



XXXIII JORNADAS SUDAMERICANAS  
DE INGENIERIA ESTRUCTURAL  
Santiago, 26 al 30 de Mayo de 2008



[www.asaee.org.br](http://www.asaee.org.br)

## PROCEDIMIENTOS PRELIMINARES PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO DE LAS ESCUELAS DE BRITISH COLUMBIA, CANADÁ. ASPECTOS GENERALES DE LA SEGUNDA EDICION

### BRIDGING GUIDELINES FOR THE SEISMIC RETROFIT OF THE BRITISH COLUMBIA SCHOOLS. OVERVIEW OF THE SECOND EDITION

Timothy W. White (1); Carlos E. Ventura (2); Graham Taylor (3); Freddy E. Piña (4);

- (1) Ingeniero de Proyectos, Bush, Bohlman & Partners, Vancouver, BC, Canadá.
- (2) Professor of Civil Engineering and Director of Earthquake Engineering Research Facility, Department of Civil, the University of British Columbia, Vancouver, Canadá.
- (3) Director, TBG Seismic Consultant Ltd., Sidney, BC, Canadá.
- (4) Asistente de Investigación, the University of British Columbia, Vancouver, BC, Canadá.  
Académico, Universidad de Santiago de Chile

Correspondencia a: The University of British Columbia, Department of Civil Engineering,  
6250 Applied Science, Room 2010, Vancouver, BC, Canada, V6T1Z4

#### Resumen

En el año 2004, el Gobierno de la provincia de la Columbia Británica, ubicada en la costa oeste de Canadá, anunció el desarrollo de un programa para el reforzamiento sísmico de 750 escuelas públicas, con un presupuesto de CD\$1.5 billones y en un plazo de 15 años. El propósito de esta iniciativa es incrementar la seguridad ante futuros eventos sísmicos de las escuelas públicas ubicadas en zonas de moderado y alto riesgo sísmico de la provincia. Considerando la envergadura de este programa de mitigación sísmica, el Ministerio de Educación de la provincia en conjunto con la agencia federal de Diversificación Económica en el Oeste de Canadá ("Western Economic Diversification Canada") hicieron un compromiso para apoyar el desarrollo de tecnologías que apunten hacia la ingeniería sísmica basada en el comportamiento ("performance-based seismic design") de las estructuras. Con esto se busca lograr una seguridad óptima dentro de un marco de costo eficiencia de mitigación sísmica, la cual es difícil de lograr a través de la práctica común en ingeniería. Este trabajo muestra aspectos generales de las guías para la evaluación y el reforzamiento sísmico de las escuelas de la Columbia Británica, las cuales están siendo utilizadas por los ingenieros de la práctica para determinar estrategias de reforzamiento sísmico.

*Palabra-clave: reforzamiento sísmico, diseño sísmico por desempeño*

#### Abstract

The provincial government of British Columbia (BC), Canada, announced in 2004 a 15-year, \$1.5 billion seismic retrofit program for the province's 750 at-risk public schools. The purpose of this initiative is to accelerate the upgrading of school public safety in the moderate and high seismicity regions of the province. Given the magnitude of the mitigation program, the province's Ministry of Education and the federal agency Western Economic Diversification Canada made a commitment to support the development of state-of-the-art performance-based seismic engineering technology for achieving optimum safety within a cost-effective mitigation framework, which could not be achieved based on current practice. This paper gives an overview of the performance-based structural assessment and retrofit design guidelines for the BC's schools, which are currently being used by engineers to determine retrofit strategies.

*Key words: seismic retrofit, performance-based seismic design*

## 1 UN POCO DE HISTORIA

El programa para el reforzamiento sísmico de las escuelas de la Columbia Británica (BC) es el resultado de una serie de negociaciones entre las Asociaciones de Padres y Apoderados de las escuelas de BC y el Ministerio de Educación de la provincia. Las Asociaciones de Padres y Apoderados, liderados por la médico Dr. Tracy Monk, comenzaron a alertarse luego de una serie de reportes de casos de escuelas destruidas y colapsadas ante eventos sísmicos en otras partes del mundo, muy en particular, el caso de la escuela colapsada que atrapó y mató a 26 niños en una escuela en el sur de Italia durante el terremoto del 31 de Octubre de 2002.

Alertados frente al posible riesgo que corrían los estudiantes de las escuelas de BC, Dr. Monk co-fundó la agrupación Family for School Seismic Safety, FSSS, (Familias por la Seguridad Sísmica de las Escuelas) [1] para formalizar y hacer más efectivas las negociaciones con las autoridades provinciales y federales. La FSSS se hizo asesorar por especialistas y profesionales de la provincia. Fue así como el Profesor Dr. Carlos Ventura (the University of British Columbia, UBC) y P.Eng. Andy Mill (Association of Professional Engineers of BC, APEGBC) comenzaron a formar parte activa dentro de las negociaciones y entrega de información técnica relevante al tema.

