantes y está conformada por seis bloques de muros confinados, de un piso y de forma geométrica regular, en los cuales la mayor cantidad de muros estructurales está concentrada en una sola dirección principal; los bloques se encuentran en buen estado, a excepción del bloque que ocupa el restaurante escolar, el cual presenta fallas en los pisos y en los antepechos

debidas a asentamientos diferenciales. Existe gran facilidad en el acceso a las zonas libres desde cualquier aula y estas son muy amplias, además ningún bloque tiene problemas de colindancia. Al igual que en algunas escuelas anteriores, el terreno corresponde al cono aluvial de Cali, compuesto por intercalaciones de arenas, gravas y limos medianamente cementados (OSSO y CLE, 1996) y el perfil de suelo es S2. Su

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

grado de vulnerabilidad es Medio y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 13.



Muros estructurales en una sola dirección, por presencia de grandes aberturas a todo lo largo de la otra. Presencia de columna corta.

Agrietamiento de los pisos y de los antepechos del restaurante escolar, a causa de asentamientos del terreno.



Distancia entre elementos de confinamiento vertical, mayor a la altura de entrepiso.

Mala calidad de las unidades de mampostería.



**Tabla 13.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela República de Francia.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad		
	Bloque1	Bloque4	Bloque5
Entorno y ubicación	Medio	Medio	Medio
Suelos	Bajo	Bajo	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Bajo	Bajo	Bajo
Edad y número de pisos	Alto	Bajo	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo	Bajo
Cubierta	Medio	Bajo	Medio
Aspectos geométricos	Medio	Medio	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Medio	Bajo	Medio
Estructura	Medio	Medio	Medio
Grado de vulnerabilidad	Medio	Bajo	Medio

▪ **Centro docente República del Brasil.**



Fue construida en 1950, tiene 700 estudiantes, está ubicada en el barrio La Campiña y conformada por tres bloques de un piso y con muros confinados, dos de los cuales son muy antiguos y presentan alturas libres muy grandes. No existe facilidad de evacuación de las aulas hacia las zonas libres y ninguno de los bloques presenta problemas de colindancia. El terreno de la zona se caracteriza por ser depósitos de vertiente derivados de rocas del Terciario de poca estabilidad (OSSO y CLE, 1996) y el perfil de suelo es S2. Su grado de vulnerabilidad es Medio y los rangos de vulnerabilidad de los bloques evaluados están consignados en la Tabla 14.



**Altura de entrepiso superior a cuatro metros.**



**Grandes aberturas en una dirección. Presencia de columna corta.**



Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



Deterioro y desniveles en los pisos.

Elementos arquitectónicos  
pesados sin amarre adecuado.

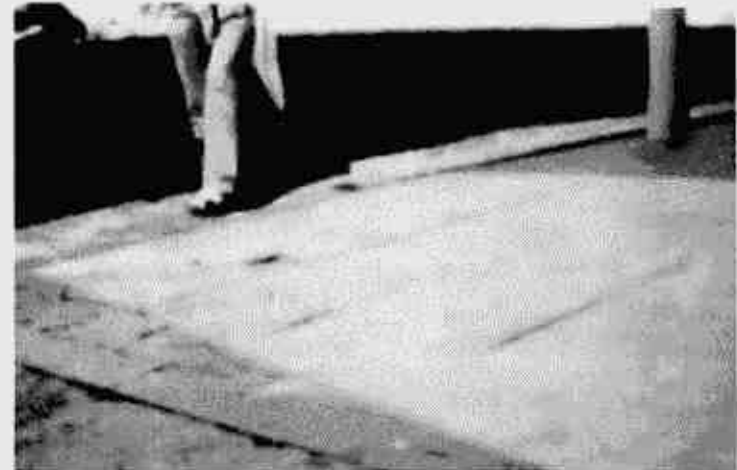


Tabla 14. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente República del Brasil.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque2
Entorno y ubicación	Bajo	Bajo
Suelos	Bajo	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Alto	Alto
Edad y número de pisos	Alto	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Medio
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Medio	Alto
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Bajo	Alto
Grado de vulnerabilidad	Bajo	Medio

▪ Escuela José María Villegas.

