



Instituciones Participantes e Investigadores Principales



**Juan Andrés
Oviedo A., PhD**



**Carlos Andrés
Blandón U., PhD**

HECHOS EN
concreto

PROTECCIÓN SÍSMICA

Los terremotos son devastadores para:

- Las personas como individuos
- Las familias
- Las comunidades
- Las organizaciones sociales a cualquier nivel
- La economía individual - Negocios
- La economía nacional

Pero, la consecuencia más terrible es la pérdida masiva de vidas. Es acá donde la protección contra terremotos tiene su primera tarea

¡Reducción de la pérdida de vidas humanas!

HECHOS EN
concreto

PROTECCIÓN SÍSMICA

Las edificaciones son diseñadas para resistir terremotos, pero su fuerza destructora, a menudo, sobrepasa este ideal!!!



Terremoto de Armenia, 1999

HECHOS EN
concreto

PROTECCIÓN SÍSMICA



Documental: The Raging Planet Earthquake- Discovery Science

HECHOS EN
concreto

PROTECCIÓN SÍSMICA

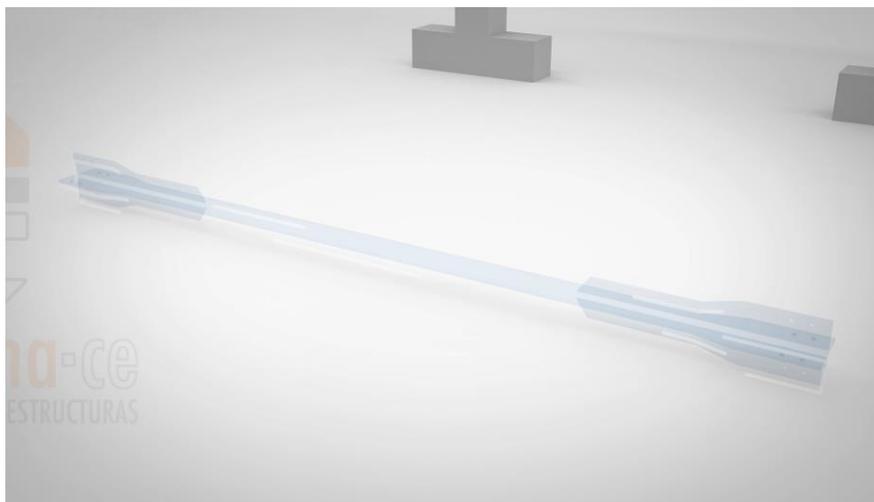
Pasado y oportunidad para el presente

País	Fecha	Ciudad	Muertes	Daño en vivienda	Pérdida (%PIB)	M
Turquía	06/02/2023	Kahramanmaras	> 50,000	> 250,000	1.5	7.8
Ecuador	16/04/2016	Pedernales	> 600	> 30,000	3	7.8
Nepal	25/04/2015	Lamjung	> 8,000	> 700,000	25	7.8
Japón	11/03/2011	Sendai	>15,000	> 400,000	4	9.0
NZ	22/02/2011	Christchurch	> 1,800	> 1,500	14	6.3
Chile	27/02/2010	Santiago	> 600	> 350,000	18	6.2
Haiti	12/01/2010	Port-au-Prince	> 300,000	> 300,000	120	7.0
Italia	06/04/2009	L'Aquila	> 300	> 20,000	5	6.3
China	12/05/2008	Sichuan	> 85,000	> 1,000,000	3	7.9
Colombia	25/01/1999	Armenia	> 1,100	> 45,000	2.3	6.4
Japón	17/01/1995	Kobe	> 6,000	> 100,000	2	6.8

Fuentes:
<http://www.nationmaster.com/graph/ecc-gdp-economy-gdp&date=1994>
 Earthquake Engineering Research Institute
<http://www.gimsg.com/gdp-data-country-reports/300-chile-gdp-country-report.html>
<http://www.uisdr.org/>
<http://www.cbsnews.com/newshow/nepals-earthquake-has-shaken-its-economy/>

HECHOS EN
concreto

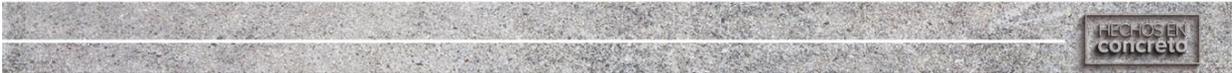
RIOSTRAS BRB CONCEPTO



HECHOS EN
concreto

CAMBIO DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO

- Las **Riostras BRB** (Buckling-Restrained Braces) son elementos estructurales que se pueden considerar en el diseño como "riostras avanzadas" o como disipadores de energía dentro del desempeño sísmico de una edificación.
- El uso de estos elementos estructurales representa un **cambio significativo en la sociedad en general en cuanto a su percepción del riesgo sísmico**, al proveer **edificaciones más seguras ante movimientos sísmicos**; al mismo tiempo que se impulsan programas de sensibilización ante el riesgo de desastres en edificaciones tanto esenciales como de uso residencial y/o industrial.
- Las **Riostras BRB**, por lo tanto, se convierten en una **alternativa innovadora y económica para la protección sísmica de edificaciones nuevas y para permitir la preservación de edificaciones existentes**, a través de la reducción del daño estructural ante potenciales eventos sísmicos de gran magnitud; garantizando así la operación de las infraestructuras con total confianza y seguridad.



HECHOS EN
concreto

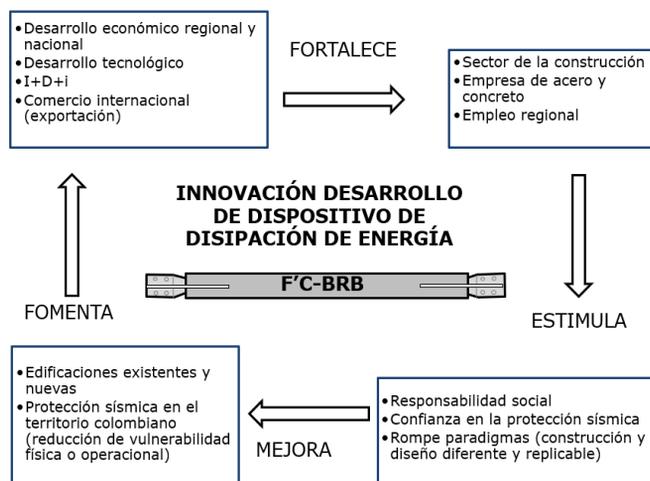
VENTAJAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

- Menor cantidad de arriostramientos y conexiones.
- Mayor libertad arquitectónica al requerirse un menor número de pórticos arriostrados.
- Aumento del desempeño sísmico estructural de la edificación.
- Reducción del daño sísmico en elementos estructurales, no estructurales y en contenidos (si el diseño se realizó para tal fin).
- Menor carga muerta de la edificación.
- Reducciones de las fuerzas de diseño, tanto cuando se usa como riostra avanzada como cuando se usa como disipador de energía.
- Reducción en el tamaño de columnas y vigas que no hacen parte de los pórticos arriostrados.
- Reducción de fuerzas de diseño transmitidas a cimentación.
- Aumento en la velocidad de construcción.
- Reducción en la extensión de la intervención en obra para proyectos de reforzamiento o rehabilitación estructural.