El trabajo persistente de la FSSS, más la valiosa colaboración de especialistas y profesionales de BC, lograron que el Ministerio de Educación de BC comprometiera fondos por CD\$1.5 billones para la evaluación y el reforzamiento sísmico de las escuelas de la provincia, dentro de un plazo de 15 años. La primera etapa (con un costo de CD\$2 millones) correspondió a una evaluación y ranking de 800 escuelas ante futuros eventos telúricos. Este proyecto fue llevado a cabo con una nueva herramienta, UBC-100 [2], que contemplaba la evaluación del terreno, materiales y métodos constructivos empleados en cada escuela. Este trabajo conjunto, entre la UBC y la APEGBC, concluyó que alrededor de 750 escuelas requerían reforzamiento sísmico, y que 125 de ellas estaban en un estado de alto riesgo. Este trabajo preliminar ayudó al Ministerio de Educación a decidir sobre el gasto de los fondos iniciales del programa.

La segunda fase del programa se concentró en encontrar soluciones costo-efectivas para llevar estas estructuras a estándares actualizados de comportamiento sísmico. El Ministerio de Educación de BC entregó CD\$185,000 a la APEGBC, a través del Departamento de Ingeniería Civil de la UBC, para desarrollar investigación en reforzamiento sísmico de estructuras y para entregar un programa de entrenamiento a los profesionales. Como principal resultado de esta etapa, se publican las primeras guías de evaluación estructural y reforzamiento sísmico para las escuelas de BC (Guías Preliminares). Estas guías fueron elaboradas y evaluadas por un grupo importante de ingenieros estructurales de BC y California (evaluación de pares externos), en conjunto con un grupo de investigadores de la UBC. Estas guías se publicaron en el año 2005 y fueron usadas por los ingenieros locales hasta Octubre de 2006, cuando la segunda edición de estas guías fue publicada [2].

Con la publicación de la segunda edición de las Guías Preliminares, culmina la etapa básica de traspaso de la información (entrenamiento) a los profesionales locales. Este proceso de entrenamiento se llevó a cabo con reuniones anuales entre los autores directos de estas guías y los ingenieros de la práctica, donde se expusieron aspectos técnicos y proyectos demostrativos. Sin embargo, este es un proceso continuo que va paralelo al estado del arte de la investigación en el tema del diseño sísmico por desempeño. Un número importante de puntos aún deben ser abordados, tales como el análisis no lineal del modelo suelo-estructura, selección y modificación de registros sísmicos, modelación de diafragmas, modelos histeréticos de algunos sistemas estructurales, entre otros.

Aunque este programa es un proceso continuo y puede sufrir modificaciones en futuras etapas, las guías preliminares establecen una metodología simple, costo-efectiva, y fácilmente aplicable en la práctica para la evaluación y futura toma de decisiones para el reforzamiento sísmico estructural. Estas guías entregan como principal resultado los requerimientos mínimos de resistencia

lateral para diferentes deformaciones de entre-piso del modelo estructural. Este formato le permite al ingeniero utilizar los beneficios de las nuevas técnicas de diseño sismo-resistente basado en el desempeño, sin necesariamente incurrir en análisis más complejos. Es así como este programa ha comenzado a ver sus frutos con el reforzamiento de algunas escuelas desde el verano de 2007, pero una gran tarea (a corto plazo) se asoma. Sólo en la ciudad de Vancouver hay 101, de 109, escuelas que requieren reforzamiento estructural.

## **2 ASPECTOS GENERALES DE LA GUÍA PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO**

### **2.1 Objetivos de desempeño**

El principal objetivo de las Guías Preliminares es asegurar la integridad física y vida de las personas. La mitigación del daño y la ocupación inmediata del inmueble no son objetivos específicamente definidos y alcanzados en las Guías Preliminares. En las guías, el objetivo de resguardar la vida se define en términos del desplazamiento de entre-piso de un determinado sistema resistente a la deformación lateral (SRDL), el cual debe ser menor o igual al correspondiente desplazamiento de entre-piso que cause inestabilidad en el sistema (DEIS). El DEIS representa la deformación admisible máxima de entre-pisos de un SRDL para que mantenga una baja probabilidad de colapso estructural. Se asume en este caso que el colapso estructural llevaría a un número catastrófico de víctimas fatales. Debe señalarse que este objetivo también considera la falla estructural del SRDL.