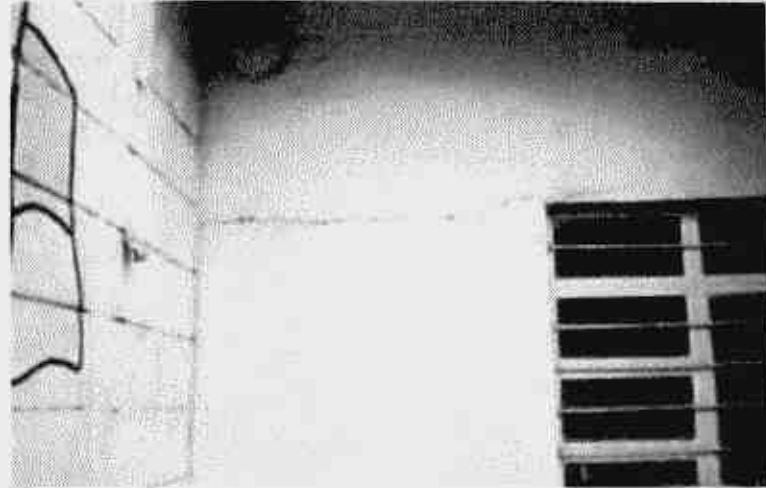
Fue construida en 1965, en ella estudian 480 niñas y niños, está ubicada en el barrio Alfonso López a dos cuadras del jarillón del río Cauca. Está conformada por tres bloques, de los cuales dos tienen muros confinados y el más grande tiene muros sin confinar; este último concentra la mayor cantidad de muros en una sola dirección y presenta, en algunas zonas, grietas y pandeo de muros debidas a asentamientos del terreno. Las zonas libres están conformadas por una cancha y corredores entre los bloques, a las cuales se tiene poca facilidad de acceso y ninguno de los bloques tiene problemas de colindancia. El perfil de suelo es S3 y el terreno sobre el cual se encuentra asentada la edificación está compuesto por estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloques de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos (OSSO y CLE,

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

1996). Su grado de vulnerabilidad es Alto y los rangos de vulnerabilidad para cada bloque se muestran en la Tabla 15.