HECHOS EN
concreto

IMPACTO DE LA INNOVACIÓN



HECHOS EN
concreto

PREMIO INNOVACIÓN - 2019

PREMIO A LA
INNOVACIÓN
CAMACOL
ANTIOQUIA



1^{er} Puesto (06-03-19)

Desempeño de un Elemento Estructural de Disipación de Energía por Deformación por EFE PRIMA CE

HECHOS EN
concreto

PATENTE POR INVENCION - 2022



REPÚBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Resolución N° 62977

Ref. Expediente N° NC2020/0007131

Por la cual se otorga una Patente de Invención

EL SUPERINTENDENTE DE INDUSTRIA Y COMERCIO (E)
en ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas en el numeral
24 del artículo 3° del Decreto 4886 de 2011, y

CONSIDERANDO

Que mediante escrito radicado en esta Superintendencia el 11 de junio de 2020 con el N° NC2020/0007131, por F.C CONTROL Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS S.A.S., y UNIVERSIDAD EIA, presentaron la solicitud de patente de invención titulada "RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON REFUERZO Y SU MÉTODO DE FABRICACIÓN".

RESUELVE

ARTÍCULO 1: Otorgar patente de invención para la creación titulada:

"RIOSTRA DE PANDEO RESTRINGIDO CON REFUERZO Y SU MÉTODO DE FABRICACIÓN"

Clasificación IPC: E04H 9/00, E04H 9/02.

Reivindicación(es): 1 a 11 incluidas en el radicado bajo el No NC2022/0012235 el 28 de agosto de 2022, de acuerdo con el Anexo No. 1.

Titular(es): F.C CONTROL Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS S.A.S., y UNIVERSIDAD EIA.

Dirección(es): CRA 81 # 32-51 MANZANA 1, INTERIOR 204, MEDELLÍN, ANTIOQUIA, COLOMBIA y KM 2 + 200 VÍA AL AEROPUERTO JOSÉ MARÍA CORDOVA, ENVIGADO, ANTIOQUIA, COLOMBIA.

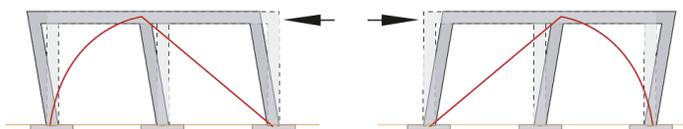
Inventor(es): Juan Andrés OVIEDO AMÉZQUITA, Andrés Mauricio BERNAL ZULUAGA y Carlos Andrés BLANDÓN URIBE.

Vigente desde: 11 de junio de 2020

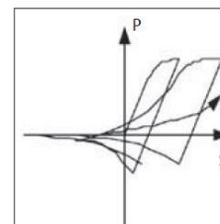
Hasta: 11 de junio de 2040.

HECHOS EN
concreto

RIOSTRAS CONVENCIONALES CONCEPTO



Gráfica 1.
Comportamiento de riostras convencionales

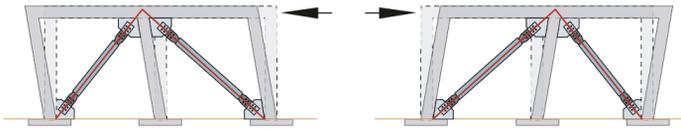


- Se pandean a compresión
- Deterioran la capacidad de carga lateral de la estructura
- Presentan comportamiento desigual a compresión y a tracción (desbalance en viga)
- Tienen un comportamiento "frágil"
- Comportamiento inadecuado ante cargas cíclicas

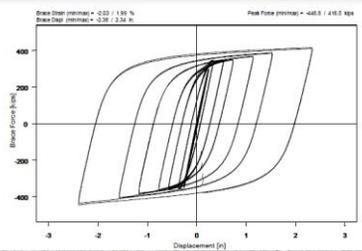
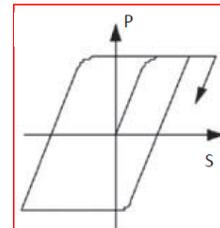
HECHOS EN
concreto

RIOSTRAS BRB

CONCEPTO



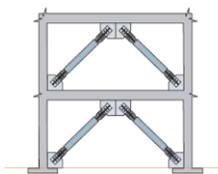
Gráfica 2.
Comportamiento de Riostras F' C - BRB



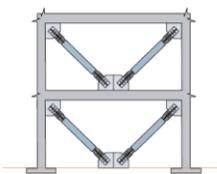
HECHOS EN CONCRETO Fuente: Design Procedures for Buildings Incorporating Hysteretic Damper Devices

RIOSTRAS BRB

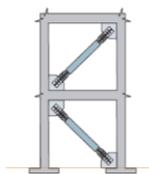
INSTALACIÓN



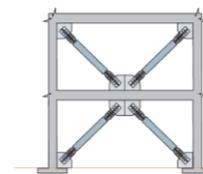
Gráfica 6a.
Arriostamiento en V-invertida



Gráfica 6b.
Arriostamiento en V



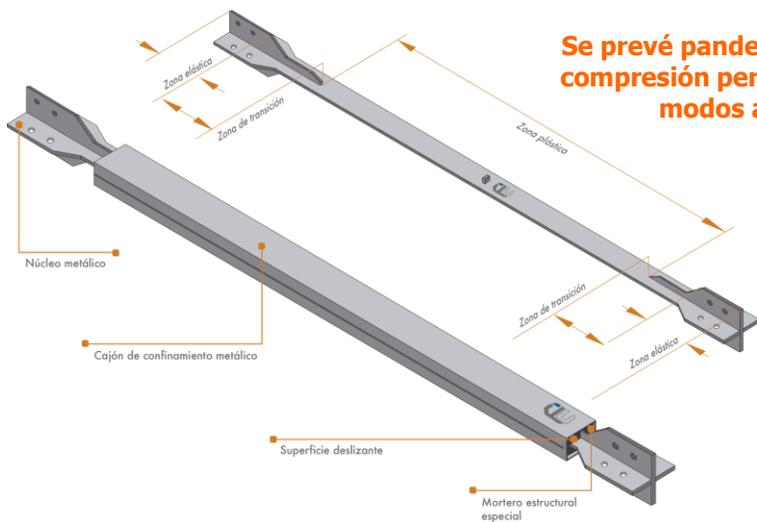
Gráfica 6c.
Arriostamiento en Diagonal (Zig-Zag)