Los objetivos de desempeño son equivalentes a los definidos por otras guías y códigos, tales como las publicaciones FEMA 356 [4] y FEMA 424 [5]. Ya que los valores para el DEIS son de gran importancia dentro de las Guías Preliminares, éstos fueron definidos por una combinación entre los valores entregados por FEMA 356 y varios programas experimentales. Sin embargo, existe una diferencia fundamental en cuanto a la definición de los distintos DEIS para cada SRDL. Las Guías Preliminares definen los estados de evaluación estructural y de reforzamiento sísmico, separadamente, en donde el estado de evaluación estructural corresponde al 80% del estado de reforzamiento sísmico. El reforzamiento sísmico queda definido como el valor promedio más una desviación estándar de los resultados obtenidos de análisis no-lineales ante un set de registros sísmicos. En general, los resultados obtenidos para el estado de reforzamiento sísmico son mayores que las demandas obtenidas por el código de diseño actual, NBCC 2005 [6].

### **2.2 Zonas Sísmicas y Tipos de Suelos**

La provincia de BC ha sido dividida en seis zonas sísmicas dependiendo de los valores de aceleración espectral para un periodo de 1 segundo, como también lo establece el código de diseño nacional, NBCC 2005 [6]. Estas zonas sísmicas se pueden ver en la Figura 1 para el sector SurOeste de la provincia.

Los mapas de suelo fueron desarrollados para las dos zonas más pobladas de BC: la Zona Baja de Vancouver (“Lower Mainland”) en el SurOeste de BC, y el Gran Victoria (“Greater Victoria”) al Sur de la Isla de Vancouver. Estos mapas de suelos contienen los cinco tipos de suelos más importantes de acuerdo a la NEHRP [7], los cuales van desde un suelo clase A (roca) hasta un Suelo Clase E (suelo blando). La Figura 2 muestra el mapa de suelos para el Gran Vancouver (“Greater Regional District of Vancouver”), el cual se encuentre en la parte central de la Zona Baja de Vancouver.