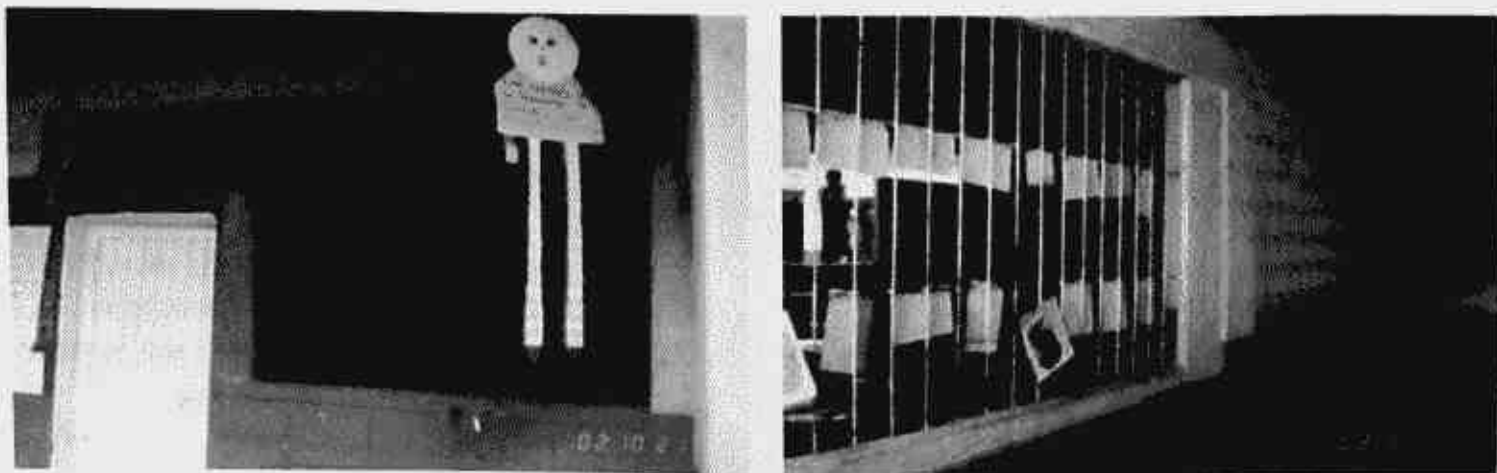


**Muro estructural pandeado por asentamiento y mala constructiva.**



**Falla en el muro contiguo al muro pandeado, en zona con evidencias de asentamientos.**

**Edificación construida recientemente. Presencia de columna corta por falta de separación entre el inicio de la abertura y el muro.**



**Grandes aberturas. Concentración de muros estructurales en una sola dirección**

**Tabla 15.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela José María Villegas.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque2
Entorno y ubicación	Medio	Medio
Suelos	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Alto	Bajo
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Alto	Bajo
Aspectos geométricos	Alto	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Medio	Bajo
Estructura	Muy Alto	Medio
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>

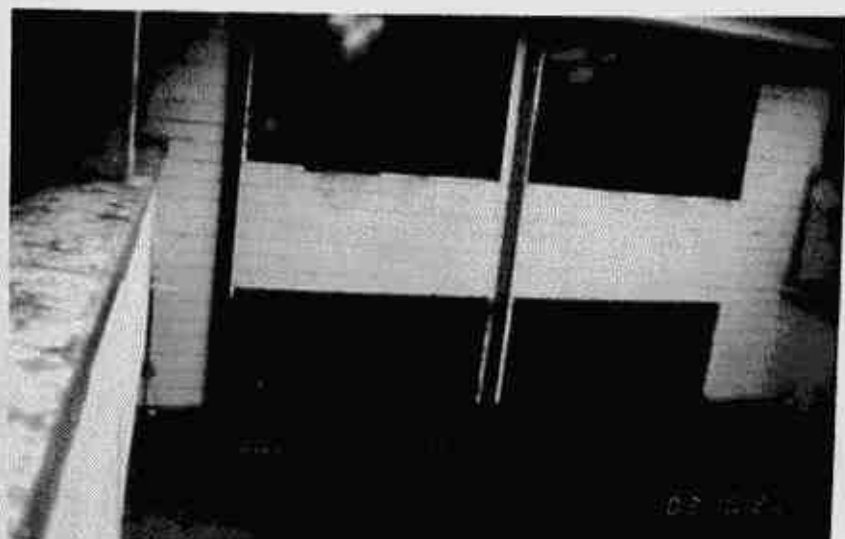
▪ **Escuela Carlos Alberto Sardi Garcés.**



Se construyó en 1953, está ubicada en el barrio San Antonio y tiene una población estudiantil de 500 niños y niñas. Tiene un solo bloque de muros sin confinar, irregular geométricamente tanto en planta como en altura y que al ser un bloque intermedio, presenta problemas de colindancia con edificaciones vecinas. No hay facilidad para acceder rápidamente a las zonas libres en caso de emergencia. El perfil de suelo de la zona es S1 y de acuerdo a la formación geológica, el terreno

corresponde a depósitos torrenciales con estratos de gravas y arenas sobrepuestos a la topografía original de rocas diabásicas, caracterizados por tener una alta estabilidad (OSSO y CLE, 1996). Su grado de vulnerabilidad es Alto y los rangos de vulnerabilidad para cada bloque se muestran en la Tabla 16.