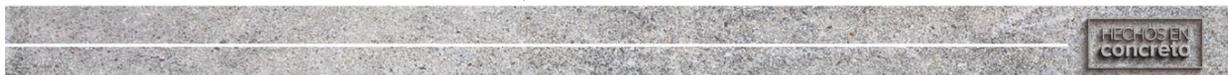
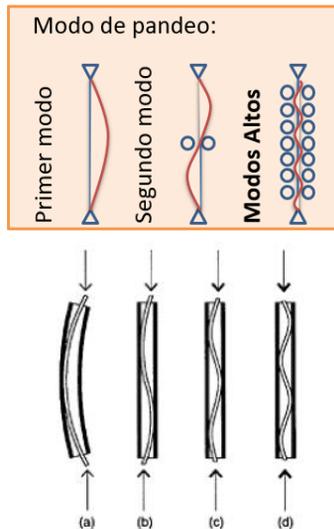
Gráfica 6d.
Arriostamiento en Multipisos (X)

HECHOS EN CONCRETO

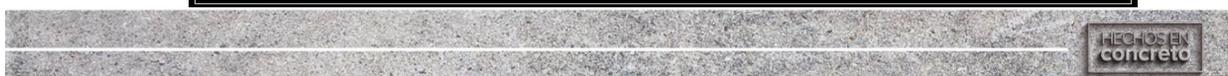
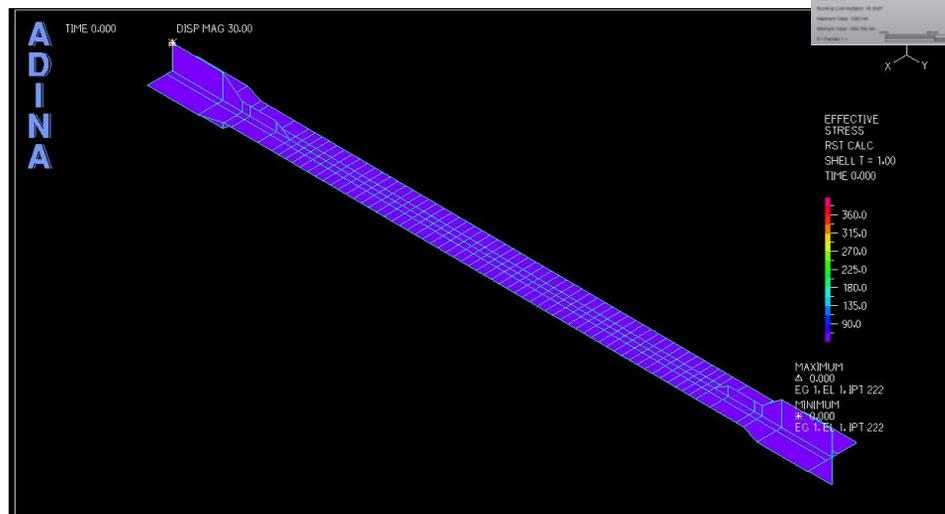
RIOSTRAS BRB



Se prevé pandeo en compresión pero en modos altos



RIOSTRAS BRB



ANTECEDENTES NACIONALES ALGUNOS...

1. Reyes, 2001: *Modelamiento Sísmico no lineal de estructuras de concreto con disipadores de energía.*
2. Tamasco, 2002: *Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía por arriostramiento excéntrico.*
3. Toro y Turga, 2004: *Disipadores de energía tipo viscoso y viscoelástico en estructuras.*
4. Marín y Ruiz, 2005: *Rehabilitación de un pórtico de concreto reforzado mediante disipadores de energía pasivos construidos en Colombia.*
5. Oviedo y Kitamura, 2005: *Aplicación de técnicas de control de respuesta sísmica a un edificio diseñado bajo normas colombianas.*
6. Oviedo y Duque, 2006: *Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones.*
7. Oviedo y Duque, 2009: *Situación de las técnicas de control de respuesta sísmica en Colombia.*
8. Oviedo y Duque, 2009: *Disipadores histeréticos metálicos como técnica de control de respuesta sísmica en edificaciones colombianas.*
9. Cancelado, 2011: *Caracterización experimental de riostras de pandeo restringido a escala sometidas a cargas cíclicas.*
10. Oviedo, 2015, 2017, 2018, 2019, 2021, 2022
11. Otros más..

Tendencia hacia la implementación de disipadores de energía



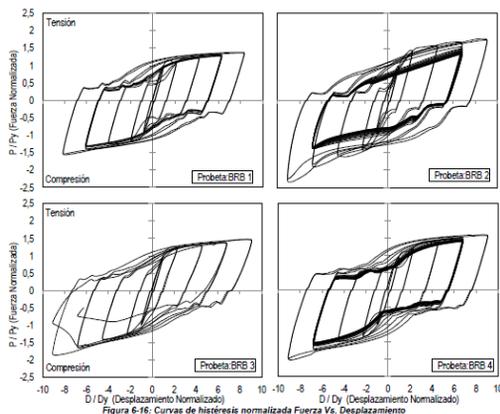
ANTECEDENTES NACIONALES CANCELADO, 2011



4 prototipos de riostras BRB (1 m) | Escala 1:4
Ensayo con actuador dinámico



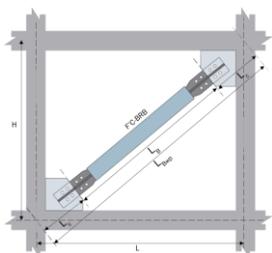
ANTECEDENTES NACIONALES CANCELADO, 2011



Amortiguamiento histerético	36-37 %
Cmax / Tmax	1.20 < 1.30

PROYECTO I+D+I

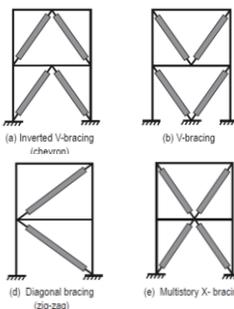
Desde 2006 venimos trabajando en el desarrollo local de un disipador de energía tipo Riostras de Pandeo Restringido (BRB, buckling-restrained braces).