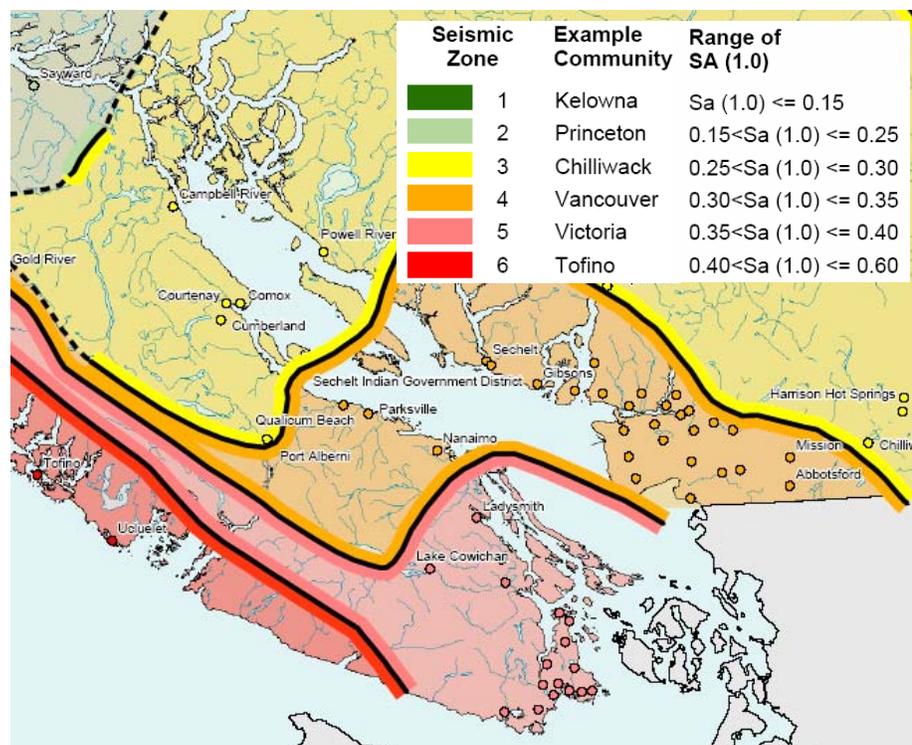


Figura 1 – Mapa de Riesgo Sísmico para el SurOeste de BC

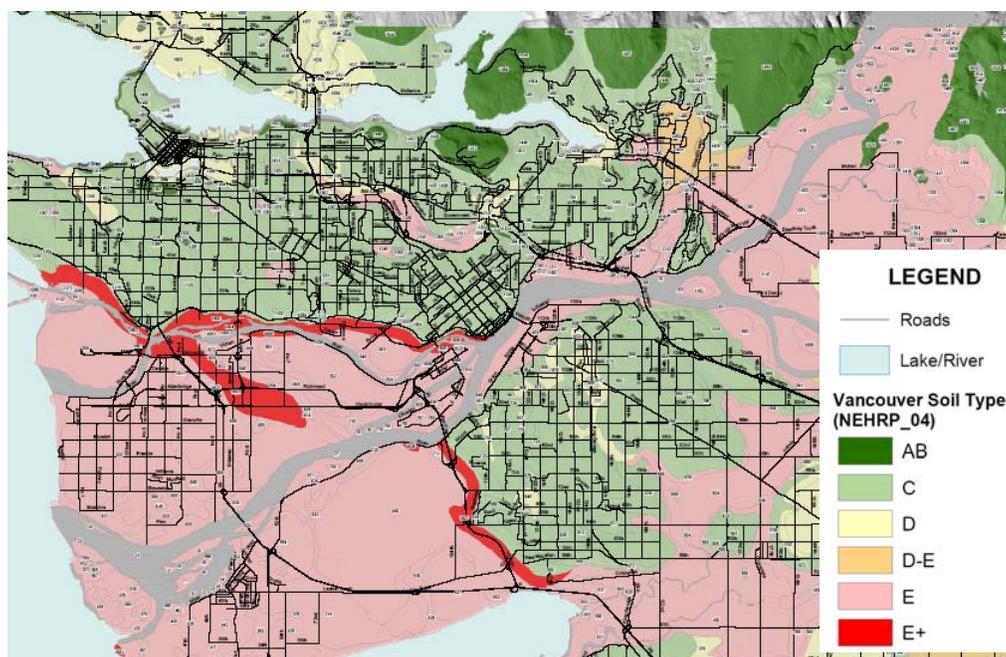


Figura 2 – Mapa de Suelos para el Gran Vancouver

### 2.3 Prototipos

La gran mayoría de las escuelas en BC se pueden clasificar en edificios de baja altura (uno o dos pisos) con distinta materialidad y sistemas resistentes a la deformación lateral (SRDL). El SRDL está compuesto por elementos verticales que presentan características similares en su

comportamiento sísmico, los cuales generan resistencia a las deformaciones laterales de corte en el edificio. La Tabla 1 muestra los 17 SRDLs incluidos en la última edición de las Guías Preliminares. Este listado agrupa los SRDLs de acuerdo a su material y al tipo de falla esperado. Además, se muestran los valores límites de deformación de entre-piso y los factores,  $R_o$ , que consideran la sobre-resistencia inherente de cada material y sistema.

**Tabla 1 – Listado de Sistemas Resistentes a la Deformación Lateral (SRDL)**

Material Group	Prototype No.	Prototype Description and Failure Mode	ISDL	$R_o$
Wood	W-1	Blocked OSB/plywood shearwall	4.0%	1.7
	W-2	Unblocked OSB/plywood shearwall	4.0%	1.7
Steel	S-1	Concentric braced frame (tension only)	4.0%	1.3
	S-2	Concentric braced frame (tension/compression)	1.0-2.5%	1.3
	S-3	Eccentric braced frame	4.0%	1.5
	S-4	Moment frame (moderately ductile)	4.0%	1.5
Concrete	M-1	In-plane unreinforced shearwall bed-joint sliding	1.5%	1.5
Masonry	M-2	In-plane reinforced masonry	1.5%	1.5
Reinforced Concrete	C-1	Shearwall (moderately ductile)	2.0%	1.4
	C-2	Shearwall (conventional construction)	1.5%	1.3
	C-3	Moment frame (ductile)	4.0%	1.7
	C-4	Moment frame (moderately ductile)	4.0%	1.4
	C-5	Moment frame (conventional construction)	4.0%	1.3
Clay Brick Masonry	B-1	In-plane shearwall bed-joint sliding	1.0%	1.5
Rocking	R-1	Low Aspect Ratio Rocking Element	4.0%	1.0
	R-2	Medium Aspect Ratio Rocking Element	4.0%	1.0
	R-3	Higher Aspect Ratio Rocking Element	4.0%	1.0