**Edificación de muros sin confinar con alturas de entrepiso mayores a tres metros. Concentración de muros estructurales en una sola dirección y grandes aberturas en la otra.**





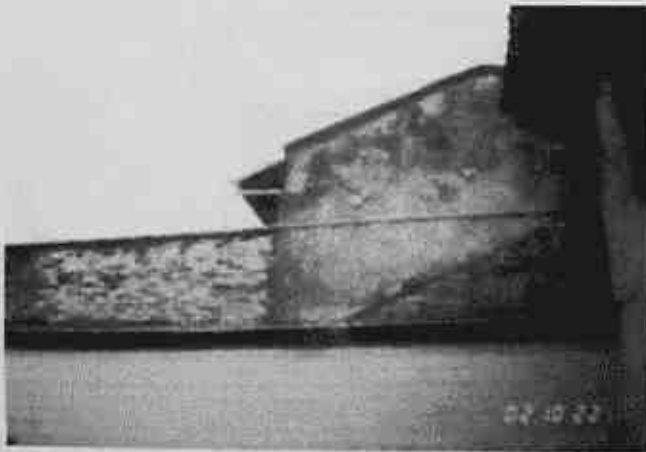
Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



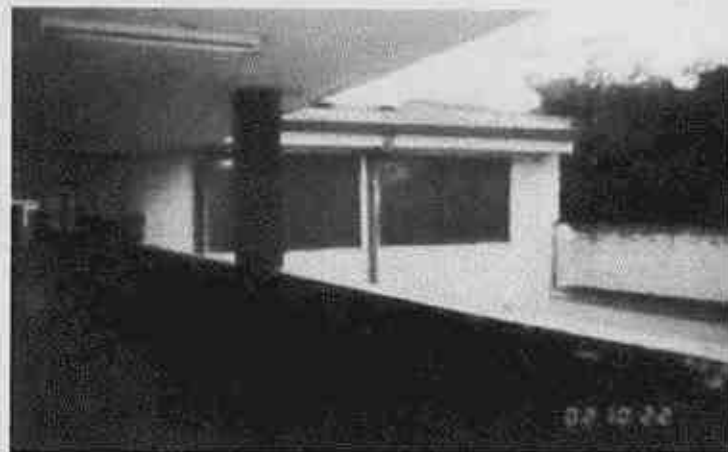
Ausencia de junta constructiva entre la edificación antigua y ampliación adosada.



Deterioro del muro de cerramiento.



Edificación intermedia, problemas de colindancia con edificaciones vecinas.



Columnas de apoyo de la losa de entepiso solo en corredores.

Tabla 16. Rangos de vulnerabilidad por parámetro de la escuela Carlos Alberto Sardi Garcés.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad
Entorno y ubicación	Bajo
Suelos	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Muy Alto
Edad y número de pisos	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Medio
Golpeteo	Medio
Cubierta	Medio
Aspectos geométricos	Alto
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo
Estructura	Muy Alto
Grado de vulnerabilidad	Alto

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

• Centro docente Las Américas.



Fue construido en 1984, está ubicado en el barrio Floralia en cercanías del río Cauca y en ella estudian 800 niños y niñas. Esta escuela tiene dos bloques que inicialmente tenían muros confinados y hace 4 años, uno de ellos, fue ampliado en altura parcialmente sin hacer las adecuaciones necesarias, lo cual se evidencia en el fisuramiento y pandeo de la mayoría de los muros del primer piso, por efecto de la sobrecarga. Actualmente se

está completando la ampliación en altura y no fue posible inspeccionar y evaluar esta zona del establecimiento. Ninguno de los bloques presenta problemas de colindancia y no existe facilidad para evacuar de las aulas del segundo piso hacia las zonas libres. El perfil de suelo de la zona es S3 y el terreno sobre el cual se encuentra asentada la edificación está compuesto por estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloques de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos (OSSO y CLE, 1996). Su grado de vulnerabilidad es Medio.