UNIVERSIDAD
EIA
Ser. Sabery Servir



**EFE
PRIMA
CE**
CONTROL & DISEÑO
DE ESTRUCTURAS



HECHOS EN
concreto

PROYECTO I+D+I

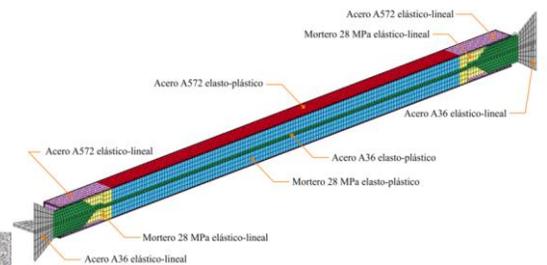
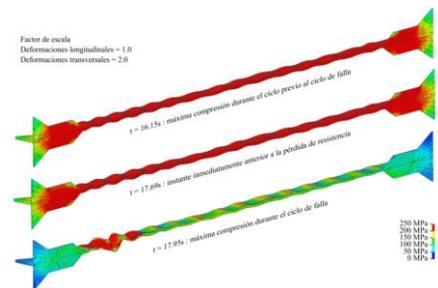
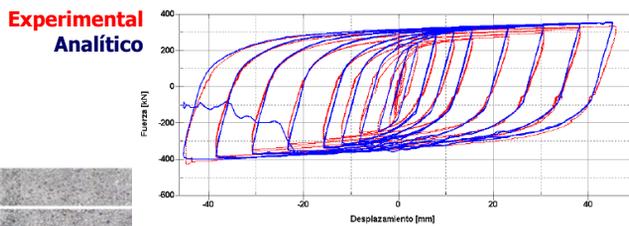
- 4 fases experimentales, 39 especímenes ensayados.

Fase	Prototipo / Especímenes	L_B (mm)	Capacidad (kN)	Variable de investigación
1	2 / 6	2,351	300-400	FS Pandeo Global
2	4 / 8	2,351	300-400	FS Pandeo Global; Gap; L_p ; monit.
3	2 / 5	2,351	300-400	Fatiga (L_p) ; monitoreo
4	3 / 14	2,351	300-400	Fatiga (L_p , ϵ_p) , materiales; monit.
4	2 / 6	6,000	800-1,200	FS Pandeo Global; Gap; L_p ; monit.

HECHOS EN
concreto

PROYECTO I+D+I

- Fases analíticas
- Elemento -> FEM
- Edificación -> Diseño



concreto

PROGRAMA EXPERIMENTAL FASE II



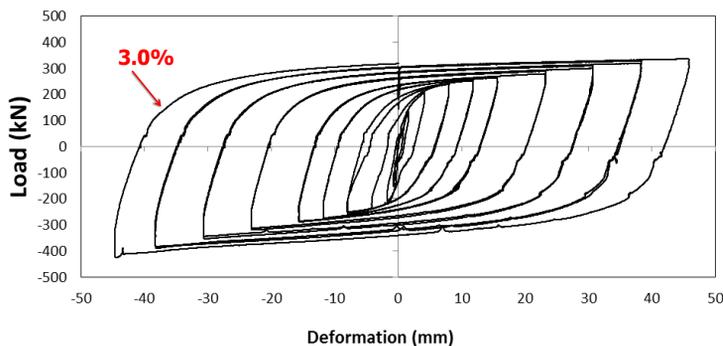
PROGRAMA EXPERIMENTAL FASE II



PROGRAMA EXPERIMENTAL

FASE II

Resultados Prototipo 1, Espécimen 1 (1-1)



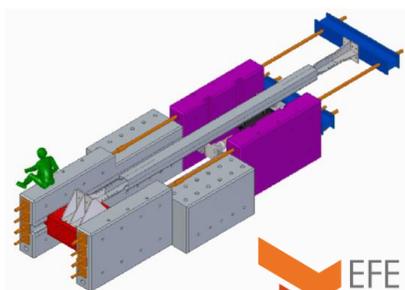
Amortiguamiento histerético	49 %
Cociente de deformación plástica acumulada, η	$503 * \Delta_{Dy} > 200 * \Delta_{Dy}$
Cociente de energía plástica acumulada, ω	525
$C_{max} / T_{max}, \beta$	$1.25 < 1.30$

HECHOS EN
concreto

PROGRAMA EXPERIMENTAL

FASE IV

Nuevo marco de carga



- Mayor capacidad (resistencia, deformación)
- Mayor longitud ($L_B=6,000$ mm)
- Otros materiales constitutivos
- Comportamiento a fatiga
- Construcción de un nuevo marco de carga

5 prototipos de Riostras BRB

20 especímenes

Escala real

Año 2019-2021

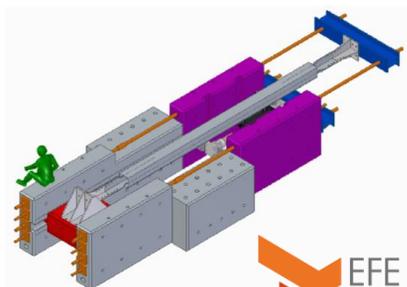


HECHOS EN
concreto

PROGRAMA EXPERIMENTAL

FASE IV

Nuevo marco de carga

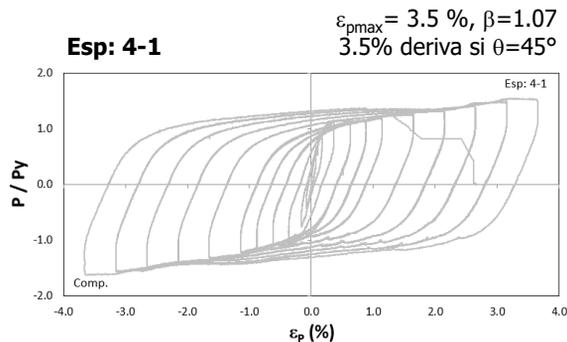
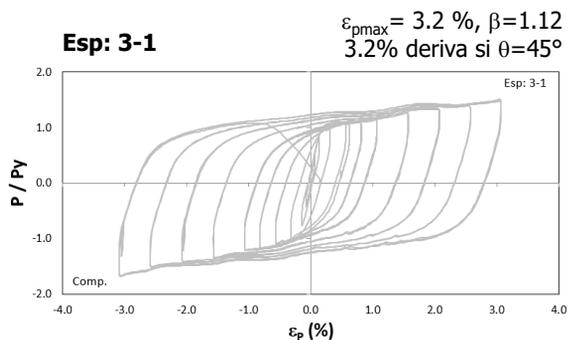


HECHOS EN
concreto

RESULTADOS EXPERIMENTALES

CICLOS FUERZA-DEFORMACIÓN

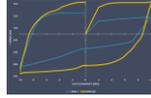
- ✓ Cumple con NSR, AISC 341
- ✓ Excelente desempeño sísmico
- ✓ Excelente disipación de energía (Compresión, Tracción)
- ✓ Ciclos estables
- ✓ Poca degradación de rigidez
- ✓ Alta ductilidad





Este grupo tiene como objetivo la socialización de experiencias nacionales e internacionales respecto al desarrollo y uso de riostras de pandeos restringidos. Es un grupo abierto para interesados en el tema con una reunión mensual.

Uso de IA



A partir del uso de técnicas de inteligencia artificial se resuelven problemas relacionados con las BRBs y su uso en edificaciones.

Ensayos experimentales



Se está elaborando una propuesta de investigación para la puesta en marcha de ensayos de BRBs y el desarrollo de técnicas no destructivas para las pruebas de los dispositivo post-terremoto.