#### 2.4 Tablas de Resistencia

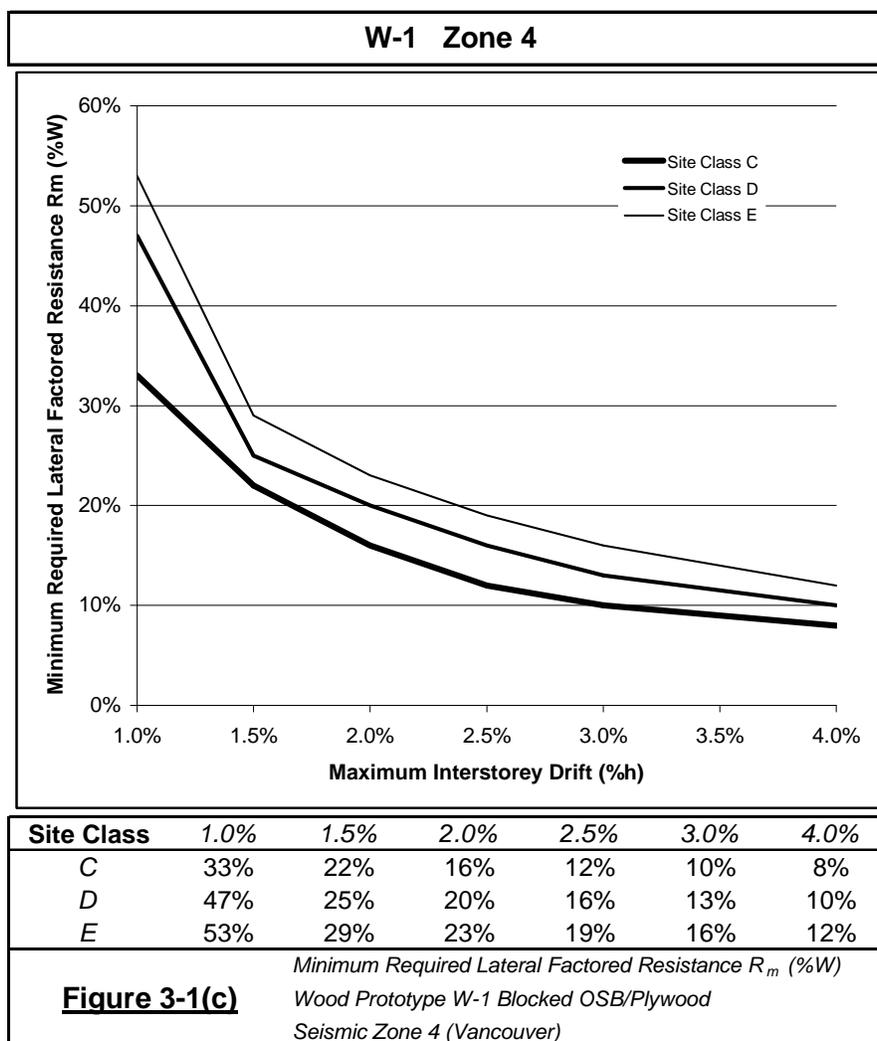
Las tablas de resistencia establecen los valores de resistencia mínima de cada prototipo para mantener cierta deformación límite de entre-piso. Estos valores son presentados para cada zona sísmica y para tres tipos de suelos (C, D y E). La Figura 3 muestra un ejemplo de estas tablas para el prototipo W-1, en la zona sísmica 4, y para tres tipos de suelos.

Estas tablas muestran los valores promedio mas una desviación estándar de una serie de análisis no-lineales para un set de 10 registros sísmicos, los cuales fueron escalados al espectro de diseño definido en el código nacional, NBCC 2005.

Todos los prototipos fueron considerados como modelos planos (dos dimensiones) de dos pisos, con elementos no-lineales de corte en cada nivel y masas concentradas en cada piso. Cada prototipo está definido por una curva carga-deformación y por un modelo histerético.

Tres herramientas independientes de análisis estructural no-lineal fueron empleadas en este proceso:

1. CANNY, programa comercial de análisis dinámico de estructuras en tres dimensiones [8];
2. Quakesoft, programa computacional (privado) que trabaja con elementos no-lineales en función de sus desplazamientos; y,
3. FEMA 440 [9], el método modificado de desplazamientos en conjunto con análisis no-lineal estático (pushover).



**Figura 3 – Tabla de Resistencia para el prototipo W-1 en Vancouver**

El proceso de definición de valores para las tablas de resistencia se hizo a través de Quakesoft, mientras que CANNY y FEMA 440 fueron utilizados en la etapa de validación de resultados. Una cuarta herramienta fue utilizada por los pares en una evaluación externa (California), quienes analizaron un número limitado de casos a través del programa computacional Perform-3D.

El proceso de validación encontró una serie de inconsistencias en los resultados, los cuales fueron continuamente modificados y re-analizados hasta llegar a valores comparables. Un ejemplo gráfico de la evaluación final de un prototipo se muestra en la Figura 4. Se desprende de esta figura, como en la mayoría de los prototipos, la buena correlación entre los distintos análisis. Es importante señalar, además, que los valores promedio de estos análisis (al 4% de deformación de entre-piso) son equivalentes al 60% de la fuerza sísmica estática obtenida por el código nacional, NBCC 2005.