Tabla 17. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente Las Américas.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque2
Entorno y ubicación	Medio	Medio
Suelos	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Muy Alto	Muy Alto
Edad y número de pisos	Bajo	Medio
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Alto
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Bajo	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Alto	Medio
Muros y Antepechos		Alto
Grado de vulnerabilidad	Medio	Medio



Fisuramiento de elementos estructurales (viguetas, columnetas, muros, y cerramiento) y no estructurales.



Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

▪ Centro Docente Francisco Montes Idrobo.

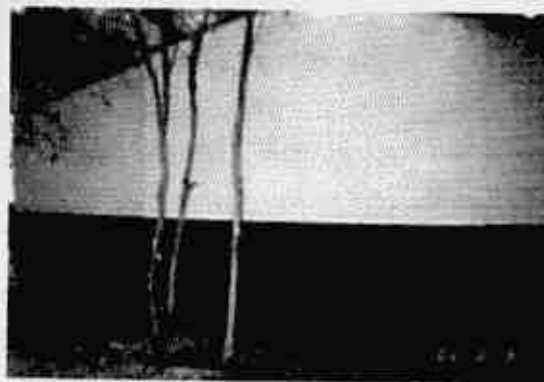


Fue construido en 1969, está ubicado en el barrio Departamental y tiene cinco bloques en los cuales alberga 672 estudiantes. Dos de los bloques tienen muros sin confinar y tres tienen muros confinados, los cuales, en su mayoría, están concentrados en una de las direcciones principales del bloque debido a la presencia de grandes vanos en la otra. En general los muros se encuentran en buen estado a excepción de uno que presentan grietas considerables debidas a

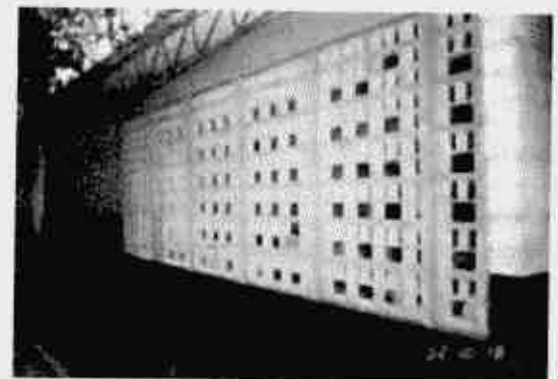
asentamientos diferenciales del terreno. Ninguno de los bloques presenta problemas de colindancia y existe facilidad para evacuar de los salones de clase hacia las zonas libres. El perfil de suelo de la zona es S2 y, al igual que otros establecimientos educativos, está asentado sobre terrenos correspondientes al cono aluvial de Cali, compuesto por intercalaciones de arenas, gravas y limos medianamente cementados (OSSO y CLE, 1996). Su grado de vulnerabilidad es Ato y los rangos de vulnerabilidad de los bloques en cada parámetro se muestran en la Tabla 18.



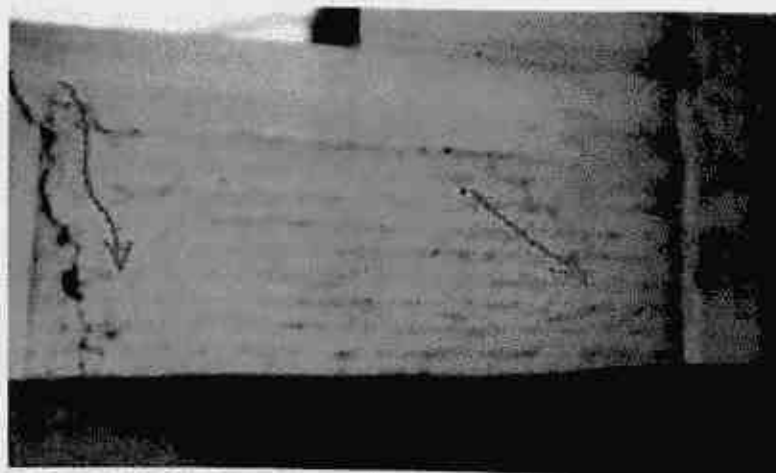
Facilidad de acceso  
a zonas libres.