Profesores Maritzabel Molina- Herrera (UNAL) y Jesús D. Villalba-Morales (PUJ):

- Cálculo del factor R en edificaciones aporticadas de concreto con BRBs.
- Una metodología pushover modal para el análisis de edificaciones de acero con BRBs.
- Cálculo del factor R en edificaciones de acero con BRBs.
- Evaluación del impacto de métodos simplificados de análisis en el diseño de edificaciones de concreto con BRBs.
- Comparación de la ASCE 7-16 y el AISC 341-16 en el diseño de estructuras con BRBs.

HECHOS EN
concreto

ENFOQUE DE DISEÑO ALTERNATIVAS

- Alternativa 1: como **"Riostras avanzadas"**
Elementos que resisten cargas de tracción y compresión
Análisis y diseño convencional por NSR-10
Tablas A.3-2 y A.3-4 + numerales F.3.6.4.2, F.3.11.3
- Alternativa 2: como **"Disipadores de energía"**
Amortiguamiento adicionado
ASCE 7-16 (Cap.18)
AIS 700-2X → NSR-2X
Análisis y diseño: preferiblemente cronológico

HECHOS EN
concreto

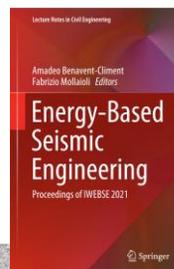
HERRAMIENTAS DE DISEÑO

CRITERIO DE ACEPTACIÓN, ÍNDICE DE DAÑO PARA RIOSTRAS BRB

Resultados experimentales mostrados claramente ponen en evidencia que el criterio del ASCE 41-17 debe ser revaluado.

Speicher MS, Harris JL. (2018): Collapse prevention seismic performance assessment of new buckling restrained braced frames using ASCE 41. *Engineering Structures*. **164**, 274-289.

Journal of Building Engineering 43 (2021) 102534



Development and validation of an acceptance criteria and damage index for buckling-restrained braces (BRB)

Juan Andrés Oviedo-Amezquita^{a,*}, Nayive Jaramillo-Santana^a, Carlos Andrés Blandon-Uribe^b, Andrés Mauricio Bernal-Zuluaga^a

^a Seismic Protection Department, F.C Control & Design of Structures SAS, Medellín, Colombia
^b Civil Engineering, RIA University, Envigado, Colombia

HERRAMIENTAS DE DISEÑO

SOFTWARE RIOSTRAS F'c-BRB

Building Restraint Brace F'c-BRB

Brace ID: Project name: Prepared by:

BRB-Properties

L1:	mm	L2:	mm	L3:	mm
L4:	mm	L5:	mm	L6:	mm
L7:	mm	L8:	mm	L9:	mm
L10:	mm	L11:	mm	L12:	mm
L13:	mm	L14:	mm	L15:	mm
L16:	mm	L17:	mm	L18:	mm
L19:	mm	L20:	mm	L21:	mm
L22:	mm	L23:	mm	L24:	mm
L25:	mm	L26:	mm	L27:	mm
L28:	mm	L29:	mm	L30:	mm
L31:	mm	L32:	mm	L33:	mm
L34:	mm	L35:	mm	L36:	mm
L37:	mm	L38:	mm	L39:	mm
L40:	mm	L41:	mm	L42:	mm
L43:	mm	L44:	mm	L45:	mm
L46:	mm	L47:	mm	L48:	mm
L49:	mm	L50:	mm	L51:	mm
L52:	mm	L53:	mm	L54:	mm
L55:	mm	L56:	mm	L57:	mm
L58:	mm	L59:	mm	L60:	mm
L61:	mm	L62:	mm	L63:	mm
L64:	mm	L65:	mm	L66:	mm
L67:	mm	L68:	mm	L69:	mm
L70:	mm	L71:	mm	L72:	mm
L73:	mm	L74:	mm	L75:	mm
L76:	mm	L77:	mm	L78:	mm
L79:	mm	L80:	mm	L81:	mm
L82:	mm	L83:	mm	L84:	mm
L85:	mm	L86:	mm	L87:	mm
L88:	mm	L89:	mm	L90:	mm
L91:	mm	L92:	mm	L93:	mm
L94:	mm	L95:	mm	L96:	mm
L97:	mm	L98:	mm	L99:	mm
L100:	mm	L101:	mm	L102:	mm

Theoretical Total Elastic Stiffness

KB: kN/mm KBwp: kN/mm KBwp/KB: Kf:

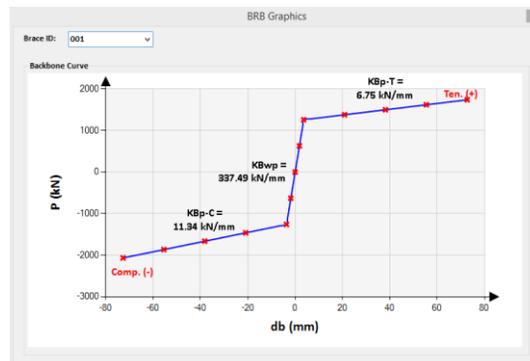
Post-elastic Stiffness

KBp-T: kN/mm KBp-C: kN/mm

Calculate Save Open Graphics Print Report User Manual

BRB-Installation

BRB-Zones

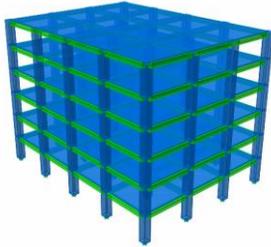


Disponible en www.efepripace.co

HECHOS EN
concreto

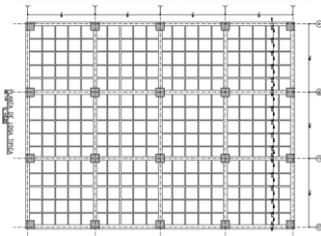
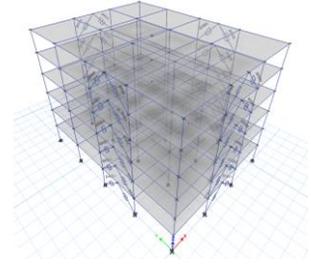
EJEMPLO DE DISEÑO

HOSPITAL EN ARMENIA, COL. (ZONA SÍSMICA ALTA)

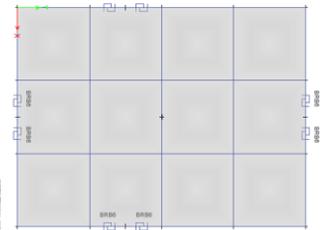


Pórticos de concreto DES

- 6 niveles
- Luces 7 x 7 m
- Altura de piso 3.50 m
- Vigas 40 x 60 cm
- Columnas 90 x 90 cm
- $R_0 = 7.0$
- $\Omega_0 = 3.0$