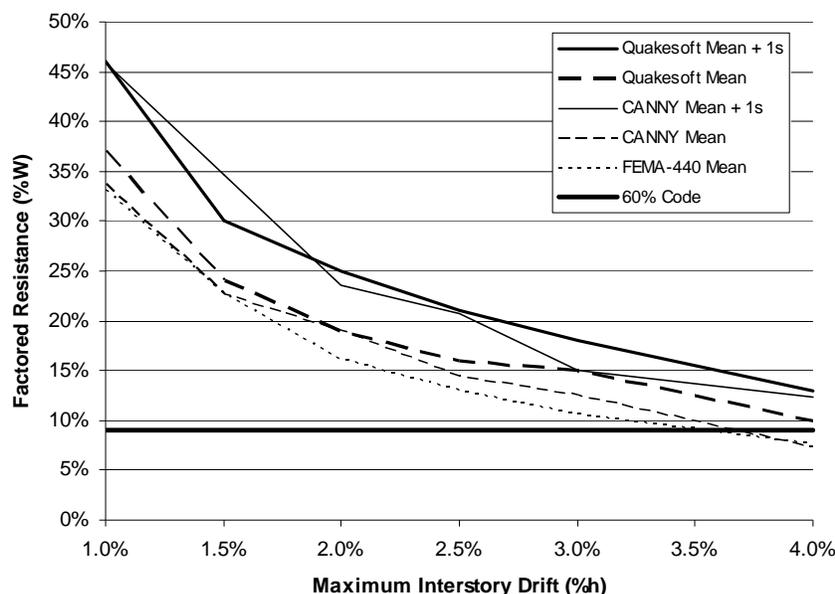


Figura 4 – Validación de resultados para el prototipo S-1 en Vancouver

### 3 APLICACIÓN DE LA GUÍA PARA EL REFORZAMIENTO SÍSMICO

#### 3.1 Sistemas Laterales

De acuerdo a las Guías Preliminares, los requerimientos mínimos de desempeño sísmico para las escuelas de BC son: (1) Riesgo aceptable para todos los SRDLs que afecten la seguridad de las personas, (2) Traspaso de cargas bien definido con resistencia adecuada en los diafragmas y conexiones, (3) Compatibilidad de deformación de entre-piso con otros elementos (no-SRDLs), y (4) Apoyo y/o restricciones de borde adecuadas para muros divisorios pesados.

Las Guías Preliminares entregan recomendaciones al ingeniero para alcanzar el primer requerimiento, a través del límite en la deformación de entre-piso entregado en la Tabla 1 y su correspondiente resistencia mínima obtenida a partir de las Tablas de Resistencia. Sin embargo, el ingeniero debe asegurar que los otros tres requerimientos se cumplan. Las Guías Preliminares incluyen algunas recomendaciones adicionales y ejemplos para ciertos elementos comúnmente encontrados en las escuelas de BC: columnas gravitacionales de hormigón armado, muros de albañilería no-reforzada, y muros de partición de hormigón.

El procedimiento para determinar un riesgo aceptable para los SRDLs puede resumirse de la siguiente forma:

**Paso 1.** Identificar los SRDLs en cada dirección ortogonal del edificio. Determinar la resistencia factorizada (en función del peso total del edificio,  $W$ ) de cada SRDL,  $R_e$ , en el primer piso;

**Paso 2.** Definir la deformación de entre-piso límite (DL) como el mínimo de los ISDLs de cada SRDL (ver Tabla 1). Determinar la resistencia mínima factorizada de cada SRDL,  $R_m$ , desde las Tablas de Resistencia;

**Paso 3.** Calcular la relación de resistencias factorizadas,  $R_r$ , como  $R_e/R_m$  para cada SRDL (en una dirección);

**Paso 4.** Calcular el índice de resistencias factorizadas,  $R_{rt}$ , como la suma de todas las  $R_r$ ;

**Paso 5.** Verificar que  $R_{rt}$  sea igual o mayor que 0.8 (80%). Si  $R_{rt}$  es menor que 0.8, el edificio requerirá algún grado de reforzamiento estructural;

**Paso 6.** Repetir los pasos 2 al 5 para la otra dirección.

Si el edificio requiere reforzamiento estructural, se debe aumentar la resistencia de los sistemas actuales o agregar nuevos sistemas. El procedimiento anterior deberá repetirse una vez que se haya realizado el reforzamiento. Si en este caso el índice  $R_{rt}$  es menor que 1 (100%), un reforzamiento estructural mayor deberá realizarse al edificio. Se recomienda manejar valores de  $R_{rt}$  alrededor de 1, o 100%, para mantener los niveles de costo de la estructura reforzada en valores razonables.

### 3.2 Ejemplo

La Figura 5 muestra un ejemplo del método propuesto en las Guías Preliminares para la evaluación y reforzamiento sísmico de un caso hipotético. Los siguientes pasos pueden ser identificados en este método:

**Paso 1.** La escuela a evaluar se ubica en la Zona Sísmica 4 en un Suelo Clase C, la cual presenta los siguientes cinco prototipos en el primer piso (ver Tabla 1): B-1, M-2, R-1, S-2 y W-1. Conforme a una revisión en terreno del estado estructural de estos prototipos, se ha decidido asignar los siguientes niveles de resistencia,  $R_e$ , en función del peso total de la estructura ( $W$ ): 2%, 5%, 3%, 8% y 7%.