Muros sin confinar.



Grandes aberturas  
en calados.



Falla en un muro por asentamientos del terreno y mala  
calidad constructiva.



Tabla 18. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del Centro Docente Francisco Montes Idrobo.

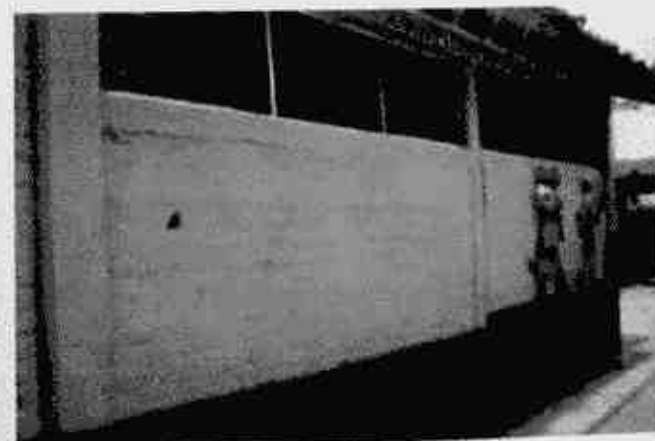
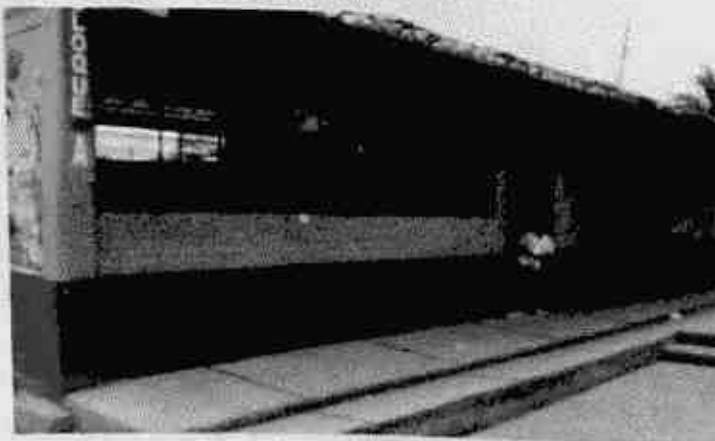
Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque3
Entorno y ubicación	Bajo	Bajo
Suelos	Medio	Medio
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Alto	Alto
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Bajo
Golpeteo	Bajo	Bajo
Cubierta	Alto	Bajo
Aspectos geométricos	Alto	Bajo
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Muy Alto	Medio
Grado de vulnerabilidad	Alto	Medio

▪ Centro Docente José Ramón Bejarano.



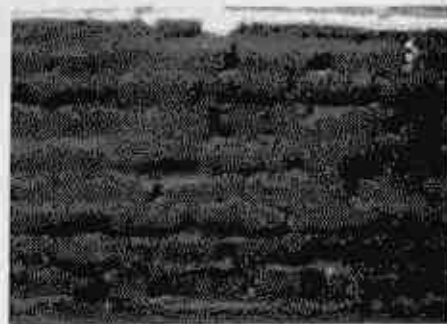
Fue construido en 1985, está ubicado en el barrio Laureano Gómez en el Distrito de Aguablanca y tiene tres bloques en los cuales estudian 1500 niños y niñas. Inicialmente los bloques estaban conformados por muros confinados y hace poco, a una parte de un bloque se le hizo una ampliación en altura que consistió en la construcción de salones. En algunos bloques se observó que el concreto de las columnetas presenta hormigueos y, que debido a su deterioro, el