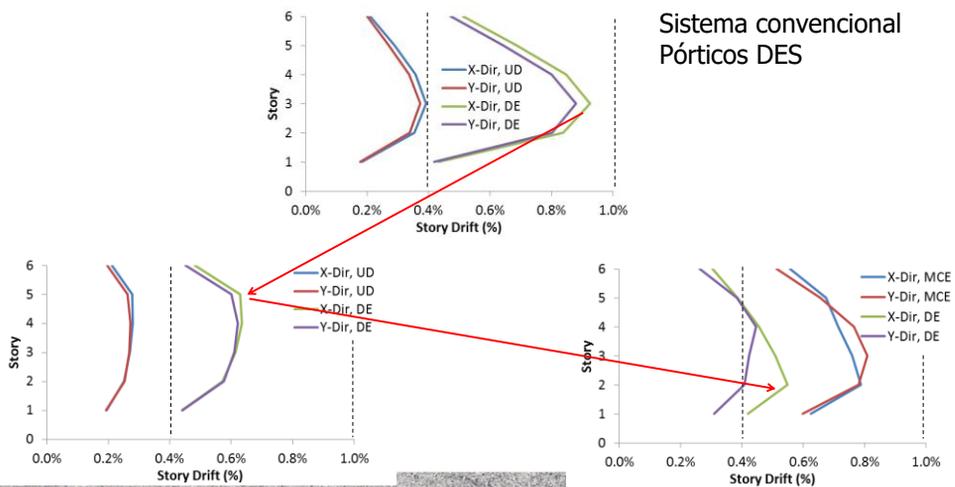


- 24 Riostras F'C-BRB en cada dir.
- **Vigas: 40 x 60 -> 40 x 55 cm**
- **Columnas: 90 x 90 -> 60 x 60 cm**
- $R_0 = 7.0$
- $\Omega_0 = 3.0$



EJEMPLO DE DISEÑO

DERIVA MÁXIMA



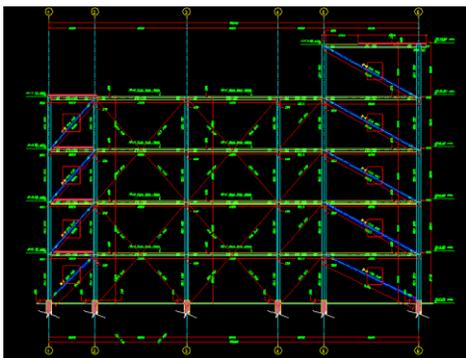
Como "riostras avanzadas"

Como disipadores de energía

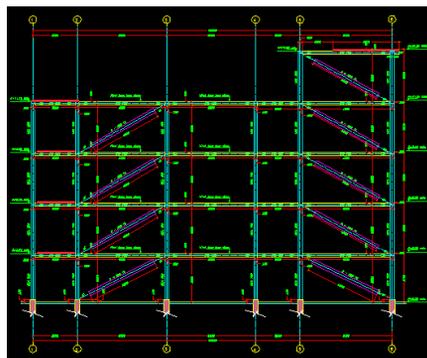
HECHOS EN
CONCRETO

GAP INGENIERIA SAS (CALI, COL)

REFORMAZAMIENTO CON BRBS



Reforzamiento con riostras convencionales



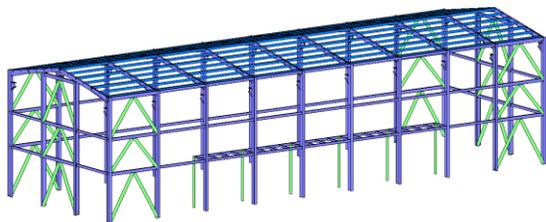
Reforzamiento con riostras F'C-BRB

HECHOS EN
concreto

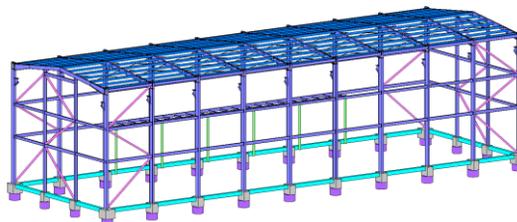
UNIVERSIDAD DEL VALLE

APLICACIÓN CON BRBS

Diseño con riostras convencionales



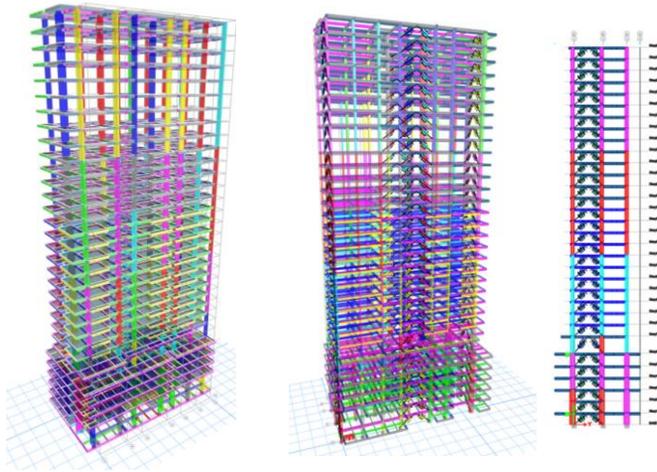
Diseño con riostras BRB



- Menores desplazamientos y/o derivas.
- Reducción del 11% en peso total de elementos.
- Reducción de la cantidad de conexiones en riostras.
- Menor peso y menor mano de obra.

HECHOS EN
concreto

EDIFICACIÓN 32 PISOS APLICACIÓN CON BRBS



- Menores desplazamientos y/o derivas.
- Reducción del 8% del peso concreto.
- Menor tamaño de columnas.
- Reducción 10% acero de refuerzo.
- Menor peso y menor mano de obra.

HECHOS EN
concreto

U. CALIFORNIA, BERKELEY (USA) REFORZAMIENTO CON BRBS



HECHOS EN
concreto

OTRAS APLICACIONES (USA)

APLICACIÓN DE BRBS



U. of California San Francisco

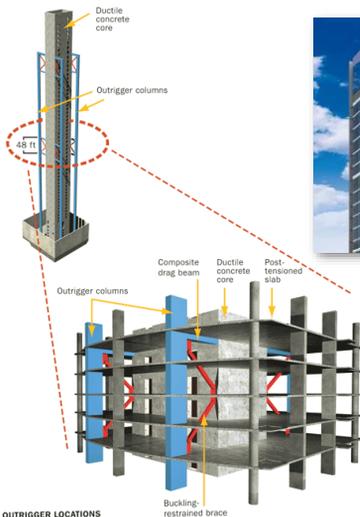


Kaiser Medical Center

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES

PAPR EN EDIFICIO DE 62 PISOS, SAN FRANCISCO



OUTRIGGER LOCATIONS

Buckling-restrained brace

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES

PROYECTOS EN JAPÓN



Figure 11. Tokyo BRBF (Gran Tokyo North).



Figure 12. Erection of large BRBF.

Fuente:
Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings. Toru Takeuchi, Akira Wada.