**Paso 2.** El nivel máximo o límite de deformación de entre-piso (DL) de esta escuela es definido por el prototipo B-1, que de acuerdo a la Tabla 1 corresponde a un 1%. Para este nivel de deformación (DL=1%), las tablas de resistencia entregan los siguientes valores de  $R_m$  para cada prototipo: 23%, 28%, 62%, 33% y 35%.

**Pasos 3 al 5.** Para estos valores de  $R_e$  y  $R_m$ , el valor total de  $R_{rt}$  en la etapa de evaluación da un valor de 0.76, el cual está por debajo del valor requerido de 0.8. Este resultado implica buscar alternativas de reforzamiento sísmico para estos prototipos. En este ejemplo se presentan dos alternativas de reforzamiento: (1) Reforzar la capacidad de los prototipos S-2 y W-1 hasta alcanzar una resistencia mínima de 12% en ambos, o (2) Remover el prototipo B-1 y aumentar la capacidad de W-1 hasta alcanzar un  $R_e$  de 9%. Se debe hacer notar que la alternativa (2) permite aumentar los niveles de deformación de entre-piso hasta un 1.5%, debido a la remoción del prototipo B-1.

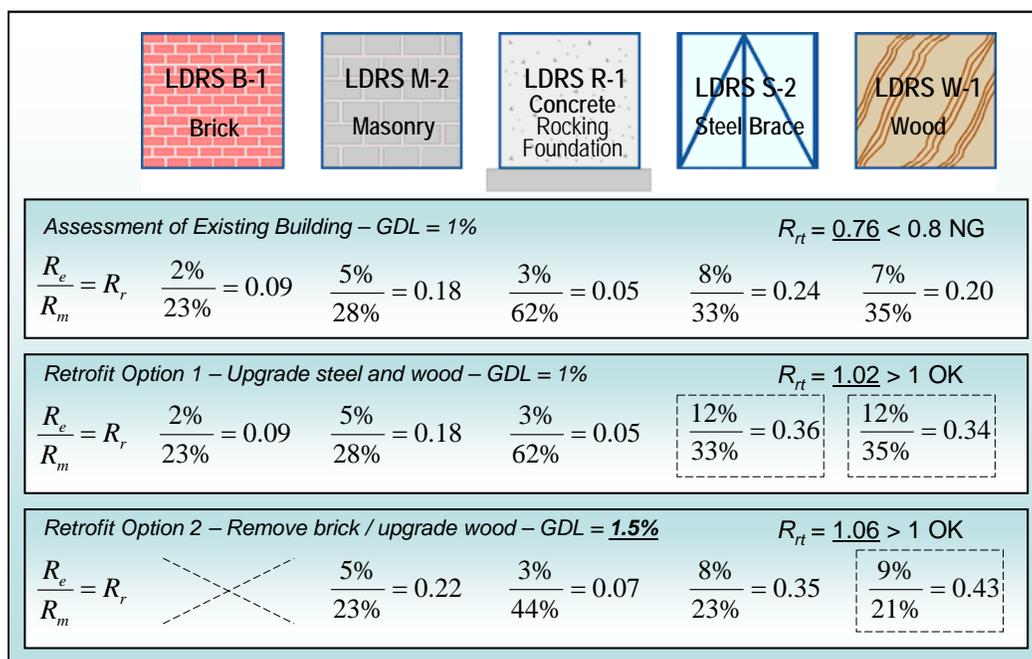


Figura 5 – Ejemplo de demostración de la metodología de evaluación de las Guías Preliminares

Este ejemplo permite demostrar claramente los beneficios de la metodología presentada en las Guías Preliminares. Utilizando la alternativa (2) de reforzamiento en el ejemplo, el código NBCC 2005 hubiera entregado un valor  $R_e$  de 35%W para el prototipo B-1 en comparación al 9%W recomendado por las Guías Preliminares. Esta gran diferencia en valores se debe principalmente a la introducción del nuevo concepto de diseño por desempeño de las estructuras, el cual introduce el concepto de daño a través de deformaciones. Esta significativa reducción en los valores de  $R_e$  permite manejar costos de reforzamiento sísmico mucho menores a los que se obtienen mediante el diseño sísmico tradicional.

### **3.3 Limitaciones**

Las Guías Preliminares sólo pueden aplicarse a los siguientes casos: (1) edificios de baja altura (de 1 a 3 pisos), (2) edificios con traspaso de cargas bien definido, (3) edificios con adecuada resistencia en sus diafragmas y sus conexiones a los muros, (4) edificios con excentricidad en planta no mayor al 20% en una dirección y 10% en la dirección ortogonal, (5) edificios de madera y acero que no presenten redistribución de fuerzas de inercia a través de sus diafragmas, y (6) edificios ubicados en lugares donde el efecto de la licuación no es una amenaza estructural.