acero está expuesto. Ninguno de los bloques presenta problemas de colindancia y no existe facilidad para evacuar de las aulas del segundo piso hacia las zonas libres. El perfil de suelo de la zona es S3 y el terreno sobre el cual se encuentra asentada la edificación está compuesto por estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloques de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos (OSSO y CLE, 1996). Su grado de vulnerabilidad es Medio y los rangos de vulnerabilidad de los bloques en cada parámetro se muestran en la Tabla 19.



Presencia de columna corta y aberturas a todo lo largo del muro.

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.



**Problemas constructivos.  
Mala fundición de elementos  
de confinamiento.**



**Problemas de colindancia.**

**Tabla 19.** Rangos de vulnerabilidad por parámetro del centro docente José Ramón Bejarano.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque2
Entorno y ubicación	Medio	Medio
Suelos	Bajo	Bajo
Seguridad y zonas de evacuación	Medio	Medio
Edad y número de pisos	Bajo	Medio
Cambios de uso y ampliaciones	Bajo	Muy Alto
Golpeteo	Medio	Bajo
Cubierta	Bajo	Bajo
Aspectos geométricos	Medio	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Medio	Bajo
Muros y Antepechos		Medio
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>

▪ **Centro Docente La Anunciación.**



Fue construido en 1982, está ubicado en el barrio Alirio Mora Beltrán en el Distrito de Aguablanca y tiene tres bloques en los que alberga 2159 estudiantes. Inicialmente los bloques estaban conformados por muros confinados, a los que hace algunos años, se les hizo una ampliación en altura. En general los muros presentan buen estado y, solo en uno, se observaron algunas grietas y fisuras debidas a posibles asentamientos o a que no se hicieron las adecuaciones necesarias para la construcción de la segunda planta. Se presentan problemas de colindancia en algunos bloques debido a su ubicación dentro del establecimiento y no existe facilidad para evacuar de las aulas del segundo piso hacia las zonas libres. El perfil de suelo de la zona es S3 y el terreno sobre el cual se encuentra asentada la edificación

necesarias para la construcción de la segunda planta. Se presentan problemas de colindancia en algunos bloques debido a su ubicación dentro del establecimiento y no existe facilidad para evacuar de las aulas del segundo piso hacia las zonas libres. El perfil de suelo de la zona es S3 y el terreno sobre el cual se encuentra asentada la edificación

Anexo 9. Análisis particular de las escuelas de la muestra específica.

está compuesto por estratos de arenas, limos y arcillas, ocasionalmente intercalados con gravas y bloques de roca, principalmente a lo largo del curso de los ríos (OSSO y CLE, 1996). Su grado de vulnerabilidad es Medio y los rangos de vulnerabilidad de los bloques en cada parámetro se muestran en la Tabla 20.



Fisuras en la mampostería.



Poca adherencia entre los muros y los elementos de confinamiento vertical.



Deflexión de la viga, Visible en deformación de la reja de la ventana.



Irregularidades en planta y en altura de una edificación.

Tabla 20. Rangos de vulnerabilidad por parámetro del Centro Docente La Anunciación.

Parámetro	Rango de vulnerabilidad	
	Bloque1	Bloque3
Entorno y ubicación	Bajo	Bajo
Suelos	Alto	Alto
Seguridad y zonas de evacuación	Muy Alto	Muy Alto
Edad y número de pisos	Alto	Medio
Cambios de uso y ampliaciones	Muy Alto	Muy Alto
Golpeteo	Muy Alto	Muy Alto
Cubierta	Medio	Bajo
Aspectos geométricos	Alto	Medio
Aspectos constructivos y grado de deterioro	Bajo	Bajo
Estructura	Medio	Bajo
Muros y Antepechos		Medio
<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>