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES

PROYECTOS EN JAPÓN

Estructuras de piel

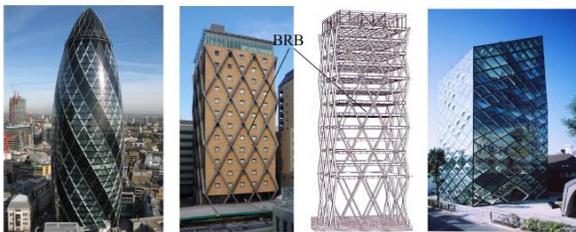


Figure 13. Grid-skin structures.



Figure 11. Tokyo BRBF (Gran Tokyo North).



Figure 12. Erection of large BRBF.

Fuente: Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings. Toru Takeuchi, Akira Wada.

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES

OTROS PROYECTOS, EEUU



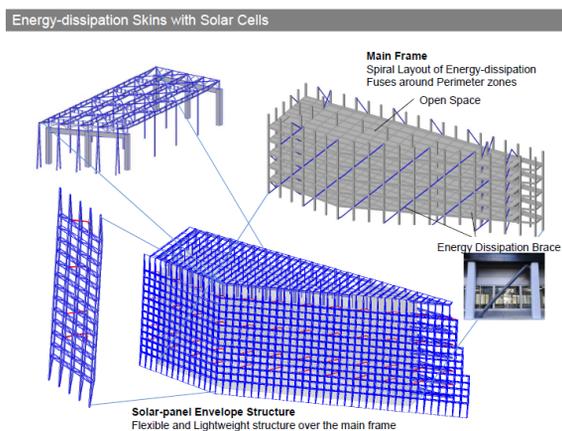
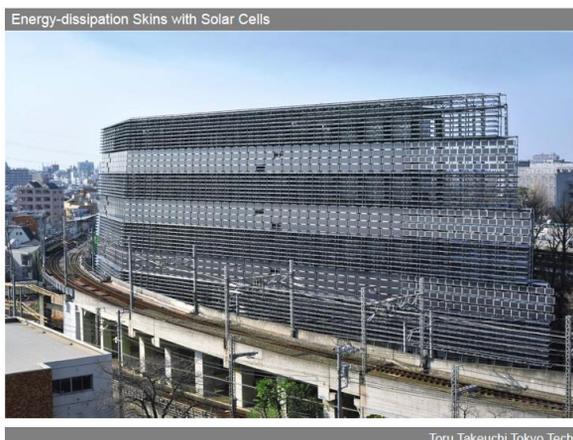
Figure 14. 181 Fremont Tower, San Francisco (Alumfti et al., 2018).

Fuente:
Review of Buckling-Restrained Brace Design and Application to Tall Buildings. Toru Takeuchi, Akira Wada.

HECHOS EN
concreto

OTRAS APLICACIONES

ESTRUCTURAS DE PIEL CON DISIPACIÓN DE ENERGÍA



Fuente: Toru Takeuchi

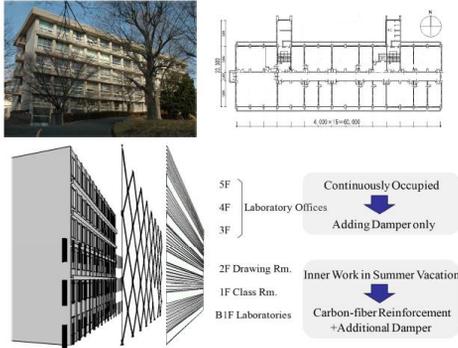
HECHOS EN
concreto

OTRAS APLICACIONES

REFORZAMIENTO CON ELEMENTOS BRB

Chapter 7.3: Seismic retrofit with BRBs

Midorigaoka-1st Building Retrofit concept



47

Buckling-restrained Braces and Applications

Chapter 7.3: Seismic retrofit with BRBs



52

Buckling-restrained Braces and Applications

Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES

Chapter 7.3: Seismic retrofit with BRBs

Retrofit with Diagonal BRB Louver



(a) Exterior appearance

(b) Interior view

Application for Seismic retrofit (Administer Build. Tokyo Tech)

Takeuchi T, Yasuda K, Iwata M: Seismic Retrofitting using Energy Dissipation Façades, *ATC-SE100* (San Francisco), 2009.12

53

Buckling-restrained Braces and Applications

Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN EDIFICACIONES



Photo. 5 Application to an apartment building

Fuente:
Recent Development of Seismic Retrofit Methods in Japan, Japan Building Disaster Prevention Association

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN OTRAS ESTRUCTURAS

Seismic retrofit of communication towers



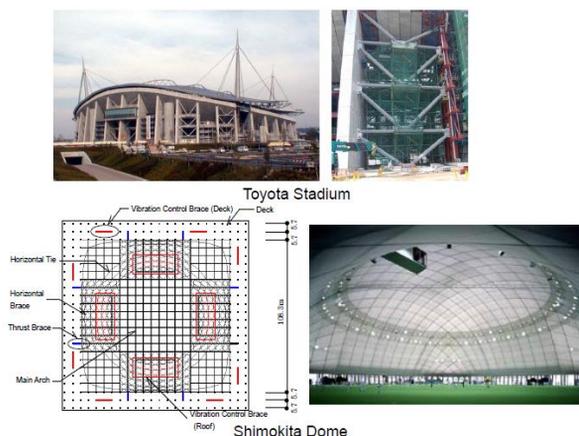
BRBs

Existing Tubular Members

Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

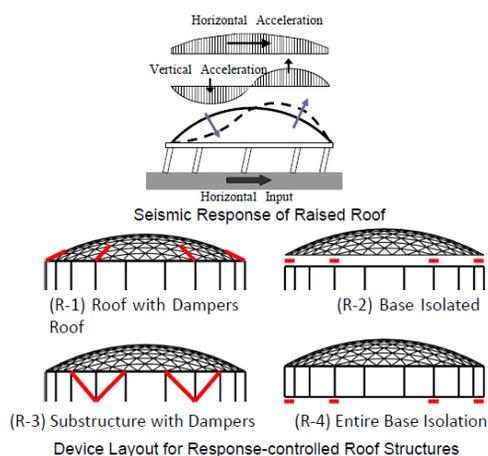
APLICACIÓN EN OTRAS ESTRUCTURAS



Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN OTRAS ESTRUCTURAS

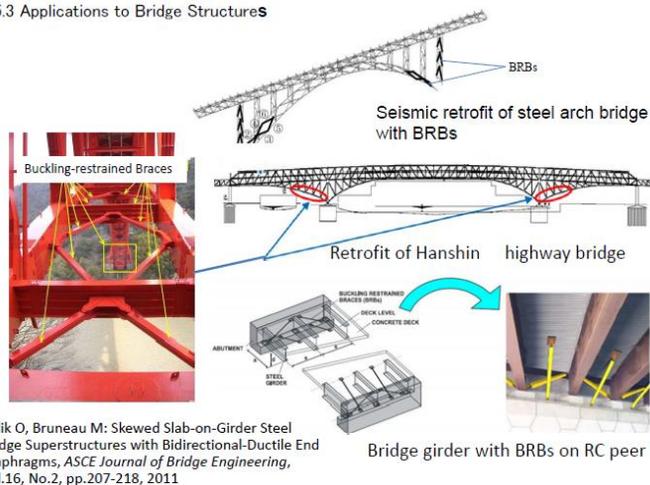


Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN EN OTRAS ESTRUCTURAS

7.5.3 Applications to Bridge Structures



Celik O, Bruneau M: Skewed Slab-on-Girder Steel Bridge Superstructures with Bidirectional-Ductile End Diaphragms, *ASCE Journal of Bridge Engineering*, Vol.16, No.2, pp.207-218, 2011