## **4 FUTURO DE LAS GUÍAS**

Aunque la segunda edición de las Guías Preliminares fue lanzada en Marzo de 2007, existe el compromiso de terminar esta parte del programa con una versión final, denominada las Guías Técnicas de Reforzamiento Sísmico para las Escuelas de BC, para fines de 2010. Aún existe un número importante de puntos que deben ser abordados antes de publicar la versión final de las guías, algunos de ellos se mencionaran a continuación.

### **4.1 Efecto de los suelos blandos en los movimientos sísmicos.**

Trabajos anteriores han demostrado que la modificación de los registros sísmicos a niveles definidos en NHERP para suelos blandos (tipos D y E) originan demandas estructurales extremadamente altas en el análisis estructural no-lineal. A la fecha de este reporte, el equipo de investigación de UBC se encuentra trabajando en proponer nuevos criterios de modificación de registros sísmicos para suelos blandos. Este trabajo considera el análisis no lineal de los perfiles de suelos en conjunto con el análisis estructural no lineal de diferentes escuelas.

### **4.2 Ensayos Adicionales**

Futuros programas experimentales se llevarán a cabo en las instalaciones de UBC para generar modelos histeréticos más exactos para algunos prototipos, como también para examinar el comportamiento dinámico de nuevas técnicas de reforzamiento sísmico.

### **4.3 Validación de la Metodología**

El método de evaluación y reforzamiento presentado en las guías será validado por una serie de modelos de las escuelas en tres dimensiones con distintos SRDLs. Además, se estudiará la interacción entre los diafragmas y los SRDLs considerando las no linealidades de sus comportamientos.

### **4.4 Adaptación al Este de Canadá**

La metodología presentada en las guías puede ser aplicada para cualquier caso dentro de las limitaciones establecidas en este documento. Sin embargo, las tablas de resistencias sólo fueron confeccionadas para la provincia de BC. Una etapa posterior lógica es la generación de estas tablas para el resto del país.

## 5 RESUMEN

Los profesionales de la ingeniería estructural en BC han dado un gran paso al introducir soluciones avanzadas en ingeniería sísmica basada en el desempeño de las estructuras. Una gran demostración de este avance se ve reflejado en el programa de CD\$1.5 millones para la evaluación y reforzamiento sísmico de las escuelas de la provincia. Este documento entregó una visión general de este programa, con énfasis en los aspectos técnicos de las Guías Preliminares para el Reforzamiento Sísmico de las Escuelas de BC. Las Guías Preliminares entregan soluciones de ingeniería avanzada ante futuros eventos sísmicos, resguardando la integridad física de las personas y dentro de un marco efectivo de costos. En las siguientes etapas de este programa se espera desarrollar Guías Técnicas para el Reforzamiento Sísmico de las Escuelas que sea el trabajo final de las continuamente actualizadas Guías Preliminares.

## 6 AGRADECIMIENTOS

Todo el trabajo en las Guías Preliminares se ha beneficiado del apoyo técnico y administrativo de un grupo de especialistas y profesionales de la provincia. En particular, los autores de este documento desean reconocer la participación y contribución de la Asociación de Profesionales de la Ingeniería y Geociencia de BC (APEGBC) por su rol gerencial en este proyecto y por las valiosas críticas y apoyo técnico recibidas por el Comité de Revisión de la APEGBC.

El desarrollo de las Guías Preliminares fue financiado por el Ministerio de Educación de BC. El proyecto de investigación que permitió el desarrollo de las Guías Preliminares fue co-financiado por el Ministerio de Educación de BC y por la agencia federal de Diversificación Económica en el Oeste de Canadá (“Western Economic Diversification Canada”), con apoyo financiero adicional del Departamento de Ingeniería Civil de la UBC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Families for School Seismic Safety. < <http://fssbc.org/> >. Última visita: 23 de Octubre, 2007.
- [2]. EERF. UBC-100: Performance-based Seismic Risk Assessment, Report No. EERF 05-01, Earthquake Engineering Research Facility, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada, 2005.
- [3]. APEGBC. Bridging Guidelines for the Performance-based Seismic Retrofit of BC Schools, Second Edition, Association of Professional Engineers and Geoscientists of British Columbia, Burnaby, BC, Canada, 2006.
- [4]. American Society of Civil Engineers. FEMA 356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., USA, 2000.
- [5]. Federal Emergency Management Agency. Risk Management Series: Design Guide for Improving School Safety in Earthquakes, Floods, and High Winds, FEMA 424, Washington, DC, 2004.
- [6]. NBCC. National Building Code of Canada. Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, Ottawa, ON, Canada, 2005
- [7]. FEMA. NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures, Part I, 1997.
- [8]. Li, K. CANNY Technical Manual, CANNY Consultant PTE Ltd., Singapore, 2004.
- [9]. Applied Technology Council. FEMA 440: Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., USA, 2005.