Fuente: Toru Takeuchi

HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN RECIENTE PREFABRICACION DE PORTICOS CON BRB



Seismic Performance of Precast Concrete Frames with Buckling-Restrained Braces

Shuangshuang Cui, Yan Chen, Jean Christophe Mwizerwa, Weihong Chen & Zhiyu Chen

To cite this article: Shuangshuang Cui, Yan Chen, Jean Christophe Mwizerwa, Weihong Chen & Zhiyu Chen (2022): Seismic Performance of Precast Concrete Frames with Buckling-Restrained Braces, *Journal of Earthquake Engineering*, DOI: 10.1080/13632469.2022.2096719

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13632469.2022.2096719>

Published online: 06 Jul 2022.



Cyclic experimental and numerical analytical investigation of precast concrete frames with buckling-restrained braces considering various assembling connections

Beibei Li^a, Jingfeng Wang^{a,b,*}, Mengjun Duan^a, Lei Guo^a, Bo Wang^a

^a School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Anhui Province 230009, China

^b Anhui Key Laboratory of Civil Engineering Structures and Materials, Anhui Province 230009, China



HECHOS EN
concreto

APLICACIÓN RECIENTE PREFABRICACION DE PORTICOS CON BRB

Jeffrey D. Viano and Thomas C. Schaeffer

Novel use of buckling-restrained braces in precast concrete frames



Typical buckling-restrained braced frame.



Typical lower connection of buckling-restrained brace to base plate and precast concrete column.



Typical upper connection of buckling-restrained brace to precast concrete beam and column.

concreto

TIPS - REFORZAMIENTO

Aspecto	Muros de Concreto	Disipadores
Duración de la intervención	Largo	Corto (reducción del 60-75%)
Costo directo	Alto	Reducción del 40% al 60%
Cantidad de demolición	Alta	Baja
Daño en acabados	Alto	Baja
Polución ambiental	Alta	Muy baja
Desempeño estructural	Bueno	Excelente
Control de daño	Aceptable*	Alto
Control de derivas	Aceptable*	Alto



HECHOS EN
concreto

3 TIPS SOBRE BRBS



En EUA las **Riostras BRB** se prefieren sobre los otros sistemas convencionales de reforzamiento y sistemas arriostrados (desempeño + costo + eficiencia)



En Colombia estamos fabricando las riostras BRB con un excelente desempeño sísmico

Disponibles comercialmente



En Colombia, tendremos la norma sobre aislamiento sísmico y disipación de energía para el año 202X. **Normas AIS 700-2X**

HECHOS EN
concreto

COMENTARIOS FINALES INTERACCION INGENERÍA-ARQUITECTURA

- Las edificaciones (proyectos) deben **nacer** sabiendo que van a tener **TCRS**.
- Las edificaciones, en su **genética**, deben saber que van a ser grandes, o pequeñas.
- Los dueños (inversionistas, etc.) deben saber que **se requiere mayor**: Ingeniería, Arquitectura y Construcción, para proyectos orientados a desempeño.
- Se requiere una **Arquitectura diferente**, que aporte al impulso de proyectos con TCRS. Especialmente en proyectos de reforzamiento (repotenciación).

HECHOS EN
concreto

COMENTARIOS FINALES

INICIATIVA “HOSPITAL SEGURO FRENTE A DESASTRES”

RESOLUCIÓN 976 DE 2009

(abril 1o)

Diario Oficial No. 47.311 de 3 de abril de 2009

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL

Por la cual acoge la Iniciativa Global “Hospital Seguro frente a Desastres” como un programa nacional para la reducción del riesgo ante desastres en el sector de la protección social, componente de salud.

Que el Consejo Directivo y el Comité Regional de la Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud, expide la Resolución CD45.R8 y en ella exhorta a los Estados Miembros a que adopten el lema “*Hospitales Seguros frente a Desastres*” como una política nacional de reducción del riesgo, mediante la cual se asegure que todos los hospitales nuevos se construyan con un nivel de resiliencia que le permita seguir funcionando en situaciones de desastre y se implementen medidas de mitigación para reforzar los establecimientos de salud existentes, en particular los que son prioritarios en la atención en salud.



COMENTARIOS FINALES

INICIATIVA “HOSPITAL SEGURO FRENTE A DESASTRES”

Reglamentación relacionada:

Documento	Reemplaza	Entidad	Plazos	
			Vulnerabilidad	Reforzamiento
Ley 715/2001		Gob. Nal	Dic 2005	Dic 2009
Ley 1151/2007	Ley 715/2001	Gob. Nal	Dic 2009	Dic 2013
NSR-10	Ley 400/1997	Gob. Nal.	Dic 2013	Dic 2016
Res. 5381/2013	Ley 715/2001	Min. Salud y Prot. Social	Dic 2017	Dic 2021
Res. 5240/2017	Res. 5381/2013	Min. Salud y Prot. Social	Dic 2021	Dic 2025
Res. 2132/2021	Res. 5240/2017	Min. Salud y Prot. Social	Dic 2024	Dic 2024 ?



COMENTARIOS FINALES OTRA INICIATIVA – EDUCACIÓN



Para ser seguras, las **entidades educativas deben ser resilientes** ante ciertas amenazas, entre ellas los terremotos.

¿Qué tanta resiliencia tenemos en nuestra infraestructura educativa?

HECHOS EN
concreto

COMENTARIOS FINALES CAMBIO DE ENFOQUE

- ¿Cuánta **afectación estamos dispuestos a permitir** en edificaciones de atención a la comunidad?
- ¿De qué manera vamos a realizar el **reforzamiento sísmico** de estas edificaciones?
- ¿Cómo vamos a “garantizar” un **desempeño adecuado** para la **operatividad/funcionalidad** de nuestra infraestructura?
- ¿Estamos cumpliendo completamente con el **desempeño esperado por la sociedad** en general?

HECHOS EN
concreto

HECHOS EN
concreto

Un Paso a la Vanguardia en Protección Sísmica

-Investigación y Desarrollo de Riostras de
Pandeo Restringido en Colombia-

Organizan:

