

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN

40 ANIVERSARIO



Nº 37 I | AÑO 2025

INSTITUTO DE DESARROLLO
EXPERIMENTAL DE LA
CONSTRUCCIÓN / IDEC
FACULTAD DE ARQUITECTURA
Y URBANISMO
UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA

Publicación semestral
ISSN Electrónico: 2343-5836
pp.198402DC2604

collectania®

Collectania fundada en 1998, empresa dedicada inicialmente a la distribución de cocinas alemanas y posteriormente en la distribución selectiva de muebles de autor alrededor del Globo. Su compromiso social y sus actividades educativas siempre han sido un pilar en cada uno de sus emprendimientos.



DIFUNDIENDO EL CONOCIMIENTO

El Vicerrectorado Académico de la UCV, junto con SABERUCV del CDCH, fomentan la innovación, el conocimiento y la colaboración mediante el apoyo de la información, la difusión y la asignación del DOI - Identificador de Objeto Digital - en las revistas científicas.

La Revista **Tecnología y Construcción** agradece el respaldo institucional de la Vicerrectora Académica, Dra. Fátima Garcés, de la directora del CDCH, Dra. María Rodríguez, y del Lic. Mauricio Sáez en SABERUCV





Portada: Composición de imágenes.
Argenis Lugo

Volumen 37-I - Año 2025
Publicación semestral
Depósito Legal: pp.198402DC2604
ISSN Impreso: 0798-9601 (Años 1985/2010)
ISSN Electrónico: 2343-5836

Tecnología y Construcción es una publicación que recoge artículos inscritos dentro del campo de la Arquitectura, la Innovación y el Desarrollo Tecnológico de la Construcción (especialmente: tecnologías constructivas; sistemas de producción; métodos de diseño; análisis de proyectos de arquitectura; requerimientos de habitabilidad y de los usuarios de las edificaciones; equipamiento de las edificaciones; nuevos materiales de construcción, mejoramiento de productos existentes y hallazgo de nuevos usos; aspectos económicos, sociales, históricos y administrativos de la construcción; informática aplicada al diseño y la construcción), así como análisis sobre ciencia y tecnología asociados a los problemas de la I+D+i en el campo de la construcción y la sostenibilidad de los asentamientos humanos. Se incluyen trabajos que resulten de investigaciones originales, proyectos de desarrollo tecnológico, ensayos científicos y revisiones bibliográficas que constituyan un aporte en el campo de la arquitectura y la tecnología de la construcción.

Archivo:
Repositorio Institucional UCV
http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc/issue/archive

Indizada en:
LATINDEX
<http://www.latindex.org/>

REVENCYT
<http://bdigital2.ula.ve/bdigital/index.php/colecciones/revenct>

PERIODICA
<https://www.dgb.unam.mx/index.php/catalogos/bibliografia-latinoamericana/periodica>

SciELO
<http://www2.scielo.org/ve>

SERVIDOR Y REDES
saberucv <http://saber.ucv.ve/>
Instagram https://www.instagram.com/revistatyc_idec/?hl=es-la
<https://www.instagram.com/idecdigital.ucv/?hl=es-la>
<https://www.instagram.com/saberucv/?hl=es>
<https://www.instagram.com/hernandezsantanab/?hl=es-la>
<https://www.instagram.com/argenislugor/?hl=es-la>

REVISTA TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN

CONSEJO EDITORIAL

EQUIPO TÉCNICO EDITORIAL

Dra. Beatriz Hernández S.
Directora y Editora Revista TyC - IDEC
<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>

MSc. Argenis Lugo Director - IDEC
Diseñador y Redes
<https://orcid.org/0009-0008-1915-4110>

Lic. Helena González
Editora y correctora de textos
<https://orcid.org/0009-0005-0933-4781>

Tec. Sup. Rozana Bentos
Diseñadora Gráfica
<https://orcid.org/0009-0001-7620-1007>

Lic. Oriana Silva
Asistente Editorial
<https://orcid.org/0000-0002-4048-4092>

MIEMBROS CONSEJO EDITORIAL

Dra. Beatriz Hernández Santana
<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

MSc. Argenis Lugo Ramírez
<https://orcid.org/0009-0008-1915-4110>
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Dr. Domingo Acosta González
<https://orcid.org/0009-0009-5434-6078>
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Dr. Alberto Lovera de Sola
<https://orcid.org/0000-0003-4775-5729>
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Dra. Eugenia Villalobos González
<https://orcid.org/0000-0002-4657-7644>
Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Dr. Fabio Capra-Riveiro
<https://orcid.org/0000-0003-0230-7287>
Louisiana State University: Baton Rouge, LA, EEUU

MSc. Manuel D'Hers del Pozo
<https://orcid.org/0000-0002-5812-2612>
Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España

Dra. Mónica Silva Contreras
<https://orcid.org/0000-0002-7565-1479>
Universidad Iberoamericana. Ciudad de México, México

INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN IDEC

Director
MSc. Arq. Argenis Lugo

Investigación
Esp. Arq. Beverly Hernández

Docencia
Esp. Ing. Sigfrido Loges

Extensión
Dr. Arq. Rafael G. Páez

Administración
Lic. Judith Echenique

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Rector
Dr. Víctor Rago Albuja

Vicerrectora Académica
Dra. María Fátima Garcés

Vicerrector Administrativo
Dr. José Balbino León

Secretaría
Dra. Corina Aristimuño

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

Decano
Dr. Javier Caricato

Director de la Escuela de Arquitectura
Carlos Raúl Villanueva
Arq. Marcos Coronel

Director del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción
MSc. Argenis Lugo

Directora del Instituto de Urbanismo
Mg. Nathalie Naranjo

Coordinadora de Estudios de Postgrado
Dra. Melin Nava

Coordinadora de Docencia
MSc. Glenda Yépez

Coordinadora de Investigación
Dra. Alejandra González

Coordinadora de Extensión
MSc. Marina Fernández

Coordinadora Administrativa
Lic. Milena Urbáez



Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, planta baja.
Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria,
Los Chaguaramos, Caracas 1041-A. Venezuela.



rtycucv@gmail.com



@revistatyc_idec



EDITORIAL

40 Años en la Divulgación de la Tecnología y la Construcción desde el IDEC <i>Dra. Arq. Beatriz Hernández Santana</i>	6
--	---

ARTÍCULOS

<i>Vulnerability and risk culture in the Faculty of Architecture and Urban Planning-UCV. Management for a comprehensive plan</i>	Vulnerabilidad y cultura de riesgo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UCV. Gestión para un plan integral <i>MSc. Arq. Yoisy Rangel</i>	10
<i>A hypothesis: two alternatives for spaces configured as straight parallelepipeds</i>	Una hipótesis: dos alternativas para configurar espacios como paralelepípedos rectos <i>Arq. Antonio Conti B.</i>	26
<i>Evaluation of an exterior coating with self-cleaning and decontaminating properties with the addition of titanium dioxide</i>	Evaluación de revestimiento para exteriores con propiedades autolimpiantes y descontaminantes con adición de dióxido de titanio <i>Esp. Ing. Rosa Goncalves R.</i>	38
<i>Concrete doesn't disappear, it evolves</i>	El concreto no desaparece, evoluciona <i>Dr. Ing. Idalberto Águila A.</i>	50
<i>Verification of strong column-weak beam condition in reinforced concrete frames with joint and story based methodologies</i>	Enfoques por nodos y por nivel para la verificación de la condición columna fuerte viga débil en pórticos de concreto reforzado <i>Esp. Ing. Sigfrido Loges F. / Dr. Ing. Angelo L. Marinilli M.</i>	62

DOCUMENTOS

V Trienal de Investigación en Arquitectura 2024 Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV) <i>Dra. Arq. Alejandra González / Esp. Arq. Beverly Hernández</i>	78
---	----

RESEÑAS

Planificación Emergente Programa Coordinado de Mitigación de Riesgos ante Desastres Socio Naturales - COMIR UCV. XXX ANIVERSARIO 2025 <i>Dra. Mercedes Marrero</i>	93
Reseña revista <i>Arteoficio</i> <i>Lic. Helena González</i>	95
Evaluadores y árbitros	98
Normas para autores.....	100

40 Años en la Divulgación de la Tecnología y la Construcción desde el IDEC

Dra. Arq. Beatriz Hernández Santana

Directora

<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>

Tecnología y Construcción, revista del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC, abre este primer número 37-I del año 2025 con la conmemoración doble de sus cuarenta años ininterrumpidos de divulgación investigativa y el quincuagésimo aniversario del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC, su casa. Una nueva oportunidad para traer y mostrar importantes avances relacionados con las líneas de investigación del IDEC en las áreas de Desarrollo Tecnológico, Economía de la Construcción, Habitabilidad y Sostenibilidad de las edificaciones.

Las propuestas tecnológicas aquí reseñadas tienen como objetivo la producción de edificaciones sostenibles, como una condición del proceso constructivo y de intervención social en un momento trascendental dentro de la discusión de la agenda 2030, debate que el IDEC asumió hace algo más de tres décadas favoreciendo con ello al plan de acción de Naciones Unidas y su Agenda, condición clave para desarrollar respuestas pertinentes a los desafíos del entorno construido, y a las grandes urgencias sociales en mitigación de riesgo.

Es así como recordamos las discusiones generadas en el IDEC hace más de una década donde la Investigación (I) y el Desarrollo (D) se sumaban a las indagaciones sobre el hábitat popular que venía adelantando un grupo de investigadores conjugadas con el interés sobre nuevas formas de plantear edificaciones a partir de innovaciones constructivas (i), abren el debate sobre el impacto ambiental de las acciones humanas y la sostenibilidad. De ahí que los resultados generados en estas investigaciones lleven implícito en cualquiera de sus niveles teóricos y prácticos la I+D+i.

En cuanto a la construcción y la tecnología –entendidas como expresión cultural– contemplan variables de orden económico, de orden político y variables sociales que conducen a la necesidad de analizar el problema con criterios humanos, arquitectónicos, constructivos, ambientales, económicos y sociales, lo que nos recuerda que la actividad del diseño arquitectónico obliga, ante todo, a acceder a las soluciones de los problemas en armonía con un entorno dinámico y cambiante, cualquiera sea el objeto de diseño, puesto que es el hombre el principal actor de ese proceso.

Es así como en este número se presenta en primer lugar un modelo integral de gestión del riesgo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo con la descripción de procedimientos idóneos para situaciones de emer-

gencia y fenómenos naturales como terremotos, concebido con el objetivo de garantizar la integridad física de la comunidad, bienes muebles y la preservación del patrimonio universal adjudicado por la UNESCO a la Ciudad Universitaria de Caracas. Se trata de una investigación llevada a cabo por la Magister Arquitecta Yoisy Rangel, quien parte del análisis de los efectos vividos por un hecho real ocurrido en la FAU para, como producto final, plantear propuestas y recomendaciones para la actuación de los miembros de la comunidad ante la ocurrencia de un evento adverso con miras a que lo propuesto sea replicado en otras instancias de la comunidad de la UCV.

Sigue un estudio preliminar que adelanta el arquitecto Antonio Conti para el diseño y la producción de espacios y volúmenes de paralelepípedos regulares. Para sustentar el supuesto se plantea, además de la hipótesis de diseño, dos alternativas de solución: una con estructura de acero tipo macro-malla y otra con paredes portantes de madera contra laminada, para solventar aspectos como uniones eficientes y continuidad de los miembros estructurales en las tres direcciones cartesianas X, Y, Z para así conformar espacios y edificaciones aptos para responder a exigencias de diseños sismorresistentes, permitiendo un proceso de construcción progresiva, así como la deconstrucción y reutilización de materiales, el reciclaje de los componentes, aumento de la vida útil de la construcción, al igual que 'cero desperdicios' y ahorro energético en la fabricación.

Otra vertiente importante de la sostenibilidad la constituyen aquellos avances e innovaciones relacionados con los materiales de construcción. En ese campo, este número ofrece resultados de investigación desarrollados por los ingenieros Rosa Goncalves e Idalberto Águila, ambos estudios orientados a disminuir los efectos nocivos que acarrear la utilización de algunos materiales de construcción y la contaminación del aire.

Por un lado, Rosa Goncalves presenta resultados de un trabajo experimental realizado en el marco de la Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC (FAU-UCV), para verificar el efecto descontaminante con la adición de dióxido de titanio (TiO_2) en revestimientos, así como la adición de dióxido de nitrógeno (NO_2) como descontaminante mediante fotocátalisis por reacción del ambiente con el revestimiento.

Por otra parte, el ingeniero Idalberto Águila, quien desde hace un tiempo acompaña la búsqueda de nuevas tecnologías asociadas a la elaboración y uso del concreto cuyo empleo no solo impacte menos al medio ambiente sino que contribuya de manera positiva a su protección, presenta algunos resultados de investigaciones recientes desarrolladas en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción combinados con una recopilación de las tendencias internacionales de investigación sobre el tema que reflejan muchas vías para mejorar el carácter ecológico del concreto, puesto que existe una amplia gama de materiales que se pueden incorporar a la mezcla y que le aportan cualidades nuevas convirtiéndolo en un material diferente al que tradicionalmente conocemos.

A lo largo de este trabajo también se muestra la posibilidad de recurrir a la nanotecnología y la robótica para aportar nuevas perspectivas y afirmar que el concreto no está desapareciendo, sino evolucionando.

Como último trabajo se incorpora el resultado de avance de un nuevo enfoque por nivel para la verificación de la condición “Columna fuerte-viga débil (CFVD)” en edificaciones aporticadas de concreto reforzado. Se trata de una investigación realizada por los ingenieros Sigfrido Loges y Ángelo Marinilli, tomando en cuenta todas las normas y los actuales enfoques por nodos y por nivel para alcanzar la CFVD en pórticos de concreto reforzado.

A continuación, en la sección Documentos se incluye una apretada reseña de las actividades desarrolladas en el marco de la Trienal de Investigación de la FAU-UCV 2024, convocada bajo el lema “*Sembrando cultura de investigación en tiempos de transformación curricular*”, que se desarrolló entre el 4 y el 8 de noviembre 2024, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV. Dicha síntesis fue realizada por las arquitectas Alejandra González y Beverly Hernández, coordinadoras de investigación de la FAU y del IDEC, respectivamente.

Aprovechamos esta oportunidad para dar la bienvenida a los miembros del nuevo Consejo Editorial de la revista (2025-2028) agradeciendo la confianza de todos los investigadores que se unen a este esfuerzo:

CONSEJO EDITORIAL

EQUIPO TÉCNICO EDITORIAL

Dra. Beatriz Hernández S.
Directora y Editora Revista TyC - IDEC
<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>

MSc. Argenis Lugo Director – IDEC
Diseñador y Redes
<https://orcid.org/0009-0008-1915-4110>

Lic. Helena González
Editora y correctora de textos
<https://orcid.org/0009-0005-0933-4781>

Tec. Sup. Rozana Bentos
Diseñadora Gráfica
<https://orcid.org/0009-0001-7620-1007>

Lic. Oriana Silva
Asistente Editorial
<https://orcid.org/0000-0002-4048-4092>

MIEMBROS CONSEJO EDITORIAL

Dra. Beatriz Hernández Santana
<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>
Universidad Central de Venezuela,
Caracas, Venezuela

MSc. Argenis Lugo Ramírez
<https://orcid.org/0009-0008-1915-4110>
Universidad Central de Venezuela,
Caracas, Venezuela

Dr. Domingo Acosta González
<https://orcid.org/0009-0009-5434-6078>
Universidad Central de Venezuela,
Caracas, Venezuela

Dr. Alberto Lovera de Sola
<https://orcid.org/0000-0003-4775-5729>
Universidad Central de Venezuela,
Caracas, Venezuela

Dra. Eugenia Villalobos González
<https://orcid.org/0000-0002-4657-7644>
Universidad Central de Venezuela,
Caracas, Venezuela

Dr. Fabio Capra-Riveiro
<https://orcid.org/0000-0003-0230-7287>
Louisiana State University: Baton
Rouge, LA, EEUU

MSc. Manuel D´Hers del Pozo
<https://orcid.org/0000-0002-5812-2612>
Universitat Rovira i Virgili, Tarragona,
España

Dra. Mónica Silva Contreras
<https://orcid.org/0000-0002-7565-1479>
Universidad Iberoamericana. Ciudad
de México, México

Con el mismo júbilo agradecemos al Vicerrectorado Académico de la UCV, en la persona de la Dra. María Fátima Garcés y su equipo, quienes nos apoyan conjuntamente con el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico-CDCH y su Repositorio-SABERUCV, su directora Dra. María Rodríguez, así como el Lic. Mauricio Sáez quien como guía se esmera en colaborar e informar sobre todo lo referente a los procesos editoriales de la UCV.

Nuestro agradecimiento también a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV, a su Decano el Dr. Arq. Javier Caricatto y la MSc. Marina Fernández en la Coordinación de Extensión por creer en la Revista ***Tecnología y Construcción***.

Especial reconocimiento a la empresa Collectania y a su directora la Sra. Denise Miodownik, quienes generosamente nos patrocinan en este camino editorial y científico. En esta ocasión se publicita la empresa española INALCO, líder en la fabricación de porcelánico técnico de gran formato, también conocido como superficies MDi (Materiales de Diseño Integral) que se caracterizan por su alta resistencia, durabilidad y estética, 100% de piedra natural sin productos artificiales plásticos añadidos que destacan por su innovación sostenible y creatividad. INALCO es representada por Collectania en exclusividad para Venezuela.

Y de nuevo, una vez más, nuestro agradecimiento a todos aquellos que, con su trabajo, constancia, dedicación y espíritu de colaboración hacen posible la materialización de este esfuerzo editorial.

Vulnerabilidad y cultura de riesgo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UCV. Gestión para un plan integral*

Vulnerability and risk culture in the Faculty of Architecture and Urban Planning-UCV. Management for a comprehensive plan

MSc. Arq. Yoisy Rangel

<https://orcid.org/0009-0007-2091-5696>

Correo-e: Arq.yrangel@gmail.com

Recibido: 14-05-2024 | Aceptado: 15-05-2024

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto proponer un modelo integral de gestión del riesgo ante amenazas de tipo natural, tecnológico y social para garantizar la integridad física de la comunidad, bienes muebles y la preservación del patrimonio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV). A partir de algunos hechos coyunturales vividos en sus espacios entre los años 2013 y 2014 se detectó un conjunto de factores vulnerables al entorno físico y social que pusieron en riesgo tanto a su comunidad como a las actividades académicas. En este sentido, el tema de la gestión de riesgo cobró relevancia dejando en evidencia la necesidad de actualizar una visión de trabajo conjunto. A partir de un estudio diagnóstico de las condiciones de seguridad del conjunto FAU se aborda el problema desde el paradigma interpretativo, a fin de profundizar en la comprensión de la dimensión social a través de entrevistas semi-estructuradas a informantes claves, con la finalidad de conocer cómo se concibe el riesgo entre la diversidad de los miembros que hacen vida en los espacios físicos de la FAU. Como aporte de los resultados obtenidos se propuso un plan integral de actuación de los miembros de la comunidad ante la ocurrencia de un evento adverso que contribuya a la cultura del riesgo en la FAU y con miras a que sea replicado en otras instancias de la comunidad universitaria.

Descriptores

Gestión del riesgo; Plan integral de acción, Patrimonio, vulnerabilidad y resiliencia; Programas universitarios sobre riesgos.

Abstract

The purpose of this work is to propose a comprehensive risk management model in the face of natural, technological, and social threats to guarantee the physical integrity of the community, movable property, and the preservation of the heritage of the Faculty of Architecture and Urban Planning of the Central University of Venezuela (FAU-UCV). Based on some current social events experienced by the community in their spaces between 2013 and 2014, a set of vulnerable factors to the physical and social environment were detected that put their community, as well as academic activities, at risk. In this sense, the issue of risk management became relevant, revealing the need to update a vision of joint work. Based on a diagnostic study of the security conditions of the FAU complex, the problem is approached from the interpretive paradigm, to deepen the understanding of the social dimension through semi-structured interviews with key informants, with the aim of knowing how the risk is conceived among the diversity of the members who live in the physical spaces of the FAU. As a contribution to the results obtained, a comprehensive action plan for community members was proposed in the event of an adverse event that contributes to the risk culture of the FAU and with a view to being replicated in other instances of the university community.

Descriptores

Risk management; Comprehensive action plan; Heritage, vulnerability and resilience; University risk programs.

* Esta investigación se llevó a cabo gracias al apoyo recibido del Instituto de Desarrollo Tecnológico de la Construcción-IDEC donde el tema se pudo desarrollar como investigación dentro de la décima cohorte de Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción en el mencionado Instituto. También es necesario el reconocimiento a la colaboración prestada por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo y su comunidad aportando datos esenciales para el desarrollo de los componentes que se proponen, así como a la Revista *Tecnología y Construcción* por el espacio que presta para la difusión de temas tan actuales y complejos como el aquí expuesto.

La seguridad sobre la cotidianidad social, física y tecnológica de las edificaciones académicas, específicamente en el conjunto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV) ha sido un tema de especial interés que para la autora de este trabajo cobró mayor relevancia luego de sucesivos eventos ocurridos durante los años 2013 y 2014, cuando se vulneró la seguridad de la comunidad académica con hechos violentos, pugnas sociales, inseguridad de los espacios físicos del edificio, ausencia de protocolos de actuación e inconexión del trabajo de las personas ante tales hechos. A partir de entonces se propuso estudiar y comprender el manejo de la gestión del riesgo en espacios académicos con características patrimoniales de manera concertada.

Los eventos suscitados, consecuencia de un conflicto social coyuntural, demostraron que debían solventarse algunas condiciones inadecuadas del espacio físico del conjunto de la FAU que vulneraban a la comunidad, situación que se hizo más compleja a falta de un plan previamente concebido para la actuación adecuada de los distintos actores de aquel momento.

Entendemos que las actividades humanas son sensibles, en mayor o menor medida, a diversos factores de riesgo que pueden generar emergencias de origen natural como sismos, inundaciones, tormentas, etc., o de origen antrópico, a causa de la acción del hombre, como incendios, explosiones, derrames químicos, robos, virus, etc. Estas situaciones pueden impactar a las personas en lo físico y psicológico, así como generar pérdidas económicas, materiales y daños en las edificaciones y en el medio ambiente, que no solamente afectan a las instituciones sino a la comunidad del lugar donde estas se presentan.

Se comprende entonces que la magnitud de las consecuencias de una emergencia está relacionada directamente con las medidas de prevención y control de la situación, por ello las ins-

tituciones, especialmente las educativas –dada la responsabilidad que tienen con la comunidad– deben definir lineamientos y planes de contingencia que redunden en el compromiso de salvaguardar la integridad física de las personas que hacen vida en ellas, a partir del manejo anticipado, eficaz y organizado de las posibles situaciones que pueden presentarse y las formas de actuación necesarias para cada caso.

En la actualidad hay grandes avances en materia de prevención y seguridad para las edificaciones, sin embargo, persiste la resistencia respecto al cambio de cultura preventiva de las sociedades. Por ello se requieren esfuerzos para el diseño e implementación de planes y actividades educativas vinculadas a la prevención y preparación para emergencias, adecuadas a la dinámica y cultura de la dimensión social en un contexto determinado.

En ese sentido, la gestión del riesgo¹ en una institución educativa requiere la planificación de estrategias y procedimientos para prevenir y mitigar los efectos de una situación de emergencia, por lo tanto, se deben formular programas y planes que contribuyan a minimizar la susceptibilidad a la ocurrencia de estos eventos o, en todo caso, a la recuperación en el menor tiempo posible. Lo anterior involucra la responsabilidad y el compromiso de la institución y de las personas que hacen vida en ella, siendo esencial entonces articular la toma de conciencia por parte de la comunidad y las acciones operativas antes, durante y después de un evento adverso.

Con base en este señalamiento, es pertinente estudiar la gestión del riesgo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela FAU-UCV, no solamente por la importancia del tema dadas las características del uso de la edificación, sino por el compromiso personal de contribuir con la reducción de la vulnerabilidad, así como la preservación y protección de una edificación que tiene carácter patrimonial.

Es importante resaltar que el tema de seguridad, en diversas fuentes bibliográficas consultadas, generalmente es planteado desde el punto de vista técnico y con menos frecuencia es abordado por investigadores desde el punto de vista del sujeto como actor que representa diversos roles en una comunidad sensible de ser afectada. Existen investigaciones realizadas en la UCV que reflejan la preocupación por el tema de la seguridad desde el punto de vista de la vulnerabilidad sísmica o socio-natural de algunas edificaciones que conforman la Ciudad Universitaria de Caracas, que, si bien no se relacionan con el interés que motiva este trabajo, sirvieron como referencia para abordar la problemática planteada en esta investigación. A continuación, veamos algunas de ellas.

Marrero (2014) en el *Programa COMIR UCV. Un ejemplo temprano de gestión de riesgos Venezuela*, se refiere a experiencias relacionadas con la gestión de riesgo, entre ellas las de la Fundación para la Prevención de Riesgos Sísmicos (FUNDAPRIS) en la Universidad de Los Andes; el Centro de Estudios del Ambiente (CE-NAMB-UCV) y la Cátedra de Medicina del Desastre en la Escuela Vargas de la Facultad de Medicina, también en la UCV, y de manera independiente, trabajos de otros docentes e investigadores que contribuyen con sus aportes, además de las labores formativas, preventivas y de atención por parte de los Bomberos Universitarios y de la División de Higiene y Seguridad.

La misma autora destaca la importancia de la prevención en la comunidad: "(...) la falta de conciencia en todo nivel de la importancia que debe asignársele a la prevención, requiere de un profundo cambio en la manera de pensar del individuo; lo cual ineludiblemente coloca esta misión en las manos del Sector Educativo, capaz de generar una transformación de la infraestructura: económica, física y social, a través de una producción académica que permita tener un desarrollo sostenible" (Marrero, 2014, p. 159).

De igual modo, González (2013) aborda el tema de la gestión en el artículo titulado: "Polí-

ticas públicas para gestión de riesgos socio-naturales en Venezuela" destacando las respuestas del Estado respecto a la prevención de las consecuencias de amenazas socio-naturales y la importancia de realizar gestiones en términos de informar y formar a las comunidades.

En el "Estudio inicial de gestión de riesgos de la Facultad de Ciencias, como estrategia para reducir la vulnerabilidad de ésta a desastres sicionaturales" (Acevedo, 2010), el enfoque estuvo orientado a minimizar los riesgos del impacto de la investigación y docencia en la Facultad de Ciencias, tales como los riesgos químicos, sismos, incendios, entre otros.

Por otra parte, el "Plan de dotación de alojamientos para situaciones de emergencia y desastres de la Región Metropolitana de Caracas, Escenario del sismo en el Sector Quebrada Anauco San Bernardino, Caracas" (Da Rocha, 2005), se enfoca en el manejo y previsión de dotación de alojamientos en situaciones de emergencia y propone un plan coordinado para instituciones con distintos roles y responsabilidades durante las distintas fases de una emergencia.

Otra investigación que proporciona información valiosa es "La vulnerabilidad funcional arquitectónica de los establecimientos hospitalarios. Caso de estudio: Hospital Universitario de Caracas" de Karla León (2013), en el cual –por medio de características arquitectónicas enfocadas en la accesibilidad, relaciones funcionales, higiene y seguridad– se hace un análisis de los aspectos arquitectónicos que interfieren en el mejor funcionamiento del Hospital Universitario de Caracas.

De la experiencia y preocupación propia de la autora de este trabajo por el tema de la gestión del riesgo, surge una primera aproximación a la comprensión del problema de la seguridad en la FAU, plasmada en el "Estudio diagnóstico de las condiciones de seguridad de la planta física de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo" (Rangel, 2015), en el cual se realiza un análisis desde el punto de vista técnico. La investigación tuvo como objeto evaluar las con-

diciones de seguridad del conjunto de la FAU, de acuerdo con lo establecido en las Normas COVENIN de higiene, seguridad y protección, con el fin de garantizar la integridad física de su comunidad, sus bienes muebles y la preservación de su patrimonio.

Los datos allí arrojados indicaban la necesidad de trabajar los aspectos sociales para comprender el problema cultural y el comportamiento de los miembros de la comunidad ante una situación de emergencia, por lo que la investigación se continuó, orientada desde el punto de vista del sujeto social, abordándola a partir de métodos cualitativos que permitieron estudiar la situación planteada a través de un análisis en profundidad de la gestión del riesgo, interpretando cómo los diferentes actores perciben el problema desde su perspectiva, valores y formas de actuación.

Hoy en día las instituciones de educación superior no están exentas de vivir este tipo de eventos y tienen la responsabilidad intrínseca de salvaguardar la integridad física de las personas que hacen vida en ellas. Este compromiso debe ser asumido de forma seria y consecuente, fomentando la elaboración de estrategias de seguridad que se adapten a las necesidades de la comunidad universitaria en cuanto a las medidas de prevención y protección que la actual coyuntura esté marcando, de forma coordinada, identificando los potenciales riesgos a los que está expuesta, fomentando la articulación entre la producción de conocimiento en estos temas y las formas de actuación en beneficio de ella, además de la dotación de tecnologías en las edificaciones para la prevención y mitigación de eventos.

En ese sentido, se propuso la creación de un modelo de gestión integral de prevención y mitigación del riesgo que articule los aspectos técnicos: planta física y recursos para contingencias; los aspectos sociales: conocimiento y preparación de la comunidad, y los institucionales: formas de organización, planes de contingencia, políticas para la gestión del riesgo, etc.

De acuerdo con lo antes expuesto se planteó como objetivo general proponer un modelo integral para prevenir y mitigar el riesgo ante amenazas de tipo natural, tecnológico y social para garantizar la integridad física de la comunidad, los bienes muebles y la preservación del patrimonio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Como marco para la elaboración de este modelo, entendemos por prevención las “Actividades tendientes a evitar el impacto adverso de amenazas, y medios empleados para minimizar los desastres ambientales, tecnológicos y biológicos relacionados con dichas amenazas” (ONU-EIRD, 2004, p. 18). Y como mitigación, “La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines” (UNISDR, 2009, p. 21).

Metodología para el trabajo en la comunidad de la FAU

De acuerdo con la realidad compleja que envuelve el planteamiento de esta investigación, fue necesario trazar una estrategia para un diseño de investigación de tipo transversal-exploratorio. Transversal porque es un estudio de carácter sincrónico que se efectúa en un período específico, y exploratorio porque constituye un tema poco conocido en este objeto de estudio.

Se revisó así mismo la situación a través de un análisis en profundidad, mostrando cómo los diferentes actores perciben el problema, cómo lo cuentan, cómo lo viven, qué ha influido en ellos, obligando al investigador a involucrarse con su perspectiva, sus valores y sus formas de interpretación. La información fue obtenida con un instrumento de entrevistas semi-estructuradas a informantes clave que arrojó datos que fueron analizados a través de ordenadores y categorías de análisis donde surgieron temas como cultura del riesgo, prevención, preparación de la comunidad, percepción de los riesgos, información, protocolos, recursos para contingencias, etc.

Al comprender la relación entre los elementos extraídos en el análisis realizado en el presente trabajo y los resultados obtenidos en la investigación previa (Rangel, 2015), se vislumbró los múltiples factores vinculados a la gestión del riesgo, encontrando principalmente entre ellos la incorporación de los miembros de la comunidad como participantes en un rol activo de preparación y difusión.

Criterios de selección del caso de estudio

El caso seleccionado para realizar esta investigación fue la FAU, por las razones antes descritas. A continuación, se plantean los criterios que justificaron la selección de este caso para el proceso de análisis de la gestión del riesgo:

- **Por eventos ocurridos recientemente:** entre estos aspectos encontramos diversos sucesos negativos ocurridos durante los años 2013 y 2014, vinculados con ataques a estudiantes de la comunidad de la FAU, y a la propia planta física del conjunto, los cuales dejaron en evidencia la poca preparación de la comunidad, la ausencia de protocolos, y la falta de equipos y sistemas para casos de emergencia, lo que trajo como consecuencia daño físico a los espacios de trabajo de la comunidad académica y daño psicológico a los miembros de la comunidad. Adicionalmente, desde la experiencia vivida en la FAU por la autora hasta el momento de llevar a cabo esta investigación no se habían tomado las medidas apropiadas para minimizar los efectos de un evento adverso sobre la cotidianidad del trabajo de estudiantes, profesores y personal administrativo y de apoyo. Como parte del estudio se pudo también obtener datos de la planta física de la FAU, sus planos, alzados, levantamiento fotográfico, así como el aprovechamiento de la información por el contacto con algunos representantes de COMIR (Programa Coordinado para la Mitigación de Riesgos Socionaturales) y COPRED (Consejo de Preservación

y Desarrollo) como las principales fuentes de información primaria para alcanzar los objetivos de este trabajo.

- **Características tipológicas:** el caso de estudio seleccionado, la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV), es una de las cinco edificaciones más altas de la Ciudad Universitaria de Caracas, que presenta un cuerpo bajo y una torre de aulas, con una escalera principal y una de emergencia, características que complejizan la resolución de la problemática y obligan a tomar medidas generando aportes en términos de poder garantizar la evacuación de los miembros de la comunidad.
- **Accesibilidad:** consideramos que el criterio fundamental para la selección de este caso es el hecho de que estamos vinculados directamente con él: como miembro de la comunidad de la FAU; como jefe del Departamento de Mantenimiento y Conservación del conjunto y como docente en el Sector Tecnología, es este vínculo el que permite tener fácil acceso a la información, relación y comunicación directa con los diferentes actores involucrados, además de favorecer el acceso a planos, documentos y fotografías, así como a otros datos que permiten conocer el proceso de gestión del riesgo en la FAU hasta ahora.

Contexto histórico-cultural

La experiencia es relevante debido a las características del conjunto y su contexto, dado que se trata de un Monumento Histórico Nacional y Patrimonio Mundial.

- **Actores:** La selección de actores permitió obtener información fundamental, siendo considerada como suficiente según el principio de saturación de las categorías, "(...) que significa que los datos se repiten y los nuevos datos conforman lo que hemos fundamentado" (Hernández et al., 2006a: p. 649). Para ello se realizaron dos entrevistas a expertos y trece entrevistas a informan-

tes clave, discriminados de la siguiente manera: profesionales (expertos en el área de mitigación y riesgo), docentes, estudiantes y trabajadores (empleados administrativos y obreros-vigilantes) tal y como lo expresa el diagrama 1, que representa el número de entrevistas en cada grupo de actores (Rangel, 2016 y Rangel et al., 2017).

Modelo de gestión integral de prevención y mitigación del riesgo GDR-FAU

Con el análisis y la interpretación de las entrevistas en profundidad fueron detectados ciertos aspectos que debían ser abordados en el modelo de gestión del riesgo en la Facultad (GDR-FAU) para contribuir con la seguridad y el bienestar de la comunidad FAU ante un riesgo inminente. Por lo cual se proponen un conjunto de estrategias, actividades y medidas orientadas a la prevención, preparación y mitigación del riesgo con el fin de responder adecuadamente a situaciones de emergencia, sin perder de vista que su implementación debe ser pla-

nificada y validada con anterioridad a través de simulacros. A continuación, definiremos los tres aspectos fundamentales que comprende el modelo de GDR-FAU:

- Preparación de la comunidad, referida a las actividades de organización y capacitación de todos los miembros de la FAU. Esto incluye los roles y responsabilidades de cada uno de ellos en situaciones de emergencia.
- Información para la resiliencia de la comunidad, que comprende todas aquellas actividades orientadas a la sensibilización, concientización y formación de la comunidad, así como divulgación de políticas y prácticas (protocolos) a ser aplicadas en un evento adverso, al igual que la señalización de rutas de escape, salidas de emergencia, equipos y sistemas para usar en casos de emergencia.
- Recursos para contingencias, referidos a la dotación de los equipos y sistemas de higiene, seguridad y protección para situaciones de emergencia de acuerdo al uso de la edificación y lo establecido en las normas COVENIN aplicables al caso de estudio. A

Diagrama 1. Identificación del tipo y número de informantes clave entrevistados



Fuente: Rangel, Y. (2016)

modo de síntesis, en el diagrama 2 se expresan los componentes del modelo de gestión del riesgo de la FAU.

Es conveniente destacar que los componentes del modelo de GDR-FAU estarán articulados en fases de acción, cuyas tareas podrían coincidir en el tiempo de acuerdo con la dinámica y la relación entre cada una de ellas. A continuación, en el diagrama 3 muestra las fases del modelo de GDR-FAU acompañadas de una breve descripción. La especificidad de cada una de las actividades se realizará más adelante.

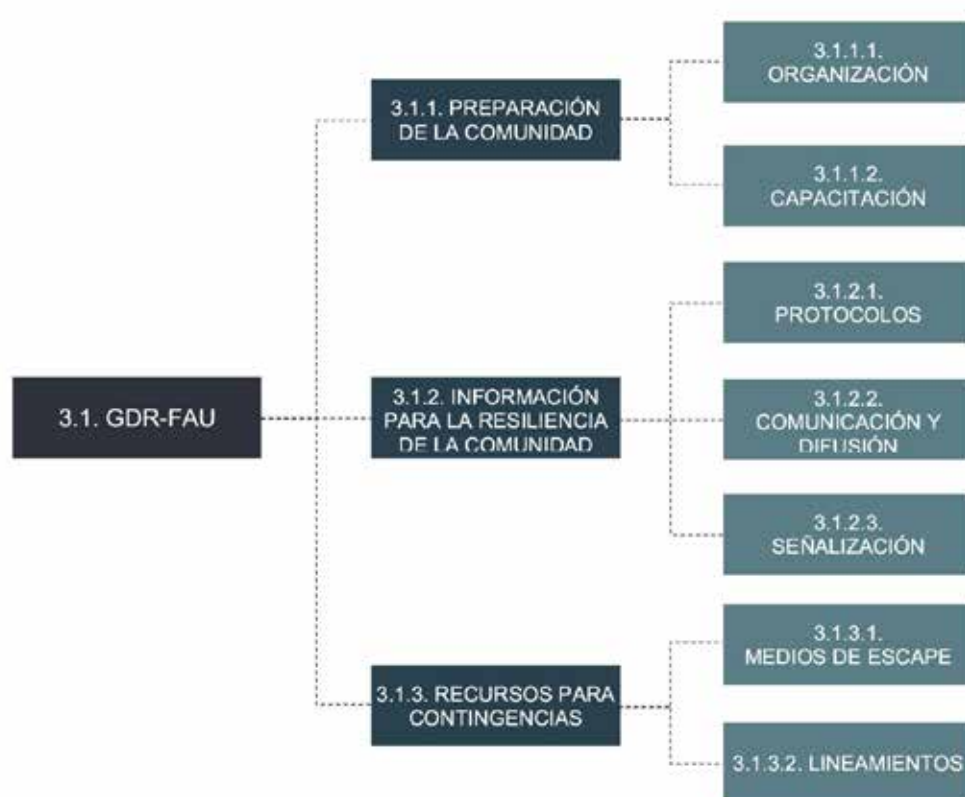
Preparación de la comunidad

Comprende todas aquellas acciones de planificación y desarrollo de capacidades y organización de la comunidad FAU para anti-

ciparse y responder de manera eficaz durante una emergencia. Para ello consideramos fundamental que los actores involucrados asuman su responsabilidad frente a los riesgos para reducirlos y prevenirlos a futuro, lo cual no significa que la comunidad deba ser experta, se refiere más bien a su sensibilización con respecto al manejo de los riesgos y a su disposición para involucrarse en las actividades de concientización, organización y capacitación ideadas en el modelo GDR-FAU.

Consideramos que el primer paso para lograr este objetivo es que la comunidad conozca su rol y lo que se espera de ella durante una situación de emergencia a partir de la organización y coordinación previa de acciones a acometer en una contingencia. Lo anterior se

Diagrama 2. Componentes del modelo integral de gestión del riesgo GDR-FAU



Fuente: Rangel, Y. (2018).

sustenta en el análisis de las entrevistas en donde las voces de los expertos destacan su preocupación con respecto a la evidente falta de organización y preparación de la comunidad para actuar durante una emergencia.

Organización

Para que el modelo GDR-FAU sea exitoso y tenga continuidad en el tiempo es fundamental tener una estructura organizativa clara y sólida, con roles y responsabilidades definidas de los actores durante una situación de emergencia, aunado a su dinámica de permanencia, ya que, dada la rotación semestral de estudiantes, es una variable que obliga a evaluar periódicamente quiénes son los miembros que forman parte de la estructura organizativa del modelo.

El planteamiento de consolidar una estructura organizativa para la gestión del riesgo en la Facultad surge a partir del análisis de planes de contingencia de instituciones con características similares a las de nuestro caso de estudio, en los cuales se destaca la importancia de la organización de la comunidad al momento de enfrentar situaciones de emergencia.

Algunos de los referentes que se tomaron en cuenta para la elaboración de la propuesta del modelo son los siguientes: la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile (2013); Residencia Estudiantil Elena y David de la Universidad Austral de Chile (Figuerola, 2009); Universidad de la Salle (2015); Universidad Interamericana de Puerto Rico (s/f); Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2014), etc.

Diagrama 3. Fases del modelo de GDR-FAU



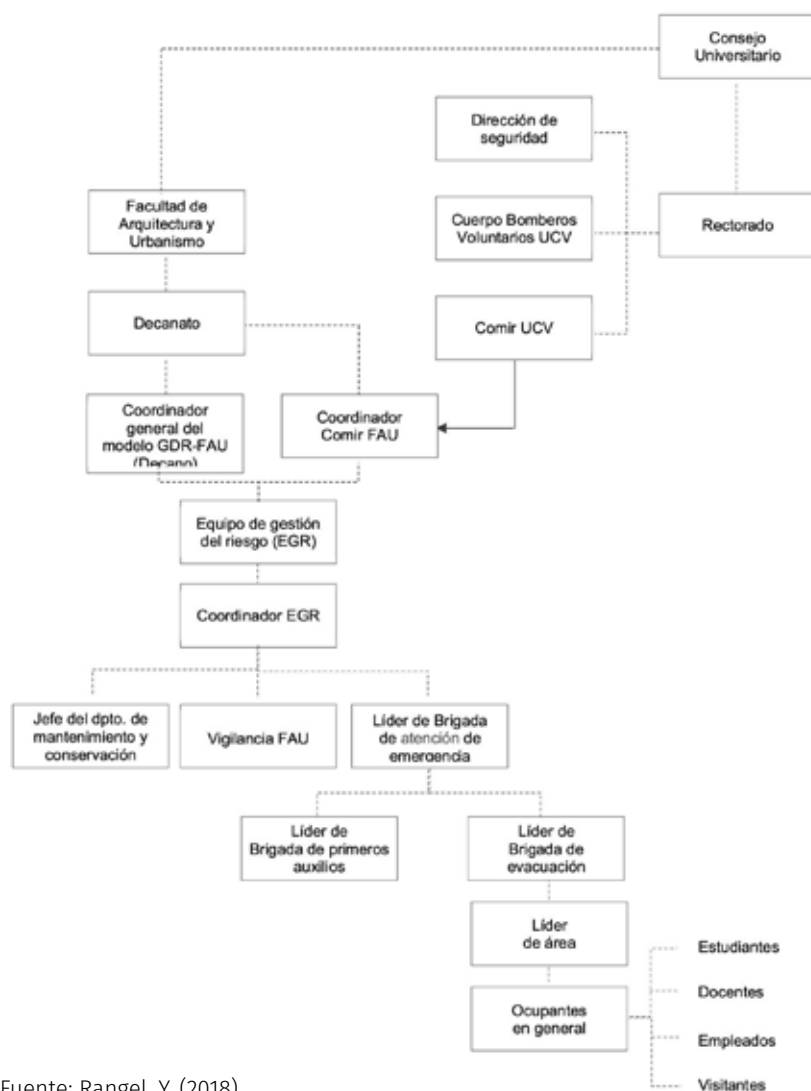
Fuente: Rangel, Y. (2018)

El diagrama 4 presenta una propuesta de la estructura organizativa del modelo GDR-FAU.

Capacitación

Se define como el conjunto de actividades educativas, sistemáticas y planificadas, no solamente para la adquisición o ampliación integral de conocimientos y destrezas para la reducción de riesgos en la Facultad, sino también para el cambio de actitud de la comunidad frente a los riesgos y en consecuencia la creación de cultura del riesgo.

Diagrama 4. Estructura organizativa del modelo GDR-FAU



Fuente: Rangel, Y. (2018)

La capacitación de la comunidad debe realizarse de forma continua² con el objetivo de actualizar los conocimientos necesarios para enfrentar las situaciones de emergencia, esto incluye la puesta en práctica periódica para mantener las habilidades y el compromiso de la comunidad para construir una cultura del riesgo, así como comprobar si los procedimientos aplicados son adecuados para los escenarios de riesgos, que son dinámicos y cambiantes, o si deben ser actualizados.

Lo anterior se fundamenta en lo establecido en el artículo 38 de la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio naturales y Tecnológicos, según el cual: “Los entes públicos y privados están obligados a incluir contenidos relacionados con la reducción de riesgos socio naturales y tecnológicos en los planes para la formación de todo su personal” (Gaceta N° 39.095, 2009).

De igual manera, entre las prioridades de acción del Marco de Acción de Hyogo se hace especial énfasis en la importancia de la capacitación y formación: “Utilizar los conocimientos, las innovaciones y la educación para crear una cultura de seguridad y de resiliencia a todo nivel” (ONU, 2005, pág. 11).

En ese sentido, en el objetivo del programa de enseñanza debe plantearse la construcción de capacidades de prevención y mitigación de riesgos a partir de la participación activa de la comunidad en los diferentes procesos de capacitación. A este respecto Cardona (2001) plantea que la construcción del conocimiento sobre el riesgo debe realizarse a partir del intercambio de experiencias del colectivo (p. 9), de esta forma consideramos que los participantes se sentirán motivados e identificados con el proceso de aprendizaje dado que pueden darles un significado propio.

En este contexto se destacan las iniciativas de Comir FAU para la realización de cursos y talleres en diversas oportunidades, fundamentalmente los organizados luego de los sucesos coyunturales vividos en 2014, y luego los realizados en mayo y junio de 2017, con el objetivo

de que la comunidad adquiriera diversos conocimientos y herramientas para reducir los efectos de situaciones de emergencia. Este tipo de experiencias son importantes y necesarias, sin embargo, se considera que para fijar una estrategia de capacitación primero deben determinarse las prioridades y necesidades del momento, los recursos de que se dispone y luego proceder a la planificación y programación de las actividades. La aplicación de ese principio podrá contribuir a mantener en vigencia el programa de capacitación.

Es fundamental entonces que la propuesta para la capacitación de la comunidad tenga claro el objetivo de los cursos, programas de inducción, talleres, etc. y también el público al que están dirigidos, en concordancia con la profundidad y especificidad del conocimiento que se requiere impartir de acuerdo con el perfil de los actores, sus funciones y su rol en la estructura organizativa del modelo GDR-FAU, de esta manera el aprendizaje será más eficaz y exitoso.

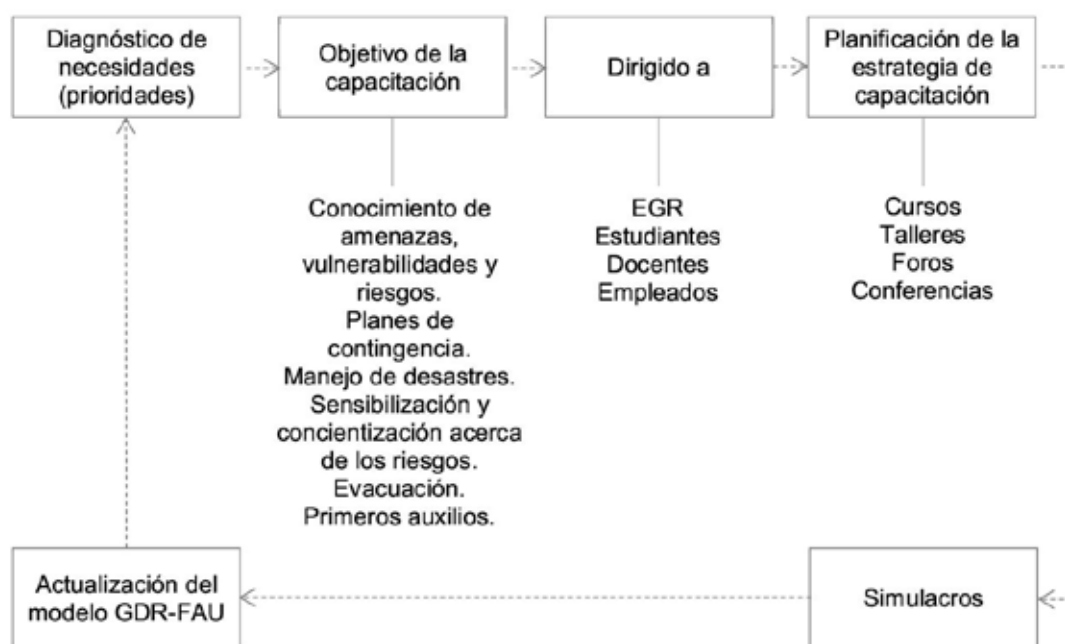
En el diagrama 5 se presenta un esquema de la síntesis del proceso de capacitación antes descrito.

Recursos para contingencias

Otro de los aspectos esenciales que conforman el modelo de GDR-FAU son los recursos para contingencias, los cuales se definen como todos aquellos equipos y sistemas de los que debe disponer la planta física del conjunto para garantizar la integridad física de la comunidad en caso de una emergencia, de acuerdo con los requerimientos exigidos en las normas de higiene, seguridad y protección aplicables al caso de estudio.

Las prioridades de los elementos que comprenden la propuesta del modelo vinculadas a los recursos para contingencias se enmarcan en las recomendaciones y hallazgos obtenidos en el Estudio diagnóstico de las condiciones de seguridad de la planta física del conjunto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Rangel,

Diagrama 5. Síntesis del proceso de capacitación



Fuente: Rangel, Y. (2018)

2015). En este sentido, a continuación se destacan los aspectos claves que se consideraron para la elaboración de los lineamientos vinculados a los recursos para contingencias:

1. El conjunto cumple con la mayoría de las exigencias de las normas de higiene, seguridad y protección, incluso las que serían más complejas de implementar en la planta física, aquellas que tendrían mayor impacto a nivel constructivo, tales como: número de escaleras, anchos de pasillo, número de salidas de emergencia, entre otras.
2. La necesidad de complementar los equipos y sistemas disponibles en el conjunto para funcionar en caso de emergencia y dar cumplimiento a lo exigido por las normas de higiene, seguridad y protección significa que en principio se debe evaluar el estado actual de los equipos, determinar si requieren mantenimiento o deben ser sustituidos. Adicionalmente se deben incorporar los sistemas y servicios de instalaciones de seguridad no disponibles en el conjunto.

Después de comprender la importancia y pertinencia de lo antes mencionado, consideramos que, en orden de prioridades, los planteamientos a desarrollar en el modelo GDR-FAU para lograr los objetivos propuestos serían los siguientes:

- Elaborar los planos del medio de escape y salidas de emergencia del conjunto (ver Rangel, 2017, punto 3.1.2.3: Señalización).
- Rehabilitar el funcionamiento de la totalidad de las vías de escape que componen el conjunto, incluyendo la reposición de los componentes faltantes en pasamanos y apoyos en las escaleras, la remoción de los obstáculos en escaleras, descansos y pasillos con el fin de garantizar el recorrido libre en el medio de escape, y la habilitación de las puertas y salidas de emergencia que se encuentren clausuradas, con el fin de garantizar el completo desalojo del conjunto de forma rápida en caso de necesidad/en caso de emergencia.

- Definir los lineamientos que se deben seguir para la realización del proyecto de detección, alarma y extinción de incendios que complemente los sistemas actuales disponibles en el conjunto de la FAU, según los requerimientos de las normas de higiene, seguridad y protección aplicables.
- Elaborar los planos de ubicación de los equipos de prevención y protección contra incendios del conjunto.

Medios de escape

Los medios de escape son definidos por la norma COVENIN 810:1998 como “(...) la vía libre y continua que desde cualquier punto de una edificación conduce a un lugar seguro” (p. 2). En este concepto se destaca la importancia que reviste el tener despejadas las rutas de escape con el fin de garantizar la evacuación total de una edificación de manera expedita. Con esta medida se podría garantizar el desalojo del conjunto en un tiempo adecuado y debe incluir las puertas de emergencia ubicadas en la torre de aulas, contando con el riguroso cumplimiento por parte del personal de vigilancia al momento de llevar a cabo las rutinas diarias del retiro de los candados de todas y cada una de las puertas y salidas de emergencia.

Consideraciones finales

Luego de analizar los rasgos característicos de la comunidad que hace vida en la FAU, la propuesta de estructura organizativa del modelo GDR-FAU y lo planteado en el Plan Hemisférico para la reducción de desastres del sector educación: Área formación ciudadana: “Desarrollar diferentes estrategias de capacitación, adecuadas al sector de la sociedad al cual va dirigida la acción formativa” (OEA, s.f.), consideramos que la estrategia para la capacitación debe ser desarrollada por niveles:

- Un primer nivel, el más profundo, orientado a la capacitación y formación del EGE, especialmente brigadistas y jefes de área.

- Un segundo nivel o nivel operativo, dirigido y adaptado a estudiantes, docentes y empleados que no formen parte del EGE.

Por otra parte, es conveniente resaltar la importancia que reviste establecer alianzas con organismos e instituciones especializadas en distintas áreas de prevención y mitigación de desastres, como Defensa Civil, Funvisis, Bomberos UCV, etc., para que, desde su especialidad, funjan como facilitadores en la preparación de la comunidad.

Una vez que se logren consolidar estos aspectos básicos se considera que se pueden iniciar las gestiones para ir implementando en profundidad y de forma progresiva, los aspectos que contempla el modelo: capacitación en diferentes niveles, elaboración de protocolos, activación de alertas, estrategias para la comunicación y difusión de información y conseguir recursos económicos para acometer todas las actividades que se requieran para dotar y adecuar la planta física a las exigencias de las normas COVENIN en materia de seguridad.

Lo importante para que el modelo de GDR-FAU pueda perdurar en el tiempo es que no pierda la esencia de sus características más básicas, esto es, que se mantenga como un modelo “adaptable, conocido, validable, actualizable”:

Adaptable: Que todas las fases contempladas en el modelo se adecúen a la dinámica de contexto actual en que se viva. Esto significa que debe realizarse una revisión periódica de las situaciones de riesgo, previas y actuales, con el fin de tener una preparación y una respuesta oportuna.

Conocido: Debe ser conocido por todos los miembros de la comunidad, en escala jerarquizada que puedan saber qué hacer y cómo actuar en una situación de emergencia. Ello se logra a partir de las estrategias de difusión disponibles que garantizando que la información llegue a cada miembro de la comunidad.

Validable: Una vez que el modelo es conocido debe ser comprobado por etapas de acción

según los niveles antes descritos y así medir su efectividad a través de prácticas de simulacros, y con ello se logrará verificar si el modelo se adapta o no a las necesidades de una emergencia, si la comunidad está bien preparada, organizada, capacitada e informada, a partir de ello se realizarán los correctivos pertinentes del modelo.

Actualizable: El modelo debe tener la capacidad de actualizarse con regularidad por lo que deben ser evaluados periódicamente cada uno de los aspectos que lo conforman. Esa periodicidad está vinculada con los cambios de la dinámica social y del contexto, luego de realizar un simulacro o si se ha presentado una situación de emergencia prevista o imprevista en él.

Adicionalmente, para que el modelo de GDR-FAU sea exitoso, debe reconocerse la importancia y el impacto que tiene la forma de ocupación del conjunto y la frecuencia (semestral) con que se varían los horarios y aulas por asignatura. Desde este punto de vista, es importante reconocer que el modelo de GDR-FAU más que una actitud frente a los eventos que ponen a una comunidad en situación de vulnerabilidad se concibe para que sea un aprendizaje y un comportamiento permeado en todos los niveles y actividades que se desarrollan en el conjunto de la FAU y transferible a la individualidad de los sujetos que allí hacen vida.

Por ello, se reconoce la importancia que reviste la revisión periódica de la actualización de los planes de mantenimiento, proyectos de adecuación y actualización de todos los elementos vinculados a los equipos y sistemas para funcionar en caso de emergencia, con el objetivo de mantenerlos en vigencia y adaptados a las necesidades del momento en que se viva y se active la cultura del riesgo.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos, se constata la ausencia de una cultura del riesgo en una institución que no implementa medidas anticipadas para mitigar los posibles efectos de un evento adverso y, en consecuencia, la comunidad no tiene una preparación adecuada, desconociendo los riesgos

a los que está expuesta, lo cual se manifiesta en: insuficiente información acerca de la toma de conciencia o protocolos a seguir durante un evento, desconfianza en el funcionamiento de los equipos y sistemas disponibles en la FAU para casos de emergencia, falta de claridad con respecto a las rutas de escape y salidas de emergencia habilitadas en el conjunto dado que no hay una señalización apropiada, y en el incumplimiento de los roles que deben corresponder a los distintos miembros de la comunidad.

El análisis de la información recolectada abrió un camino de interpretación que, sin ser una única forma de asumir este tipo de problemas, permitió encontrar una estrategia que puede guiar la construcción de un modelo GDR-FAU, destacando los siguientes aspectos:

- **Comunidad:** Es esencial tomar como punto de partida la organización y formas de actuación de la comunidad con base en los roles y responsabilidades que le corresponden, así como la capacitación de acuerdo con los niveles de conocimiento.
- **Información para la resiliencia de la comunidad:** Debe incluir la elaboración de protocolos de acuerdo con el tipo de riesgo que se presente en el contexto y los niveles de alerta asociados. Debe estar estudiada y sistematizada la difusión del modelo GDR-FAU, la señalización de medios de escape, los equipos para contingencias y riesgos y la realización de simulacros.
- **Recursos para contingencias:** Es un punto referido al mantenimiento, adecuación y actualización de la planta física para dar cumplimiento a los requerimientos y

exigencias de las normas de seguridad. Se recomienda además que estos aspectos sean implementados de forma progresiva siguiendo el orden de prioridades que se presenta a continuación:

- Conformación y consolidación del equipo de gestión de emergencia y reclutamiento de voluntarios, para coordinar las actividades que contempla el modelo GDR-FAU y la capacitación del equipo.
- Difusión del directorio de emergencias, de forma tal que, si se presenta un evento adverso y aún no se ha implantado el modelo, los miembros de la comunidad puedan tener una forma de comunicarse con el personal encargado de atender la emergencia.
- Elaboración y difusión de campañas de sensibilización y concientización de la comunidad para dar los primeros pasos hacia la creación de una cultura del riesgo.
- Elaboración de activación de alertas, estrategias para la comunicación y difusión de la información que la comunidad requiere para casos de emergencia, así como la dotación de recursos para contingencias relacionados con la planta física.

Finalmente, en aras de dejar abierta una línea de investigación en el ámbito práctico y académico, se considera fundamental promover la evaluación e implementación de esta propuesta para la prevención y protección de los miembros de la comunidad que hace vida en el campus, así como la preservación y conservación del patrimonio de la Universidad Central de Venezuela. Es ineludible la importancia que adquiere este tema dada la situación coyuntural actual de nuestro país.

Notas

1 La UNISDR define la gestión del riesgo como “El enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales (...) abarca la evaluación y el análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y de acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo” (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, Ginebra, 2009, p. 18).

2 “La capacitación en materia de gestión de riesgos se concibe como un proceso de educación continuado (...)” (Cardona, 2001, p. 8).

Referencias bibliográficas

- Acevedo, L. (2010). *Estudio inicial de gestión de riesgos de la Facultad de Ciencias, como estrategia para reducir la vulnerabilidad de ésta a desastres socio-naturales*. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Licenciado en Química. Caracas: Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
- Almazán, D. (2017). *El terremoto más fuerte del siglo golpea la costa de México*. Recuperado de: <http://www.chematierra.mx/la-tierra/riesgos-geologicos/el-terremotomas-fuerte-del-siglo-golpea-la-costa-de-mexico/>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación. Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Episteme.
- Ascanio, B. (2003). Mecanismos para la formulación de programas de prevención y mitigación de riesgos en la gestión local del AMC. IV Curso Internacional CISMID-JICA. Lima, Perú.
- Ayala-Carcedo, F. (2001). La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento técnico-administrativo de evaluación de riesgos para la población. *Boletín de la AGE* Nº 30-2000., pp. 37-49.
- Briceño-León, R. (2005). Dos décadas de violencia en Venezuela, en: *Violencia, criminalidad y terrorismo*. Caracas: Fundación Venezuela Positiva.
- Cardona, O. D. (2001). *Plan de capacitación institucional en gestión del riesgo*. Santo Domingo: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Cardona, O. D. (2003). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. “Una crítica y una revisión necesaria para la gestión”*. Bogotá: CEDERI (Centro de Estudios sobre Desastres y Riesgos): <https://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/RepensarVulnerabilidadyRiesgo-1.0.0.pdf>
- Cardona, O. D. (2005). Banco Interamericano de Desarrollo (2018). *Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos: Programa para América Latina y el Caribe: Ecuador*. <https://doi.org/10.18235/0001431>
- CENAMB-Centro de Estudios Integrales del Ambiente (2005). “La gestión del riesgo en Venezuela”, en: Notas CENAMB, *Boletín* del Centro de Estudios Integrales del Ambiente de la Universidad Central de Venezuela, Año 11, Nº 52 mayo 2005.
- Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID) para América Latina y el Caribe (2011-2012). *Guía Metodológica para Elaborar Planes Comunitarios de Gestión de Riesgos*. Ecuador: https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/AmericadelSurHerramientasydocumentos/Capacitacion/H_5_CARE_Ecuador_Doc_Sist_Guia_Planes.pdf
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1980). 1176-80. *Detectores. Generalidades*. Caracas: COVENIN.

- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1989a). 1040-89. *Extintores portátiles. Generalidades*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1989b). 758-89. *Estación manual de alarma*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1992). 187-92. *Colores, símbolos y dimensiones para señales de seguridad*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1993). 2453-93. *Bombas centrífugas contra incendio*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1997). 1330-97. *Sistema fijo de extinción de agua sin medio de impulsión propio. Requisitos. (3a Revisión)*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1998a). 810-98. *Características de los medios de escape en edificaciones según el tipo de ocupación*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1998b). 1213-98. *Extintores Portátiles*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (1999). 1041-1999. *Tablero central de detección y alarma de incendio (2da Revisión)*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2000). 1472-2000. *Lámparas de emergencia (Autocontenidas)*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2001a). 1331-2001. *Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua con Medio de Impulsión Propio*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2001b). 1642-2001. *Planos de uso bomberil para el servicio contra incendios*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2001c). 1756-2001. *Edificaciones Sismorresistentes*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2002). 823-3:2002. *Guía instructiva sobre Sistemas de Detección, Alarma y Extinción de Incendios en edificaciones. Parte 3: Educacionales*. Caracas.
- COVENIN-Comisión Venezolana de Normas Industriales (2009). 200-2009. *Código Eléctrico Nacional*. Caracas.
- Comité Internacional de la Cruz Roja (2003). *Declaración. XXVIII Conferencia Internacional de la Cruz Roja y Media Luna Roja*. Programa de Acción Humanitaria. Resoluciones. Ginebra.
- Consejo de Preservación y Desarrollo [COPRED] (2004). *Lineamientos Generales de Intervención para las edificaciones de la Ciudad Universitaria de Caracas*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). *Gaceta Oficial N° 36.860*.
- Da Rocha, M. (2005). Plan de dotación de alojamientos para situaciones de emergencia y desastres de la Región Metropolitana de Caracas, Escenario del sismo en el Sector Quebrada Anaúco San Bernardino, Caracas. Trabajo Final de Grado de la VIª Maestría del IDEC. Facultad de Arquitectura y Urbanismo-FAU, Universidad Central de Venezuela.
- Facultad de Arquitectura y Urbanismo (2013). *Plan de emergencia y evacuación*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Figuerola, F. (2009). *Elaboración de un plan de emergencia y evacuación ante un riesgo de incendio; caso de análisis: Residencia Estudiantil Elena y David de la Universidad Austral de Chile*. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Construcción Civil.
- FUNVISIS-Fundación Venezolana de Investigaciones sismológicas (2009). *La investigación sismológica en Venezuela*. Recuperado de: <http://www.funvisis.gob.ve/>.
- FUNVISIS-Fundación Venezolana de Investigaciones sismológicas (s.f.). *Funvisis. Reseña histórica*. Recuperado el 17 de agosto de 2017, de: <http://www.funvisis.gob.ve/>.

- González, N. (2013). Gestión de riesgos siconaturales en Venezuela. Propuestas para una sociedad segura, publicado en *Crisis y cambio. Propuestas desde la Sociología*: actas del XI Congreso Español de Sociología. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Políticas y Sociología, 10-12 de julio de 2013 / (coord. por Heriberto Cairo Carou, Lucila Finkel Morgenstern), Vol. 4, 2014 (Adenda), pp. 729-739. Recuperado de: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/4564/1/siconatural.pdf>
- Hernández Sampieri, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Quinta Edición. México DF: McGraw-Hill.
- León, K. (2013). La vulnerabilidad funcional arquitectónica de los establecimientos hospitalarios. Caso de estudio: Hospital Clínico Universitario. Trabajo Especial de Grado de la IX^a Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo-FAU, Universidad Central de Venezuela. http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/6087/1/karla_len.pdf
- Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos*. (09 de enero de 2009). *Gaceta Oficial* N° 39.095. Caracas.
- Marrero, M. (2014). Programa COMIR UCV. Un ejemplo temprano de gestión de riesgos Venezuela. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas-UNISDR: <http://www.ucv.ve/organizacion/rectorado/organizacion/estructura-funcional/programa-coordinado-para-la-mitigacion-de-riesgos/acerca-de-comir/resena-historica.html>
- OEA-Organización de Estados Americanos (s.f.). Plan hemisférico para la reducción de desastres del sector educación. Área formación ciudadana. Recuperado en mayo de 2017: <https://www.oas.org/nhp/fc-rtf.rtf>.
- ONU-Organización de Naciones Unidas (2005). *Marco de Hyogo para la Reducción del Riesgo de Desastres 2005-2015: Aumento de la Resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*. New York. UN World Conference on Disaster Risk Reduction in Kobe, Japan, on January 18-22, 2005. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). <http://www.unisdr.org/>
- ONU-EIRD/Organización de Naciones Unidas-Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2004). *Vivir con el riesgo: Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Ginebra: <https://www.eird.org/cd/building-codes/pdf/spa/doc16481/doc16481.htm>
- Rangel, Y. (2015). Estudio diagnóstico de las condiciones de seguridad de la planta física del conjunto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Trabajo de ascenso a la categoría de Asistente. Caracas: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela.
- Rangel, Y. (2016) Gestión del riesgo en la Ciudad Universitaria de Caracas. Caso de estudio: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Informe final. Seminario Tutelado. Caracas: IDEC-FAU-UCV.
- Rangel, Y. (2018) *Gestión del riesgo en la Ciudad Universitaria de Caracas. Caso de estudio: Facultad de Arquitectura y Urbanismo*. Caracas. IDEC. Facultad de Arquitectura y Urbanismo-FAU, Universidad Central de Venezuela.
- Rangel, Y.; Hernández, B.; Villalobos, E. (2017). Diagnóstico y variables para una gestión integral del riesgo en la comunidad de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. *Trienal de investigación FAU 2017*. Caracas. Facultad de Arquitectura y Urbanismo-FAU, Universidad Central de Venezuela.
- UNISDR-Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2009). *Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas, Ginebra, p. 18:
- Universidad Interamericana de Puerto Rico. (s/f). *Guías para la preparación de planes de contingencia para casos de emergencia por desastres naturales o de otra índole*. San Juan: Autor.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2014). UNAD: *Plan de emergencias institucional*. Bogotá: https://sig.unad.edu.co/documentos/sst/plan_emergencias.pdf

Una hipótesis: dos alternativas para configurar espacios como paralelepípedos rectos

A hypothesis: two alternatives for spaces configured as straight parallelepipeds

Arq. Antonio Conti B.

<https://orcid.org/0009-0000-1187-4676>

Correo-e: acontib@gmail.com

Recibido: 16-01-2024 | Aceptado: 21-10-2024

Resumen

Diseñar y construir espacios configurados por paralelepípedos rectos, con planos perpendiculares en direcciones cartesianas, son –aún hoy– dificultades muy comunes para la fabricación y el ensamblaje de sus componentes. La hipótesis de solución aquí descrita es un estudio preliminar teórico para solventar aspectos importantes como uniones y continuidad de miembros estructurales en las tres direcciones X, Y, Z que conforman el conjunto de espacios de una edificación con capacidad sismorresistente. Además de la hipótesis, para sustentar el supuesto teórico se plantean dos alternativas constructivas como ejemplos demostrativos. La primera consiste en el diseño de un nodo y miembros tubulares de acero para producir estructuras tridimensionales sobre terrenos planos y en pendiente. La segunda plantea la posibilidad de edificaciones con madera de hasta cuatro niveles con juntas secas, permitiendo un proceso de construcción progresiva, así como la deconstrucción y reutilización de materiales, el reciclaje de los componentes, aumento de la vida útil de la construcción, al igual que ‘cero desperdicios’ y ahorro energético en la fabricación.

Descriptores

Ortogonalidad en arquitectura; uniones y continuidad estructural; macroestructuras de acero; entablados de madera.

Abstract

Designing and constructing spaces configured by straight parallelepipeds, with perpendicular planes in Cartesian directions, are –even today– very common difficulties in the manufacturing and assembly of their components. The solution hypothesis described here is a preliminary theoretical study to address important aspects such as joints and continuity of structural members in the three directions X, Y, and Z that make up the set of spaces in a building with earthquake-resistant capacity. In addition to the hypothesis, to support the theoretical assumption, two construction alternatives are proposed as demonstrative examples. The first consists of the design of a node and tubular steel members to produce three-dimensional structures on flat and sloping terrain. The second raises the possibility of timber buildings of up to four levels with dry joints, allowing for a progressive construction process, as well as the deconstruction and reuse of materials, the recycling of components, an increase in the useful life of the building, as well as “zero waste” and energy savings in manufacturing.

Descriptors

Orthogonality in architecture; structural joints and continuity; steel macrostructures; wooden decking.

Este trabajo describe etapas iniciales de una investigación en curso que forma parte de la cartera de proyectos del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV). Resume el resultado de observaciones e hipótesis de solución para solventar aspectos recurrentes en el diseño y la construcción de edificaciones, configuradas con espacios en forma de paralelepípedos rectos, donde predomina la perpendicularidad de los componentes resistentes en las tres direcciones cartesianas X, Y, Z.

Tanto el ángulo recto como la geometría y morfología que de allí se derivan han sido por mucho tiempo motivo de interés, aplicación y desarrollo tecno-científico en la producción de edificaciones.

Con fines meramente ilustrativos y sin pretensión de rigurosidad académica se mencionan algunos aportes como los geométricos-ma-

temáticos de Euclides (Andrés, 2017) –desde el siglo II a. C.– reseñados en el quinto de *Los seis libros primeros de la geometría de Euclides* (Sainz, 2016); el sistema de coordenadas creado por René Descartes (Alberti, 2017), y la racionalidad del movimiento moderno y sus maestros Walter Gropius, Ludwig Mies van der Rohe y Le Corbusier, seudónimo del arquitecto franco-suízo Charles-Édouard Jeanneret, quien en 1947 escribió *El poema del ángulo recto* (publicado en una edición limitada en 1955) que combina escritura, artes plásticas y reflexión arquitectónica, poniendo de relieve la importancia de la geometría y su papel en los procesos creativos y del pensamiento (Le Corbusier, 1947).

También es oportuno mencionar la racionalidad del ángulo recto reflejada no solo en las propuestas constructivas de la Bauhaus, sino en el diseño de mobiliario industrializado (imagen 1) como parte de su propuesta básica integradora de arte, diseño, materiales, funcionalidad y tecnología.

Imagen 1. Propuestas de mobiliario de la Bauhaus. Ejemplos: silla Roja y azul y silla Steltman de G. Rietveld.



Fuente: https://www.disenoyarquitectura.net/2010/03/las-sillas-de-gerrit-rietveld.html#google_vignette

En la actividad investigativa, en la docencia así como en la práctica profesional de la arquitectura, es usual diseñar edificaciones configuradas con paralelepípedos rectos donde, entre otros, se observan dos problemas recurrentes y no siempre fáciles de resolver: las uniones entre sí y la continuidad de los componentes arquitectónicos y miembros estructurales.

Esos dos aspectos aquí contemplados, uniones y continuidad, adquieren relevancia para el diseño y la construcción de edificaciones sostenibles –premisa fundamental para la producción de conocimiento del IDEC (Cilento, 1999; Acosta, 2005)– que permitan modificaciones, deconstrucción, reutilización y reciclaje, parámetros vitales para no generar desperdicios ni residuos y prolongar la vida útil del conjunto construido.

Hipótesis

La hipótesis de diseño consiste en que, para conformar espacios con formas de paralelepípedos rectos, se interrumpan alternativamente los planos en las tres direcciones cartesianas –en la producción de edificaciones plano horizontal, vertical y lateral–, permitiendo el paso del plano perpendicular a él. Es así como se

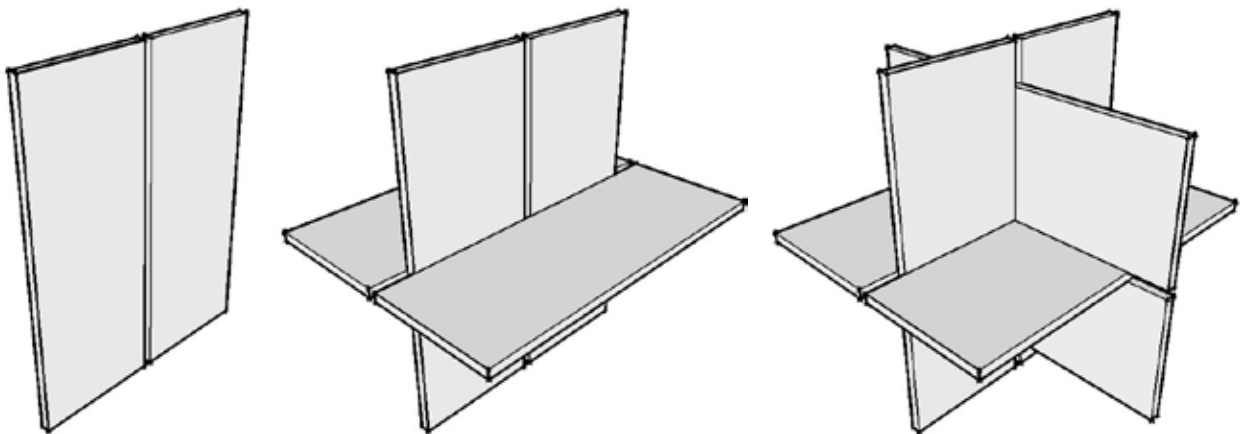
ilustra en los dibujos siguientes donde el plano horizontal permite el paso al vertical y este al lateral (dibujo 1).

La separación se ubica en el encuentro de las tres direcciones, es del tamaño del espesor del componente ortogonal respectivo y, según el caso, su longitud puede llegar a ser hasta de la altura, el ancho o la profundidad de una edificación, permitiendo uniones eficientes y continuidad de los elementos.

En las líneas que siguen, esta hipótesis se acompaña con dos alternativas constructivas como ejemplos demostrativos –no exhaustivos– de posibles líneas de investigación y desarrollo tecnológico para la producción de edificaciones.

Para la investigación en curso, en un sistema triedro o espacio tridimensional, asumimos los tres planos ortogonales –horizontal, vertical y lateral– como *lugares geométricos*, y sus tres intersecciones como *lugares geométricos comunes* correspondientes a las tres direcciones cartesianas X,Y,Z donde coinciden los planos de dos en dos, que se interrumpan, permitiendo la continuidad de uno de ellos, alternándose de acuerdo a las direcciones X,Y,Z (dibujo 2).

Dibujo 1. Interrupción de los lugares comunes

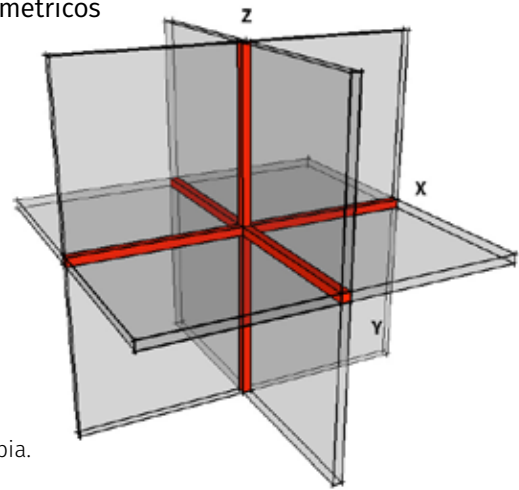


Fuente: Elaboración propia.

Si bien para fines ilustrativos en los dibujos 1 y 2 los lugares geométricos están representados por planos, la validez del supuesto teórico puede ser también válida para otras situaciones, como los ejemplos que se muestran en el dibujo 3, casos 3a y 3b.

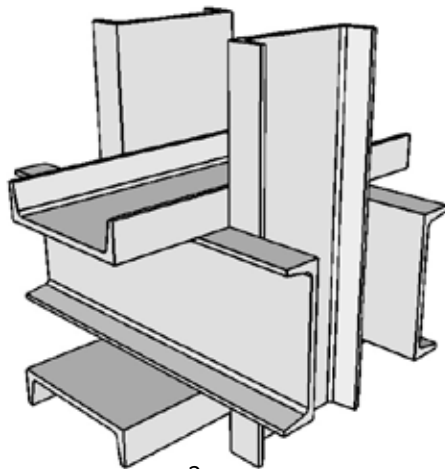
Igualmente, los lugares geométricos pueden ser representados con superficies giradas respecto a las indicadas en el dibujo 2, obteniéndose lugares geométricos comunes con elementos paralelos, diferentes y más anchos que los representados hasta ahora (dibujo 4).

Dibujo 2. Lugares geométricos

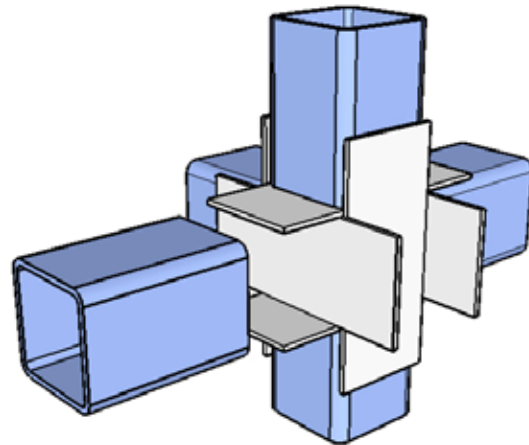


Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 3. Ejemplos: nodo con perfiles U y unión con tubos



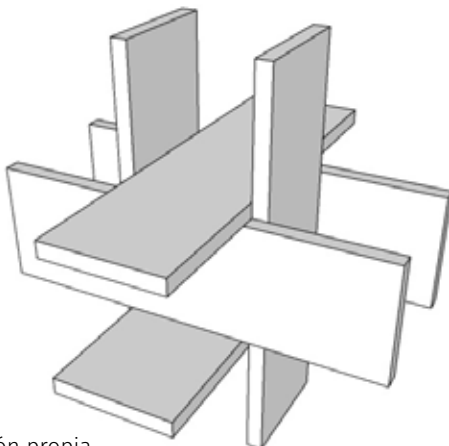
3a
Nodo con perfiles U



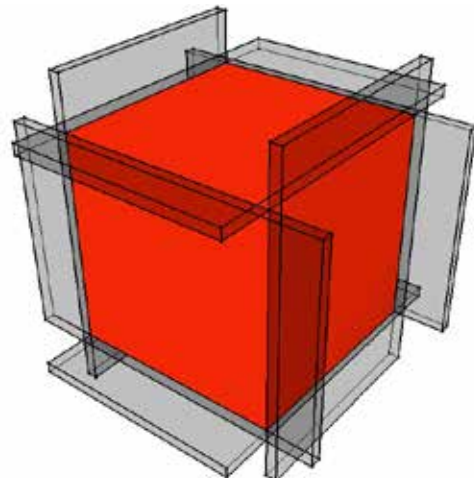
3b
Unión tubos

Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 4. Lugar geométrico común con elementos paralelos



Fuente: Elaboración propia.



Alternativa 1

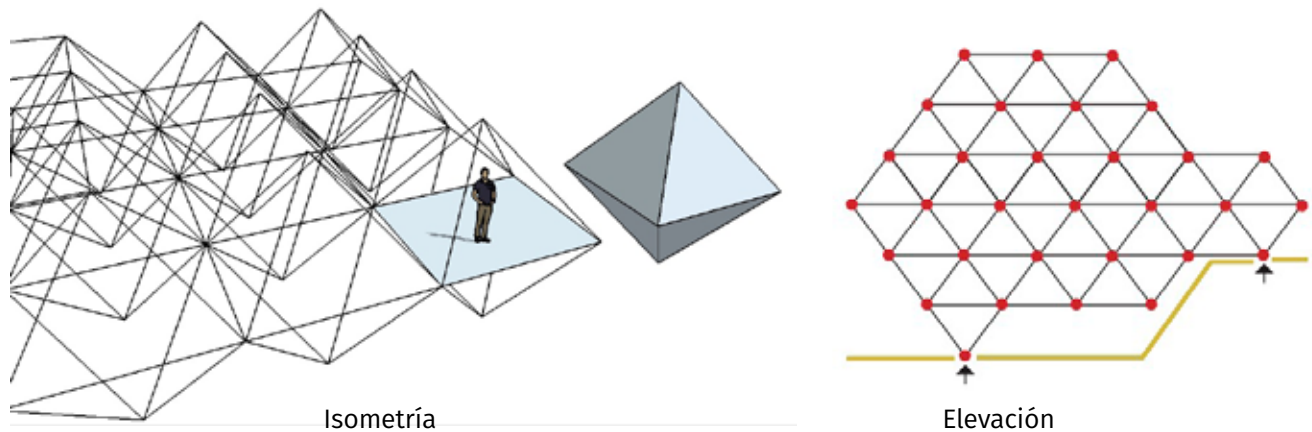
En concordancia con los lugares comunes perpendiculares reseñados en los dibujos 1 y 2, la primera propuesta consiste en una macro-malla estructural, tridimensional, habitable en su interior, de tubulares de acero unidos por nodos articulados. A similitud del sistema de Tridilosa (Castillo, 2020), el módulo estructural de la malla son las aristas de un octaedro que en nuestro ejemplo se suma horizontal y verticalmente hasta cinco niveles (dibujo 5),

con luces de los apoyos sobre el terreno entre 15m y 20m.

Configuradas así, las mallas resultan estables siendo las aristas de las ocho caras triangulares de los octaedros unidas con nodos articulados.

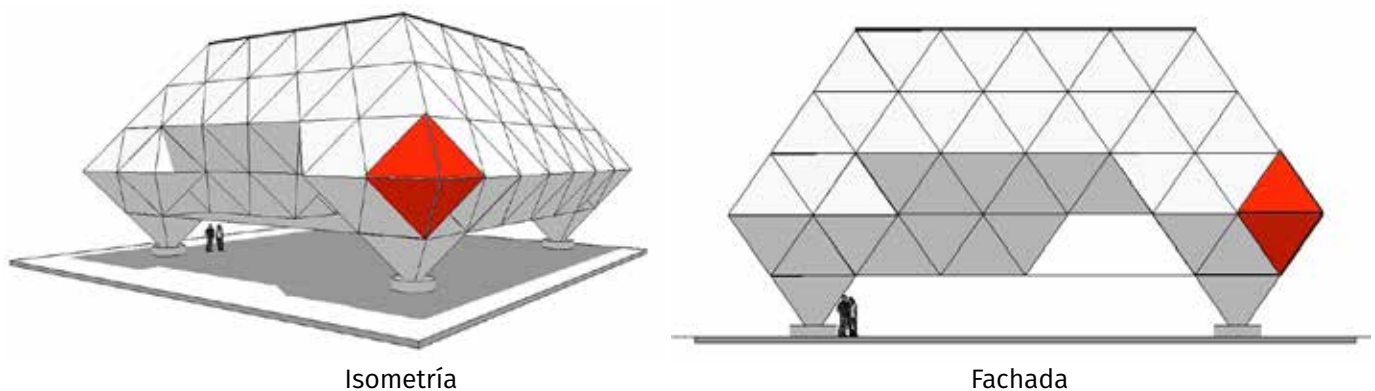
Para cada edificación específica el dimensionamiento de los miembros y demás especificaciones estructurales dependerá de las luces a cubrir, de las variables del diseño arquitectónico y estructural, además de la ubicación de la edificación (dibujo 6).

Dibujo 5. Macro-malla y módulo estructural junto con esquema de elevación



Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 6. Edificación



Fuente: Elaboración propia.

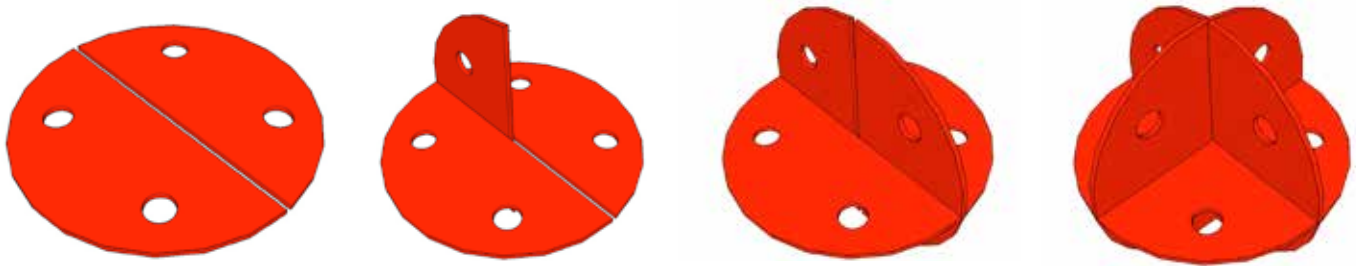
En cuanto a los nodos, han sido diseñados de acuerdo a la primera versión de la hipótesis descrita y representada en los dibujos 1 y 2, que identifican los lugares geométricos comunes ortogonales.

Dichos nodos se proponen fabricados con seis planchas iguales, en forma de semicírculo, que soldadas entre sí configuran un nodo compacto de tres planos ortogonales con apariencia de una 'esfera virtual' (dibujos 7 y 8), con doce

orificios para doce direcciones de los tubulares de acero: cuatro horizontales, cuatro oblicuas hacia arriba y cuatro oblicuas hacia abajo.

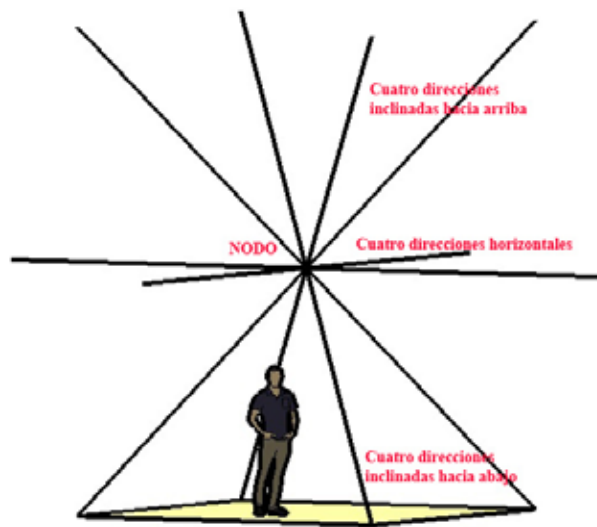
Obviamente, para preservar la continuidad estructural, las barras diagonales influyen en el diseño arquitectónico e interfieren integraciones y comunicaciones espaciales. A manera de ejemplo acotamos dos sugerencias orientadoras. La primera, considerar que las diagonales de los octaedros coincidan con las diagonales

Dibujo 7. 'Esfera virtual': nodo compacto de tres planos

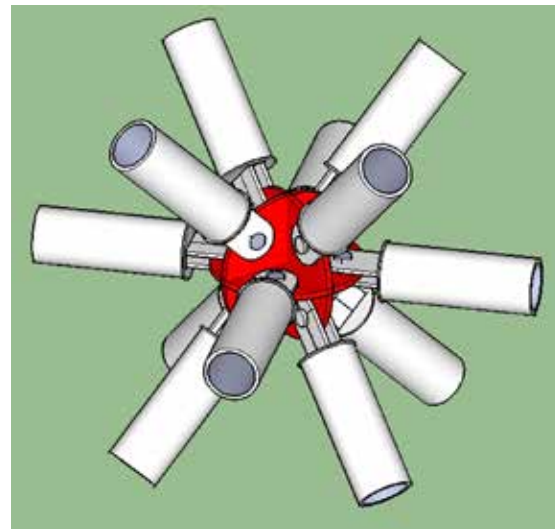


Fuente: Elaboración propia

Dibujo 8. Doce direcciones. Nodo para 12 tubulares de acero



Doce direcciones



Nodo

Fuente: Elaboración propia.

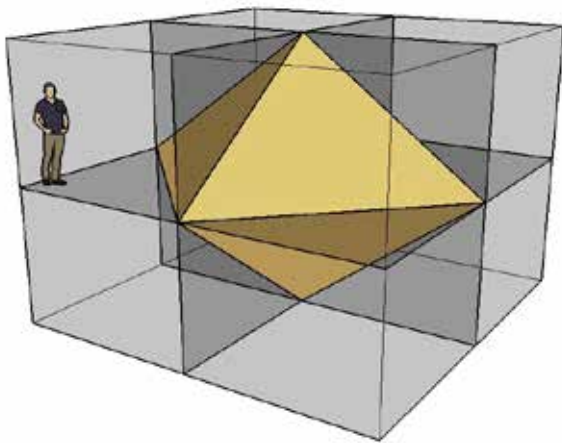
de un paralelepípedo recto que en nuestro caso equivaldría, por ejemplo, a la diagonal embutida de una de las paredes del espacio (dibujo 9).

La segunda sugerencia teórica es la de crear grandes zonas y espacios vacíos dentro de la macro-malla, donde se alojarían estructuras distintas y compatibles, que no afectarían la continuidad ni la estabilidad y el comportamiento estructural del conjunto (dibujo 10), quedando el resto de la estructura tridimensional como envoltorio y responsable de la resistencia y estabilidad de la edificación.

Alternativa 2

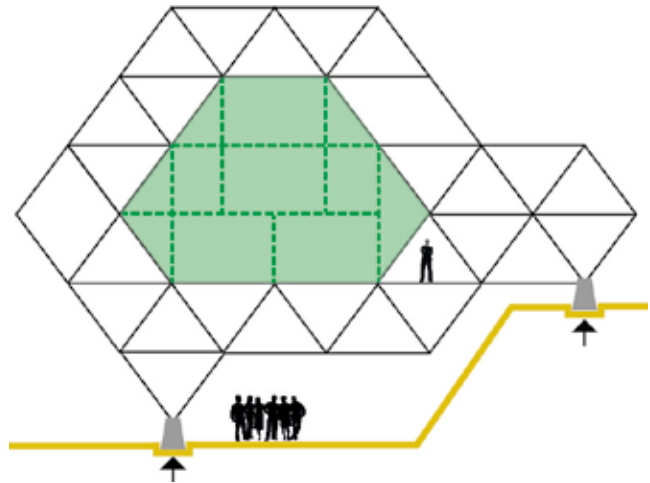
La segunda versión de la hipótesis se remite a la imagen de lugar geométrico común con elementos paralelos (ya representados en el dibujo 4) y propone construir edificaciones de hasta cuatro pisos, con paneles de madera de Pino Caribe venezolano (*Pinus Caribaea* var. *Hondurensis*) (Reyes et al., 2012), entablados, fabricados mediante el sistema laminado y contralaminado, también conocido como CLT, siglas en inglés de *Cross Laminated Timber* (imagen 2).

Dibujo 9. Aristas de un octaedro embutido en las paredes del paralelepípedo en un espacio



Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 10. Zonas vacías dentro de la macro-malla



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2. Laminado y contralaminado. Detalle secciones y componente



Fuente: <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/tendencias-de-la-arquitectura-en-madera-para-el-2020.html>

Consideramos esta técnica una alternativa muy adecuada para las propiedades mecánicas y dimensiones de la madera aserrada de Pino Caribe, con prestaciones, densidad y secciones muy inferiores a las maderas duras y semiduras de los bosques naturales.

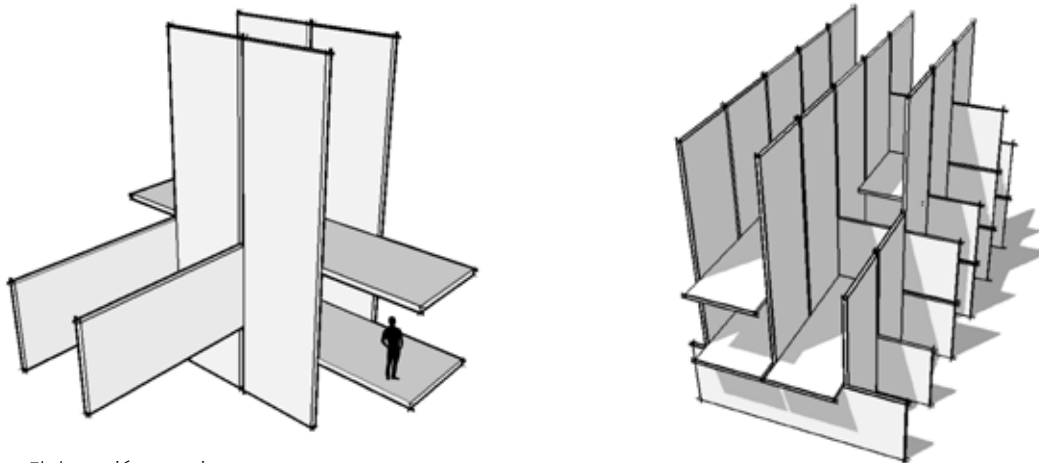
El posible pre-dimensionamiento de los componentes estructurales podría ser de hasta 12 metros de largo, anchos modulados a 1,20m, con 5 capas de tablas o tablones, de entre 3cm y 5cm de espesor para configurar las secciones transversales (15 a 25 cm). Como ejemplos de estas posibilidades (imagen 3), en los dibujos 11 y 12 se grafican criterios de diseño y varias soluciones posibles.

Imagen 3. Construcciones con tecnología CLT: paneles de madera contralaminada



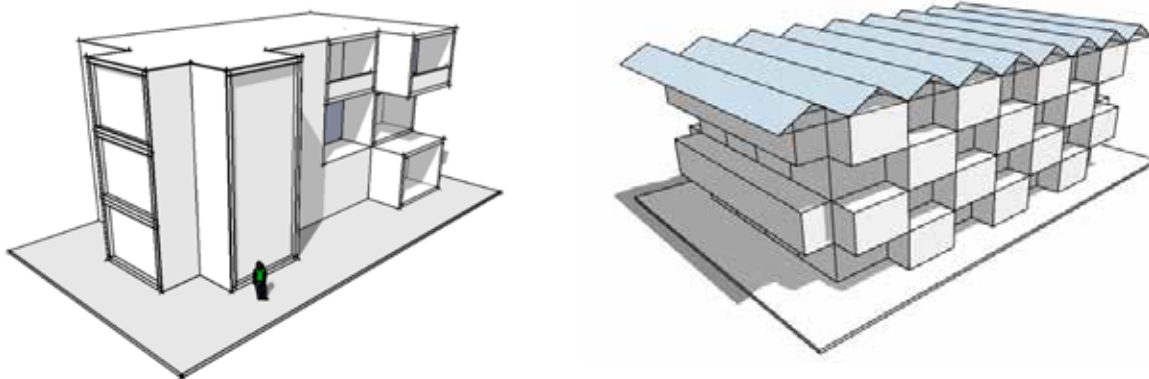
Fuente: https://maderame.com/construcciones-madera/#google_vignette

Dibujo 11. Ensamblaje de paneles CLT en las tres direcciones



Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 12. Esquemas de posibilidades



Fuente: Elaboración propia.

La madera en sí es un material extraordinario para diseñar espacios con gran calidad estética y de confort, y altamente eficientes gracias a su relación peso/capacidad resistente. Con respecto a otros materiales, su bajo peso por unidad de volumen y sus características físico-mecánicas, son cualidades insuperables para edificaciones eficientes a solicitudes sísmicas (López y Rattia, 2016).

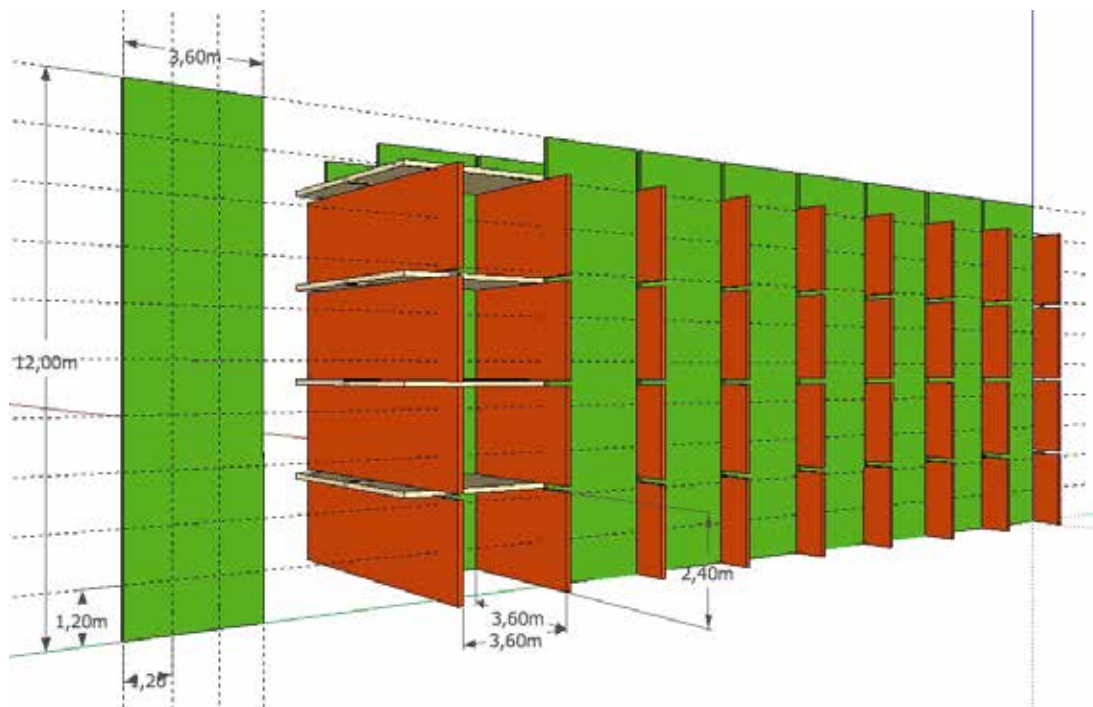
Se trata de un material natural, renovable, con muy poco impacto ambiental, características casi únicas como insumo cuando se piensa en la necesidad de un proyecto de construcción sostenible. Adicionalmente, su procesamiento es de baja exigencia energética aunado al hecho de que, para su transformación en componentes constructivos, solo requiere maquinaria sencilla y herramientas no sofisticadas.

En cuanto a la producción, los paneles con tecnología CLT pueden ser fabricados en car-

pinterías medianas, con maquinaria para laminados. Para el ensamble y montaje, las uniones de los componentes se hacen por junta seca, lo que permite construcciones progresivas, deconstrucción, modificaciones y ampliaciones por cambios de uso, reutilización y reciclaje, así como mayor vida útil de la edificación puesto que al modificar siempre se preserva lo construido (Conti, 2018).

Esta propuesta incorpora la coordinación dimensional con el módulo espacial de 1,20m x 1,20m x 1,20m (1M x 1M x 1M) y las unidades espaciales de 3,60m x 3,60m x h = 2,40m libres (3M x 3M x 2M). Muros y losas son múltiplos o submúltiplos de 12m x 3,60m (dibujo 13) y espesores de 15cm a 25cm, equivalentes a cinco laminados de 3cm y 5cm cada uno, respectivamente. Los paneles CLT son algunos sin aberturas, otros con vanos y vacíos para integración de ambientes, pasillos, colocación de puertas y

Dibujo 13. Coordinación dimensional



Fuente: Elaboración propia.

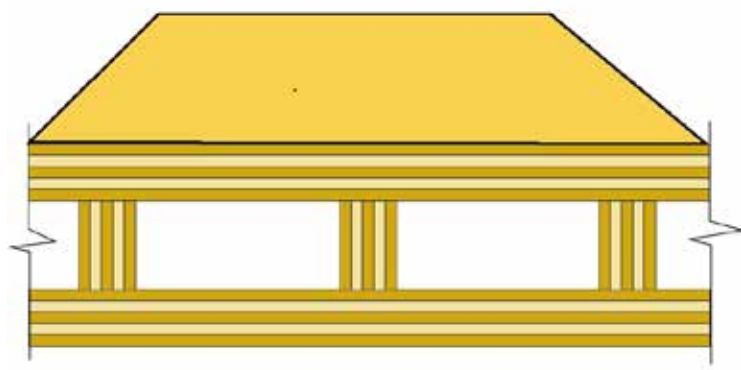
ventanas. No se descarta la utilización de componentes de secciones compuestas para solicitudes y luces mayores (dibujo 14).

En general, los dibujos insertos en este texto reflejan espacios cerrados, sin vanos para puertas, ventanas y pasillo. Sin embargo, el sistema CLT permite aberturas en muros y losas para integrar ambientes, así como vanos para alojar ventanas y puertas. Su diseño se desarrollará en investigaciones posteriores y proyectos concretos ya que –como señalamos al inicio– este estudio se limita a plantear la hipótesis de diseño y señalamientos para pro-

yectar y construir conjuntos con componentes continuos, unidos por sus aristas, dando lugar a edificaciones estables, competitivas, sostenibles y adecuadas para responder a solicitudes sismorresistentes.

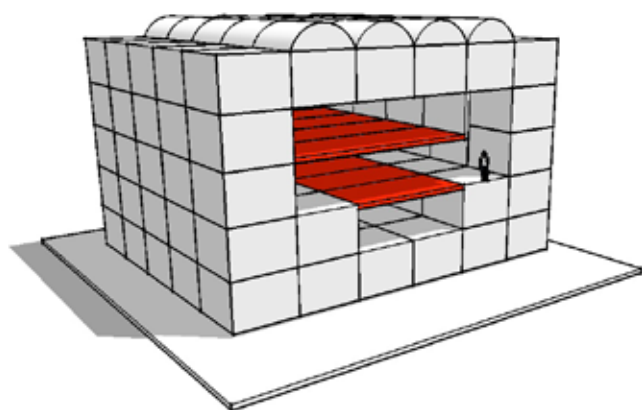
Al igual que para la primera alternativa, esta alternativa 2 permite dejar vacíos considerables dentro de la trama originada por los paneles. Esto facilita, por ejemplo, losas-puentes internas y sub-estructuras compatibles con la estructura, sin atentar contra la estabilidad del conjunto (dibujo 15).

Dibujo 14. Losa compuesta. Sección transversal. Detalle

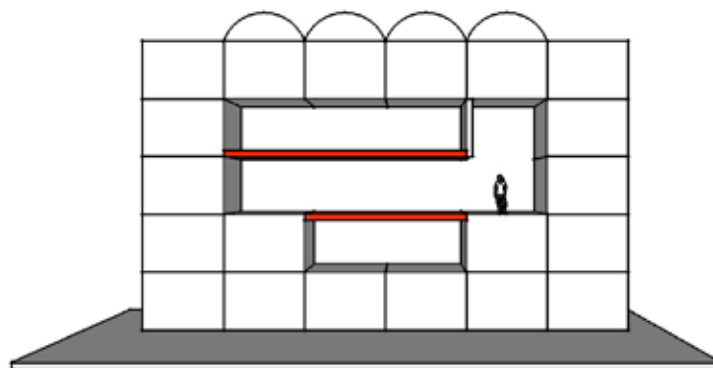


Fuente: Elaboración propia.

Dibujo 15. Losas-puentes internas y sub-estructuras



Isometría



Fachada

Fuente: Elaboración propia.

A manera de conclusión

La hipótesis de los *lugares comunes* sin interrupciones de componentes y miembros estructurales, y las aplicaciones posibles como en los ejemplos descritos, indican la factibilidad de resolver dos problemas recurrentes cuando se trata de construcciones que integran espacios en forma de paralelepípedos rectos: el de la continuidad y el de las uniones eficientes. Adicionalmente, consideramos que aplicando la hipótesis planteada como criterio de diseño, los conjuntos estructurales que de ella derivan originan unidades tridimensionales muy estables a pesar de estar conformadas por conjuntos de planos individuales donde sollicitaciones y fuerzas corren sin interrupción a lo largo de componentes verticales, horizontales y laterales.

En cuanto a la factibilidad constructiva, el diseño estructural la definirá en cada proyecto al considerar normas y especificaciones como, por ejemplo, la COVENIN 1756, que contempla requerimientos como factores de irregularidad, entre otros, las estructuras Tipo IV y una variación del III-b o III-c, así como el número

de pisos de las edificaciones o las conexiones preclasificadas para la madera.

La hipótesis planteada también permite edificaciones sostenibles al incorporar en el diseño la fabricación de elementos y componentes en talleres de herrería y carpintería existentes, la madera como recurso renovable, paneles prefabricados y construcción con juntas secas que garantizan mínimos desperdicios y residuos, y que resulten en edificaciones modificables y desarmables posteriormente sin traumas para lo ya construido.

Finalmente, la fabricación y el montaje de elementos y componentes descritos en las alternativas constructivas aquí presentadas pueden ser fácilmente ejecutadas por técnicos de mediana experiencia, en talleres medianos y semi-industriales, con recursos no sofisticados en cuanto a herramientas y equipos, que trabajen bajo la adecuada dirección y supervisión de profesionales y expertos.

Por último, confiamos en que la potencialidad del supuesto teórico aquí descrito permitirá, en futuras investigaciones experimentales, desarrollar alternativas atractivas, eficientes y competitivas.

Referencias bibliográficas

- Acosta, D. y Cilento, A. (2005) Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. *Tecnología y Construcción*, n°21-I, pp. 15-30, IDEC-FAU-UCV. Caracas, Venezuela.
- Alberti, Miguel (2017) *Descartes: el desarrollo de la geometría analítica*. Ed. RBA. Ciudad de México.
- Andrés, F. (2017) *Euclides*. Consulta el 30 de marzo, 2019: <https://historia-biografia.com/euclides/>.
- Castillo, H. (2020) Sistema estructural Tridilosa. <https://www.uic.mx/heberto-castillo-y-la-estructura-tridimensional/>
- Cilento, A. (1999) *Cambio de paradigma del Hábitat*. Ediciones CDCH/IDEC/UCV. Caracas. Colección Estudios.
- Conti, A. (2018) "Viviendas con madera y tableros ViMaT", en: *Memorias XXXVI Jornadas del IDEC 2018*, pp.: 58-70). Caracas. IDEC-FAU-UCV.

- Le Corbusier (1997) Selección de poemas e ilustraciones de *Le poème de l'angle droit*, traducción: Ricardo Ibarlucía y Valeria Joubert, "El poema del ángulo recto", primera edición en español, en *Diario de Poesía*, año 10, n°41, marzo de 1997, pp.: 17-22.
- Navarro, R. (2014). René Descartes. Consulta en Google eBook, marzo 2019: <https://books.google.co.ve/books?i-d=jwKPAGAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=ren%C3%A9+descarte+sistema+cartesiano&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewin25Pjy4zhAhXoQ98KHWKgDn04ChDrAQg8MAQ#v=onepage&q&f=false>
- Reyes, E.C.; Molina Caldera, M.; Valero, S.; Molina, Y.; Betancourt M., J.R. (2012). "Propiedades físicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, resinado y no resinado de las plantaciones de Uverito (Monagas, Venezuela)", *Revista Forestal Venezolana*, Vol. 56 (1), 2012, pp.: 21-28. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes-ULA, Mérida. Venezuela.
- Sainz, C. (2016). *Los seis libros primeros de la geometría de Euclides*. Traducción del profesor C. Sainz, Ediciones de la Junta de Andalucía. Biblioteca virtual de Andalucía. Granada, España.
- Sánchez, E.; Bellomo, F. J.; Nallim, Liz; Oller, S. (2018) Simulación numérica del comportamiento no lineal de madera laminada cruzada a flexión. XXXVIII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, National University of Salta.

Evaluación de revestimiento para exteriores con propiedades autolimpiantes y descontaminantes con adición de dióxido de titanio*

Evaluation of an exterior coating with self-cleaning and decontaminating properties with the addition of titanium dioxide

Esp. Ing. Rosa Goncalves R.

<https://orcid.org/0009-0008-9538-0291>

Correo-e: rosagonc@yahoo.com

Recibido: 5-04-2024 | Aceptado: 5-05-2024

Resumen

Una investigación realizada en el marco del postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción en el IDEC, FAU-UCV, busca alternativas que depuren la contaminación en las ciudades. Se muestran los resultados de un experimento cuyo objetivo es verificar el efecto descontaminante de la adición de dióxido de titanio (TiO_2) en revestimientos, así como el porcentaje de adición más adecuado utilizando, como gas contaminante, dióxido de nitrógeno (NO_2). Se diseñó un procedimiento experimental elaborando probetas revestidas con un friso cuya proporción arena/cemento es de 3:1 añadiéndoles TiO_2 en porcentajes 5%; 7,5 % y 10%, respecto al peso total de los materiales. Las probetas son colocadas en cámaras transparentes, herméticas y expuestas al sol durante 7 días. Se inyecta gas NO_2 con una concentración aproximada de 0,30 mg/L, excediendo el límite máximo recomendado por la Organización Mundial de la Salud de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mediante espectrofotometría, se analizan las muestras midiendo la concentración del gas en cada cámara a los 1, 3 y 7 días. La prueba demuestra que el TiO_2 actúa como descontaminante mediante fotocatalisis y la concentración que se mostró más efectiva es 5%. También se observó que este químico tiene comportamiento hidrofílico, aportando capacidad autolimpiante y expandiendo hasta 2,5 veces la vida útil del revestimiento.

Descriptores

Descontaminación; friso descontaminante; espectrofotometría; fotocatalisis; dióxido de titanio.

Abstract

A research carried out within the framework of the Postgraduate course in Technological Development of the IDEC, FAU, UCV, seeks alternatives that purify pollution in cities, the results of an experiment are shown whose objective is to verify the decontaminating effect of the addition of titanium dioxide (TiO_2) in coatings, as well as the most appropriate addition percentage. Using nitrogen dioxide (NO_2) as a polluting gas, an experimental procedure was designed, making specimens covered with a frieze whose sand:cement ratio is 3:1, adding TiO_2 in percentages 5; 7.5 and 10%, with respect to the total weight of the materials. The test tubes are placed in transparent, airtight chambers and exposed to the sun for 7 days. NO_2 gas is injected with an approximate concentration of 0.30 mg/L, exceeding the World Health Organization's maximum limit of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Using spectrophotometry, the samples are analyzed by measuring the gas concentration in each chamber at 1, 3 and 7 days. The test shows that TiO_2 acts as a decontaminant through photocatalysis and the most effective concentration is 5%. In addition, it was demonstrated that this chemical provides hydrophilic behavior, providing self-cleaning capacity and expanding up to 2.5 of the coating's lifespan.

Descriptors

Decontamination, spectrophotometry, photocatalysis, coating, titanium dioxide.

*Esta investigación es una síntesis de los resultados del Trabajo Especial de Grado realizado por su autora en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC (FAU UCV), en el marco de la VII Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, como parte de su programa de postgrado. Mi agradecimiento por el apoyo recibido del cuerpo profesoral de este instituto.

La contaminación es uno de los problemas más significativos de la actualidad que ocasionan problemas de diversa índole como la destrucción de ecosistemas enteros, afecciones graves a la salud de los seres humanos y deterioro de las estructuras. Todo por la exposición a distintos agentes contaminantes que están en la atmósfera.

S. P. Blöß (2008), indica que el problema de la contaminación en las grandes ciudades y otros conglomerados se debe a la presencia en el aire de óxidos de nitrógeno que en su mayoría provienen de los automóviles y de la combustión de combustibles fósiles en las centrales térmicas. Los seres humanos son los principales responsables de este problema ya que las actividades domésticas e industriales que realizan afectan enormemente el equilibrio de los gases que componen la atmósfera. Estos gases proveen las condiciones óptimas para el desarrollo normal y armónico de la vida en el planeta.

Dada esta problemática se han realizado numerosas investigaciones para encontrar métodos eficaces que disminuyan estas consecuencias. Entre ellas destacan las que buscan limpiar la atmósfera, pero generalmente se hacen en espacios controlados mediante aplicación de otros químicos.

En un espectro más amplio han surgido diversas investigaciones y lo más actual es utilizar químicos con propiedades fotocatalizadas (uso de luz ultravioleta). El más utilizado es el dióxido de titanio (TiO_2) el cual descompone compuestos de azufre, nitrógeno y carbono en moléculas inocuas para la salud. De aquí resulta una solución efectiva y económica que, además, puede ser utilizada en espacios abiertos.

El proceso de fotocatalisis resulta un método eficiente para la transformación de contaminantes en productos inofensivos para los seres humanos. A través del uso de la energía solar –como indica Blöß (2008)– se capturan los radicales libres generados por la absorción de la luz en la superficie semiconductora, para

usarlos en las reacciones de transferencia de electrones que generan, a su vez, transformaciones de los materiales.

Se ha usado el TiO_2 descontaminantes y autolimpiantes en superficies con distintos medios de soporte tales como pinturas, concretos, placas y hasta en lonas publicitarias. Un ejemplo de esto se dio en la Gran Vía de la ciudad de Madrid en 2015, donde se instaló una calle con una superficie de 1000 m². Los creadores aseguran que tiene un efecto descontaminante similar al producido por mil árboles o a reducir el tráfico en 50 coches (Vallés, 2015). Pero se genera la interrogante de si esto es suficiente para disminuir los valores reales que sobrepasan muchas veces los límites máximos permitidos por la Organización Mundial de la Salud de 40 $\mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ de aire.

Esta investigación principalmente explora cómo este químico, al ser utilizado en revestimientos exteriores, específicamente en frisos, puede disminuir los niveles de dióxido de nitrógeno (NO_2). El experimento se hizo en espacios controlados, pero sus resultados posteriormente pueden ser fácilmente replicados en condiciones típicas reales. Se utilizó una cantidad significativamente pequeña de adición de TiO_2 con respecto al peso total de los materiales a utilizar en la elaboración del revestimiento.

Este friso, además de limpiar el ambiente circundante a las edificaciones, también tiene el beneficio de autolimpiar la fachada de la suciedad que generan estos mismos contaminantes sobre ellas. Con esta acción se preserva la integridad de las edificaciones, salvando estructuras comunes y patrimonio artístico además de disminuir significativamente las labores de mantenimiento de las estructuras. El experimento aporta datos numéricos precisos acerca de los valores de descontaminación que se pueden lograr.

En Venezuela actualmente no hay ninguna línea de investigación que trate el tema. Los países más cercanos en la región que han trabajado con esta tecnología son Colombia y Chi-

le en el campo del concreto, mas no se consiguen referencias a revestimientos de este tipo.

Estos trabajos en Latinoamérica y otras partes del mundo, especialmente en Japón e Italia (Fujishima et al., 1972; De la Hoz, 2009; Aguilar, 2013; entre otros), han medido la degradación del NO_2 por distintas técnicas tales como: cromatografía de gases, quimioluminiscencia y espectrofotometría UV-visible. Son todos métodos químicos actualmente válidos para medir concentraciones y variaciones en gases.

En esta investigación se escogió el método de espectrofotometría debido a la accesibilidad a los equipos y reactivos en la Universidad Nacional Experimental del Transporte. El método se basa en experiencias normadas de Griess-Saltzman (ISO 6768, 2005. *Ambient air. Determination of mass concentration of nitrogen dioxide. Modified Griess-Saltzman method*). Estos investigadores diseñaron una metodología que genera una curva de calibración que sirve de patrón para mediciones de concentraciones de NO_2 emitiendo resultados de manera rápida y relativamente sencilla usando la Ley de Lambert-Beer.

Al ser el TiO_2 un reactivo relativamente económico, rendidor y fácil de conseguir, se puede hacer en posteriores trabajos una evaluación integral de su adición al revestimiento explorando su disponibilidad, costos y comercialización en Venezuela y eventualmente en otros países.

Este trabajo se limita a evaluar la adición de este químico para la disminución de la concentración de NO_2 y su comportamiento como un material descontaminante.

Técnicas experimentales

El programa de ensayos contempla: la caracterización de los materiales para la elaboración de los revestimientos de las probetas a ensayar con el descontaminante fotocatalítico TiO_2 , la generación del contaminante NO_2 y las mediciones de los niveles de contaminación mediante el método espectrofotometría o colorimetría. Adicionalmente se hace una medición cualitativa de Nitratos.

Para ello se realizan 4 probetas de medidas 25 cm x 40 cm x 2 cm. Una de las probetas no contiene TiO_2 , otra contiene un 5% de TiO_2 con respecto al peso de los materiales, una con 7,5% y otra con 10%. Luego se construye una cámara de vidrio con cuatro compartimentos separados para medir las concentraciones de dióxido de nitrógeno.

Se crea un patrón colorimétrico basado en las normas existentes para la medición de nitritos y nitratos

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en la Universidad Nacional Experimental del Transporte, utilizando los métodos establecidos principalmente en las normas COVENIN y ASTM que son condiciones establecidas por estos laboratorios.

Materiales y equipos

Los materiales utilizados en la elaboración del revestimiento de las probetas fueron: cemento gris Portland Tipo CPCA2, arena amarilla Maracay, agua potable y TiO_2 (fase anatasa). Para la formación del gas contaminante se utilizó virutas de cobre metálico y ácido nítrico concentrado. Para la evaluación del efecto descontaminante se usaron los siguientes reactivos: nitrito de sodio, trietanolamina, sulfanilamida, n-(1-naftil) etilendiamina, agua oxigenada y agua destilada. Para las cámaras de experimentación se utilizaron láminas de vidrio de 5mm y silicona para su sellado.

Todas las medidas colorimétricas fueron realizadas en un espectrofotómetro marca Shimadzu, modelo 1240.

Caracterización de los materiales para el revestimiento

Dado que las normas COVENIN no contemplan análisis para la arena ni el cemento que van a ser usados en revestimientos tipo friso, se les caracterizó con los métodos establecidos para agregados a ser utilizados en concretos estructurales.

Caracterización de la arena

La arena se evalúa con las normas COVENIN 255:1998 “Agregados. Composición Granulométrica”, COVENIN 258-77 “Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo 74 micras en agregados minerales” y la COVENIN 268:1998 “Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción”.

Caracterización del cemento

El cemento utilizado fue el denominado “MAESTRO PORTLAND Tipo CPCA2” de uso general. Se evaluó con las normas COVENIN 492:1994 “Cemento Portland. Determinación de la Densidad Real” y por la COVENIN 487:1993 “Determinación de la finura por medio del aparato de Blaine”.

Caracterización del dióxido de titanio

Al dióxido de titanio (TiO_2) se le realizó el ensayo ISO 13320-1 “Particle size analysis-laser diffraction methods” para conocer su distribución granulométrica y mediante el Método Holandés, también conocido como método del picnómetro, se estableció su peso específico.

Pruebas realizadas a las probetas

Elaboración de las probetas de estudio

Se construyen cuatro placas de concreto aligerado de medidas 25 x 40 x 2 cm, arrojando una superficie aproximada de 1000 cm^2 . Dichas medidas se escogen por la facilidad de comparación con otras medidas más comerciales y servirán de base para el revestimiento.

Una vez caracterizados los materiales y construidas las probetas, se usará la dosificación para enlucidos indicados por Pose y Castilla (1995), que establecen una combinación de arena, cemento y cal, en una relación 3:1:0,5. Para este experimento no se utiliza cal, se sustituye el aglomerante por dióxido de titanio en tres porcentajes distintos en relación a la suma de los otros componentes, como se refleja en el cuadro 1.

Construcción de Cámaras de experimentación

Se construyó una cámara de vidrio de 5mm de espesor que deja pasar alrededor de un 90% de la luz ultravioleta del sol y cuenta con 4 compartimientos con los volúmenes mostrados en el cuadro 2. Los mismos están completamente separados para asegurar que se puedan

Cuadro 1. Dosificaciones de los revestimientos descontaminantes

Descripción	Patrón	5%	7,5%	10%
Arena (g)	200,00	200,00	200,00	200,00
Cemento (g)	66,66	66,66	66,66	66,66
TiO_2 (g)	0,00	13,33	20,00	26,67
Agua (ml)	500,00	550,00	550,00	600,00

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2. Volúmenes de los compartimientos de la Cámara de experimentación

Sección	% de Concentración de TiO_2	Volumen (cm^3)	Volumen (m^3)
1	0	43484,19	0,04348
2	5	43723,55	0,04372
3	7,5	43300,95	0,04330
4	10	43266,23	0,04327

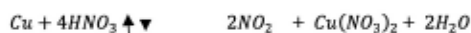
Fuente: Elaboración propia.

generar las concentraciones deseadas en cada una de ellas.

Cada cámara cuenta con una abertura de 5 mm de diámetro con un tapón hermético de sílicón transparente para poder extraer las muestras a ensayar mediante el uso de inyectoras.

Generación del contaminante

El contaminante ambiental escogido para este experimento fue de la familia de los óxidos de nitrógeno (NO_x), específicamente el dióxido de nitrógeno (NO_2), resultante de la combinación controlada de cobre metálico (Cu) y ácido nítrico concentrado (HNO_3), siguiendo la siguiente reacción:



Para alcanzar una concentración aproximada de 0,30 mg/L se usaron las cantidades mostradas en el cuadro 3. Esta concentración excede por mucho el máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud para concentraciones en ambientes que serán frecuentados por seres humanos de $40 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ de aire, pero se llevó a estos valores para garantizar una atmósfera realmente contaminada y por los niveles de detección de los equipos de medición.

Muestreo de los niveles de contaminación en las cámaras

El método seleccionado para extraer las muestras de las cámaras fue el pasivo (Ibarlu-

cía, 2016), que permite extraer las muestras con inyectoras. Se escoge este tipo de muestreo por no necesitar ningún sistema de bombeo ni energía eléctrica, ya que el aire puede ingresar al dispositivo de muestreo por difusión molecular y el periodo de muestreo puede ser corto (minutos u horas) como se necesita en este caso de estudio.

Análisis de las muestras

La medición y control de gases es un campo muy específico y difícil de controlar, uno de los más importantes. El método escogido, por espectrofotometría (Ibarlu-cía, 2016), mide la cantidad de energía radiante absorbida por las moléculas a longitudes de onda específicas. Cada compuesto tiene un patrón de absorción diferente que da origen a un espectro de identificación.

Se recurre al método colorimétrico que es altamente utilizado en el mundo de la química ya que aporta información cualitativa y cuantitativa sobre sustancias en disolución. Se envía un haz de luz paralelo monocromático a través de una muestra líquida que ha sido previamente tratada y se mide la intensidad del haz luminoso que emerge.

La cantidad de luz absorbida por la solución a una longitud de onda específica está relacionada con el paso óptico y con la concentración del absorbente.

El método colorimétrico para absorción de NO_2 escogido para esta investigación está re-

Cuadro 3. Dosificación para la generación de Dióxido de Nitrógeno

Generador	1	2	3	4
Concentración de TiO_2 (%)	0	5	7,5	10
Volumen (cm^3)	532,98	546,71	529,54	534,85
Cu (g)	0,1017	0,1007	0,1056	0,1032
HNO_3 (g)	0,6182	0,6339	0,6547	0,6122

Fuente: Elaboración propia.

gido por la Norma ISO 6768, 2005: *Ambient air. Determination of mass concentration of nitrogen dioxide. Modified Griess Saltzman method* (Modified Griess-Saltzman method).

Se preparan bajo este método las soluciones y cantidades necesarias para las todas las mediciones:

1. Se usa agua libre de nitritos.
2. Líquido absorbente: Se utilizan 15 g de trietanolamina (TEA) en 500 ml de agua destilada y se adicionan 3 ml de n-butanol, luego se diluye hasta 1000 ml con agua destilada. Se almacena en un recipiente oscuro.
3. Peróxido de hidrógeno: Se diluye 0,2 ml del H_2O_2 al 30% hasta 250 ml con agua destilada.
4. Solución de sulfanilamida: Se diluyen 10 g en 400ml de agua destilada, se adicionan 25 ml de ácido fosfórico concentrado hasta completar 500 ml.
5. N-(1-naftil)-etilendiamina: Se disuelve 0,1 g en 100 ml de agua destilada.
6. Patrón de Nitrito ($NaNO_2$): Se disuelve 0,135 g de nitrito de sodio en agua destilada y se completa hasta 1000 ml.

Se adicionan los reactivos en el orden mostrado en el cuadro 4, para la curva de calibración.

Medición de NO_2 en las cámaras de experimentación

Se colocaron las placas con las caras revestidas con el friso de TiO_2 en sentido Oeste, re-

plicando la orientación de una fachada de un edificio para tener la mayor cantidad de exposición a los rayos solares. Las placas se colocaron con una inclinación de 85 grados, casi vertical, para una mejor simulación de un friso típico.

La incidencia directa de los rayos solares en las placas o probetas fue continua a lo largo de los 7 días (168 horas) que duró el experimento. Para tal fin se escogió la azotea de la Universidad Nacional del Transporte, ubicada en la carretera Panamericana, kilómetro 8.

Se prepararon cuatro envases generadores de gas con similares concentraciones de NO_2 . Se tomaron las muestras por duplicado a las cero horas, para conocer la concentración inicial del gas, luego se colocaron y destaparon al mismo tiempo en cada compartimiento de la cámara y finalmente se colocó la tapa principal para sellar en su totalidad.

Posterior al montaje del experimento y asegurando que las cuatro probetas estuviesen en iguales condiciones climáticas, se tomaron las muestras de gases por duplicado en cada cámara a las 24, 72 y 168 horas.

Se extrajeron los gases con una jeringa de 3 ml, esperando dos minutos a que ocurriera la difusión molecular en las mismas como lo indica el método de Griess-Saltzman, y luego se inyecta a un envase sellado con una solución absorbente (disolución acuosa de trietanolamina).

Cuadro 4. Dosificación para la generación de Curva de Calibración para NO_2
Tiempo para desarrollar el color: 10 min. Longitud de onda: $\lambda = 542 \text{ nm}$

Soluciones	Cantidad	Unidad
Patrón de $NaNO_2$ (Nitrito de Sodio)	3	ml
Trietanolamina (Absorbente)	7	ml
H_2O_2 al 30% (Agua Oxigenada)	1	ml
Sulfanilamida	10	ml
1-Naftil-etilendiamina	1	ml

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se agregó a las muestras las mismas cantidades de reactivos que se señalan en el cuadro 4, pero sin la solución madre de nitrito de sodio (se sustituye por las muestras de NO_2 extraídas) y se midieron las concentraciones reales en el espectrofotómetro de igual manera que con las muestras de la curva patrón.

Medición cualitativa de Autolimpieza y de Nitratos

Para evaluar la efectividad de este aditivo en el revestimiento se diseñaron tres etapas del experimento, tanto para identificar la presencia de la descomposición de estos compuestos como la efectividad autolimpiante del TiO_2 .

Se realizan dos tandas de experimentación, las placas se exponen a los gases de combustión contaminantes expulsados de un automóvil que presentaba fallas mecánicas (hollín negro y aceite), y en la segunda se vuelve a ensuciar las superficies, pero esta vez con hollín (carbón triturado), esparciéndolos en estado seco y de forma manual con una malla y presionando los granos suavemente con un algodón para mayor adherencia.

Paralelamente al lavado realizado en la primera fase, fueron recolectadas las aguas por cada muestra, para hacer pruebas cualitativas de iones sulfatos y nitratos con la finalidad

principal de determinar la presencia de sulfatos y nitratos que evidencian los procesos de descontaminación y autolimpieza.

En primer lugar, se agregó cloruro de bario al agua recolectada de las tres placas, para verificar la presencia de sulfatos como lo explican Skoog et al. (1995) en sus experiencias. Se formó un precipitado blanco arrojando un resultado positivo.

Posteriormente se realizan las pruebas de detección de iones de nitratos, los cuales se identifican por la coloración rosa de la solución producto de la reacción química de los nitratos con la sulfanilamida.

Este ensayo es netamente cualitativo, no aporta datos numéricos, pero mediante patrones de color se puede reportar la presencia de nitratos en muestras de agua para uso agrícola, prueba totalmente válida según Cabrera et al. (2003) para utilizarlo en este experimento.

Los reactivos químicos utilizados fueron:

Sulfanilamida: 3 gotas.

Ácido Nítrico: 2 gotas.

Etilendiamina: 2 gotas.

La teoría de este patrón indica que se parte de un color rosa intenso, pasando a tonalidades de amarillo y luego ausencia de color, como se muestra el gráfico 1.

Gráfico 1. Patrón colorimétrico para medición de Nitratos en agua.



Fuente: Elaboración propia.

Resultados y discusión

Evaluación de los materiales

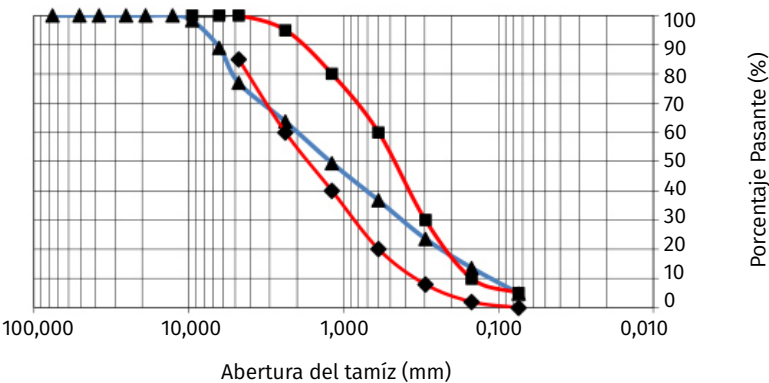
Al evaluar la arena se obtuvo un porcentaje de ultra finos de 4,90% con una distribución de partículas comprendida dentro de los límites normativos (gráfico 2) y con valores de pesos específicos similares a los normativos 2,62 g/cm³ junto con 9,91% de absorción, apreciando que cumple con las limitantes normativas.

Los análisis del Cemento Portland arrojaron como resultado de su caracterización una densidad de 2,99 g/cm³ y una superficie específica de 299,09 m²/kg, ambos valores entran dentro de los patrones normativos para este tipo de cemento.

Los resultados indicados en el cuadro 5, arrojan que la densidad promedio del dióxido de titanio es de 3,88 g/cm³, indicando que se encuentra en fase anatasa ya que sus valores característicos oscilan entre 3,8 y 3,9 g/cm³.

Al aplicar el ensayo de difracción láser se obtiene que el tamaño de partícula promedio es de

Gráfico 2. Granulometría de la arena



Fuente: Elaboración propia.

5,481 μm, arrojando que se está en el orden de micro partículas como se aprecia en el gráfico 3.

Muestreo y análisis de las probetas

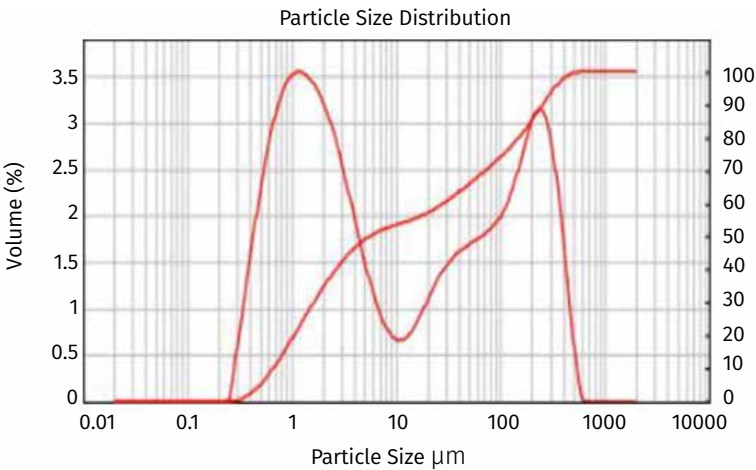
Una vez preparadas las muestras se llevaron al espectrofotómetro, midiendo la absorción de radiación electromagnética de las moléculas del compuesto un máximo de longitud de onda de 542 nm, valor asociado al NO₂.

Cuadro 5. Densidad de dióxido de titanio y valores característicos

Muestra	Masa (g)	Volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	8,17	2,079	3,93
2	8,39	2,191	3,83
3	7,12	2,011	3,54
4	7,05	1,080	3,39
Desviación	0,0684	Densidad Promedio (g/cm ³)	3,88

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 3. Distribución granulométrica del Dióxido de Titanio. 2017



Fuente: Elaboración propia.

Se obtienen así los datos presentados en el cuadro 6, en los cuales se hacen correcciones por la pureza de la Solución Madre del nitrito de sodio la cual está al 99% de pureza, para generar la Curva de Calibración mostrada en el gráfico 4.

El ajuste de los datos de la gráfica genera la ecuación:

$$y = 0,0821x - 0,0097$$

Una vez obtenida la curva de calibración con su respectiva ecuación, se lleva a cabo el montaje experimental. Se presentan las mediciones

en el cuadro 7, de manera resumida, mostrando los niveles de degradación del NO_2 a las 0, 24, 72 y 168 horas.

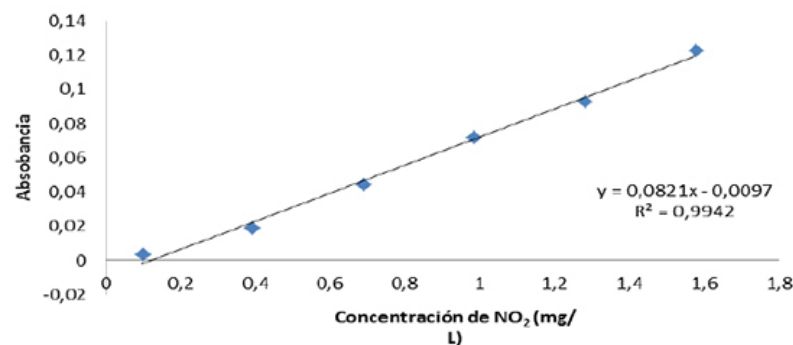
Al analizar los resultados obtenidos nos encontramos con un error de alrededor de 18% en la probeta patrón, error que se replica en las otras tres probetas, y se produce de manera aleatoria dado que el montaje y las mediciones no se hacen de manera automatizada sino de manera manual. A esto se le suman imprecisiones de pesaje, por apreciación de los instrumentos de medida y otros factores de tipo co-

Cuadro 6. Datos para la generación de la Curva de Calibración para NO_2

Punto	C (mg/L)	Corregida (mg/L)	Vc (ml)	Absorción
P1	0,10	0,0976	0,33	0,003
P2	0,40	0,03934	1,33	0,019
P3	0,70	0,6892	2,33	0,044
P4	1,00	0,9850	3,33	0,072
P5	1,30	1,2808	4,33	0,093
P6	1,60	1,5766	5,33	0,123

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 4. Curva de Calibración para NO_2



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 7. Concentraciones reales de NO_2

Tiempo (h)	C (prom) (mg/L) 0%	ΔC 0%	C (prom) (mg/L) 5%	ΔC 5%	C (prom) (mg/L) 7,5%	ΔC 7,5%	C (prom) (mg/L) 10%	ΔC 10%
0	0,2851	0,00	0,2719	0,00	0,2808	0,00	0,3403	0,00
24	0,2339	17,99	0,1486	45,34	0,1730	38,40	0,1486	56,33
72	0,2156	24,39	0,0000	100,00	0,0000	100,00	0,1486	56,33
168	0,2217	22,26	0,0000	100,00	0,0000	100,00	0,1486	56,33

Fuente: Elaboración propia (2019).

mún que incrementan la incertidumbre acerca del resultado de las mediciones.

La probeta patrón de concentración 0% de TiO_2 , arroja un porcentaje de descontaminación que ronda el 18% a las 24 horas. Luego se mantiene constante indicando que no hay descontaminación (ver gráfico 5).

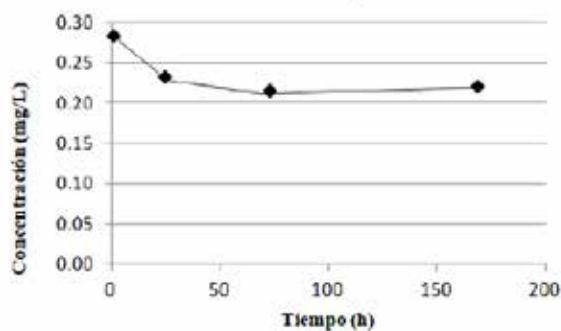
La segunda probeta, con 5% de adición de TiO_2 , a las 24 horas presenta un porcentaje de descontaminación de alrededor de 45%, y a las 72 horas una descontaminación del 100 % al llegar a una concentración cercana a cero (por debajo de los límites de detección del equipo), como se puede observar en el gráfico 6.

La tercera probeta con 7,5% de adición de TiO_2 , a las 24 horas presenta un porcentaje de descontaminación de 38% aproximadamente, y a las 72 horas una descontaminación de 100% ver el gráfico 7.

La cuarta probeta con un 10% de adición de TiO_2 , a las 24 horas reflejó 56% de descontaminación, pero se mantuvo de manera constante en ese valor a las 72 y 168 horas. No llegó al 100% de descontaminación (ver el gráfico 8).

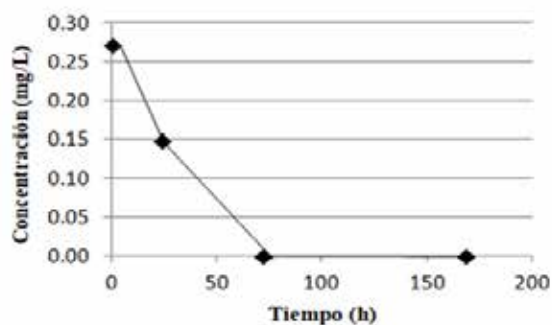
Se observa que aunque la probeta con mayor concentración de TiO_2 descontamina de manera más rápida en las primeras horas del experimento, se mantiene constante en el mismo valor de concentración hasta las 168h. Se infiere que esto es debido a la aglomeración de las partículas del TiO_2 lo que detiene el proceso de desorción de las moléculas de NO_2 por la

Gráfico 5. Medición de NO_2 al 0% de Adición de TiO_2



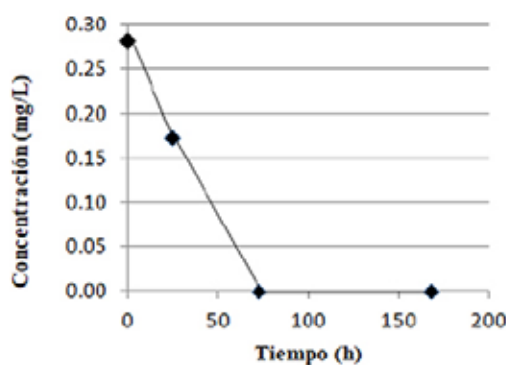
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Medición de NO_2 al 5% de Adición de TiO_2



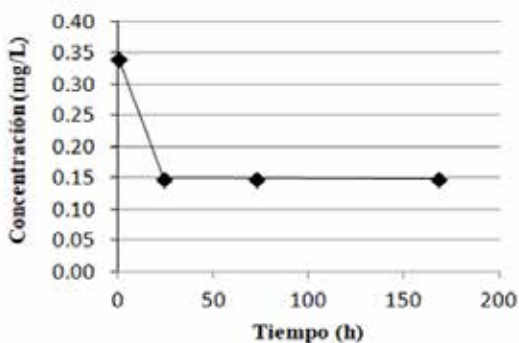
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Medición de NO_2 al 7,5 de Adición de TiO_2



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 8. Medición de NO_2 al 10% de Adición de TiO_2



Fuente: Elaboración propia.

disminución del área superficial específica. La probeta de 5% de adición de TiO_2 , presenta un porcentaje de descontaminación considerable a las 24 horas, incluso mayor que la de 7,5% de adición. A las 72 horas ya descompone en su totalidad al NO_2 .

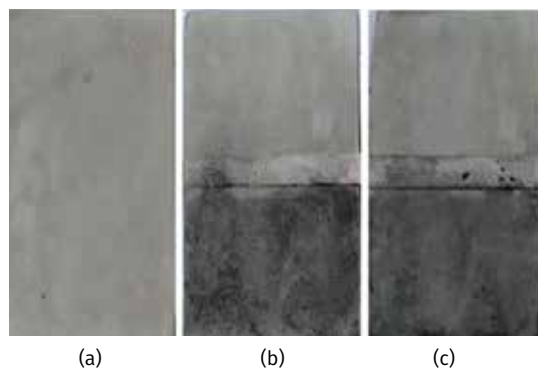
Corroboración del efecto autolimpiante

Para la corroboración de autolimpieza se elimina la probeta con 10% de adición de TiO_2 correspondiente al 10% de adición de TiO_2 , por los resultados obtenidos en los experimentos de descontaminación y por el costo de los reactivos químicos para realizar las pruebas posteriores.

Se rocían las placas previamente contaminadas con agua destilada completamente libre de nitritos y nitratos, se utiliza un frasco lavador para simular una lluvia de suave intensidad y poder recolectar el agua para pruebas posteriores. Los resultados cualitativos obtenidos en ambas etapas fueron muy similares:

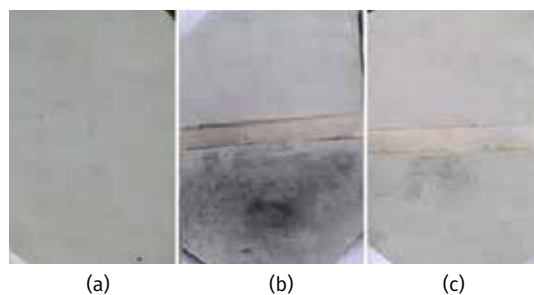
- La placa P0: Mantuvo en casi un 100% su nivel de suciedad. No hubo casi arrastre de partículas ni mejoría en su apariencia (ver gráfico 9).
- La placa P1: Presentó un arrastre aproximado de un 90%, arrastrando el material particulado en su totalidad, ante un rocío leve (ver gráfico 10).
- La placa P2: El material particulado y materia grasa se elimina en un porcentaje mayor al 95%, recuperando casi en su totalidad su apariencia original corroborando la capacidad hidrofílica foto inducida de la que hablara Cárdenas (2012), en su investigación (ver gráfico 11).

Gráfico 9. Proceso de contaminación y lavado de la muestra P0 = 0% de adición de TiO_2



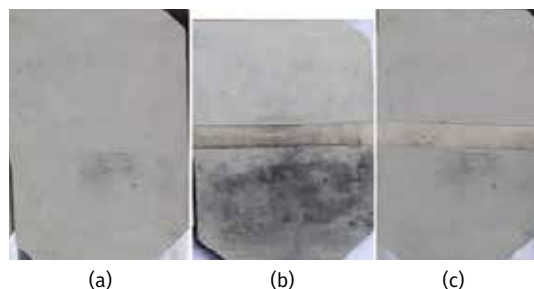
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10. Proceso de contaminación y lavado de la muestra P1 = 5% de adición de TiO_2



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11. Proceso de contaminación y lavado de la muestra P2 = 7,5% de adición de TiO_2



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Luego de hacer el trabajo experimental se corroboró que la utilización de TiO_2 en fase anatasa es factible para usarse como adición a la mezcla de revestimientos comunes de exteriores de edificaciones para reducir eficientemente concentraciones de NO_2 .

El montaje experimental arroja un error inicial de medición de concentración que ronda un 18%, el cual podría ser reducido con un montaje automatizado con controles más costosos y rigurosos por tratarse de una medición de gases.

El porcentaje más efectivo, desde el punto de vista técnico y económico dentro de las opciones planteadas, es el de 5%. Desde el punto de vista técnico se pudo apreciar que, aunque es más lento en su acción descontaminante en las primeras 24 horas con respecto a las adiciones de 7,5% y 10%, a las 72 horas ya había descompuesto totalmente el NO_2 que se generó en la cámara de experimentación. Si tomamos en

cuenta la economía, la opción de 5% es la que requiere menos TiO_2 . Por lo que, en conjunto, resulta la mejor opción dentro de los parámetros considerados para este experimento.

La concentración en adición de TiO_2 menos efectiva fue la de 10%, ya que aunque a las 24 horas arrojó el mejor resultado en cuanto a porcentaje de descontaminación, a partir de ahí se quedó detenida la reacción. Esto se debe a que, en medianas y grandes concentraciones

del químico, los granos tienden a agruparse y se reduce su capacidad de absorción y desorción.

El dióxido de titanio aportó una cualidad hidrofílica al material, por lo que el material particulado proveniente de la contaminación vehicular y ambiental, que se adhiere a las superficies, es fácilmente arrastrado por una llovizna leve, lo que hace que el revestimiento sea autolimpiante y no requiera de mantenimiento periódico.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, A (2013). Evaluación técnico ambiental del Dióxido de Titanio (TiO_2) en los morteros de cemento chileno (Tesis de Maestría). Universidad del Bio. Concepción.
- ASTM D-1607. Standar test method for nitrogen dioxide content of the atmosphere Griess-Saltzman reaction: <https://store.astm.org/d1607-91r18e01.html>
- Blöß, S.P. (2008). El Dióxido de Titanio disminuye la contaminación del aire. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/25998-El-dioxido-de-titanio-disminuye-la-contaminacion-del-aire.html>. Kronos International, Inc., 14/11/2008.
- Cabrera, E.; Hernández, G.; Ruiz, H. y Cañizares, M. (2003). "Determinación de Nitritos y Nitratos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar", *Revista de la Sociedad Química de México*, nº 1: pp. 88-92.
- COVENIN 255-1998. Agregados. Composición granulométrica.
- COVENIN 258-1998 Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción.
- COVENIN 487-1993. Determinación de la finura por medio del aparato de Blaine.
- COVENIN 492:1994 Cemento Portland. Determinación de la Densidad Real.
- COVENIN 494-1994. Determinación de consistencia normal
- De la Hoz, M. (2009). Desinfección de aguas de uso agrícola, mediante la utilización de un fotocatalizador inmovilizado en mortero de cemento y activado por la luz solar (Tesis de Doctorado). Universidad de Concepción. Chile.
- Fujishima, A. y Honda, K. (1972). "Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode". *Nature*, nº 38: pp. 37-38. <https://doi.org/10.1038/238037a0>
- Ibarlucia, D. (2016). Determinación de NO_2 (Dióxido de Nitrógeno) atmosférico en la ciudad de Tandil mediante muestreadores pasivos y una técnica espectrofotométrica (Trabajo final). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- ISO 13320-1 *Particle size analysis-laser diffraction methods*.
- ISO 6768, 2005. *Ambient air. Determination of mass concentration of nitrogen dioxide. Modified Griess-Saltzman method*.
- OMS-Organización Mundial de la salud. *Calidad de aire ambiente (exterior) y salud*, 2017. Recuperado el 27 de enero de 2017: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/>.
- Porrero, J.; Ramos, C.; Grases, J.; Velazco, G. (2004). *Manual del concreto estructural*. Caracas. SIDETUR.
- Pose, M. y Castilla, E. (1995). "Evaluación de comportamiento de muros de mampostería estructural de bloques de concreto ante carga horizontal", *Boletín Técnico IMME*, Volumen 33, Número 1, marzo 1995. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales IMME, Universidad Central de Venezuela-UCV, pp. 17-22.
- Skoog, D.; West, D.; Holler, J. y Crouch, S. (1995). *Química Analítica*. 6ta Edición, Editorial McGraw-Hill: México: 227-234.
- Vallés, Hernán, (2015). Dióxido de titanio: el mineral que acaba con la contaminación. Recuperado el 23 de Julio de 2019, de <https://blogthinkbig.com/dioxido-de-titanio-el-mineral-que-acaba-con-la-contaminacion>.

El concreto no desaparece, evoluciona *Concrete doesn't disappear, it evolves*

Dr. Ing. Idalberto Águila A.

<https://orcid.org/0000-0002-6621-9852>

Correo-e: idalbertoaguila@gmail.com

Recibido: 13-06-2024 | Aceptado: 31-10-2024

Resumen

El propósito de este artículo es ofrecer una visión de la actualidad y perspectivas de utilización del concreto en la construcción. Esto a raíz de las dudas generadas, en parte de la comunidad científica, sobre la conveniencia de su utilización a futuro, cuyo origen está en el impacto ambiental que provoca su producción y uso. Con ese objetivo se parte de un análisis de algunas de las principales manifestaciones de este impacto y, como respuesta, se presentan algunos resultados de investigaciones recientes desarrolladas en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, cuyo fin es mejorar el carácter ecológico del concreto, combinados con una recopilación de las tendencias internacionales de investigación en el tema. Si bien queda evidenciado que las tecnologías tradicionales de producción de concreto generan un impacto en el ambiente, los avances tecnológicos mostrados demuestran que se puede transformar el concreto, no solo disminuyendo su impacto ambiental, sino ocasionalmente incidiendo positivamente en el medio ambiente.

Descriptores

Impacto ambiental; concreto; nuevas tecnologías y materiales aplicados al concreto.

Abstract

The purpose of this article is to offer a vision of the current situation and perspectives of the use of concrete in construction. This is due to the doubts generated, in part of the scientific community, about the convenience of its use in the future, whose origin is in the environmental impact caused by its production and use. The starting point is an analysis of some of the main manifestations of this impact. Results of recent research developed at the Institute for Experimental Development of Construction are presented, whose purpose is to improve the ecological character of concrete, combined with a compilation of international research trends on the subject. Although it is evident that traditional concrete production technologies generate an impact on the environment, the technological advances shown demonstrate that concrete can be transformed, not only reducing its environmental impact, but occasionally having a positive impact on the environment.

Descriptors

Environmental impact; concrete; new technologies and materials applied to concrete.

La actividad de la construcción involucra el uso de una gran cantidad de materiales pero el empleo indiscriminado de materiales para la construcción de edificaciones y otras obras de infraestructura pone en riesgo, no solo la capacidad del planeta para proveer los recursos naturales necesarios, sino también las posibilidades de la industria de materiales de construcción para satisfacer la demanda de estos.

El concreto es el material que más se utiliza en la mayoría de las edificaciones. Esto gracias a sus excelentes cualidades para dar respuesta a las necesidades de las obras y a la facilidad relativa con que se elabora, lo cual lo provee de gran aceptación cultural. Sin embargo, en las últimas décadas ha comenzado a cuestionarse su utilización de forma masiva, debido al impacto ambiental que provocan tanto su elaboración como su uso. Esta situación es motivo de preocupación para muchos investigadores a nivel internacional y objeto de numerosos estudios como los que se han emprendido en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

La actual demanda de edificaciones hace que no se pueda prescindir del uso de este material. El reto está en encontrar fórmulas que permitan continuar utilizándolo, pero tratando de darle un uso más racional para disminuir sus costos y las afectaciones al ambiente. Se trata de hacer que el concreto evolucione y se transforme en un material más sostenible y económico, acorde a las necesidades actuales y futuras. El grupo de Concreto del IDEC se ha dedicado en los últimos años a ofrecer soluciones a algunos de los problemas económicos y ecológicos que presenta este material. Numerosas investigaciones a nivel mundial se adelantan con esos fines y ya se muestran logros de gran trascendencia.

Impacto ambiental de la producción y uso del concreto

El cemento es el constituyente principal del concreto, pero desde el punto de vista ambien-

tal es el que mayor impacto genera. Los efectos más notables se concentran en el consumo de materias primas naturales, el consumo energético y las emisiones. La producción mundial de cemento en el año 2013, según IndexMundi (2015), superó los 4.070 millones de toneladas. Si partimos de que para producir una tonelada de cemento se consumen aproximadamente 1,6 toneladas de materias primas naturales, esto indica que anualmente se deben extraer de la naturaleza más de 6.512 millones de toneladas de caliza y arcilla.

Según Cachán (2001), en la obtención del clinker se requiere quemar en el horno una cantidad de combustible capaz de generar una energía de 3.200 a 5.500 MJ/ton de clinker, esto es entre 80 y 110 kg de combustible (Domoterra, 2013). Esto representa un consumo anual de entre 325,6 millones y 447,7 millones de ton. de combustible a nivel mundial. Durante el proceso de molienda se consume una energía eléctrica de 90 a 130 kwh/ton de cemento (Cachán, 2001), lo cual representa un consumo mundial de entre 366.300 millones y 529.100 millones de kwh al año.

Las principales emisiones se producen durante el proceso de calcinación de las materias primas para la obtención del clinker. Los volúmenes aproximados en que se emiten, según Ministerio de Medio Ambiente (2004) son: Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y otros compuestos nitrógenados, entre 0,4 y 6 kg. por ton. de clinker; Dióxido de Azufre (SO_2) y otros compuestos sulfurosos, entre 0,02 y 7 kg. por ton. de clinker; Dióxido de Carbono (CO_2), entre 800 y 1040 kg. por ton. de clinker. Según Domoterra (2013) se estima que el 5 % de las emisiones mundiales de CO_2 se debe a la producción de cemento; Partículas, los hornos europeos emiten entre 5 y 200 mg. de polvo/ m^3 de aire (Domoterra, 2013).

Según cálculos estimados los 4.070 millones de ton. de cemento servirían para producir unos 11.629 millones de m^3 de concreto que equivalen a 27.909 millones ton. Se requerirían para esto unas 24.178 millones de ton. de agregados. Otros impactos importantes que provoca la

producción de agregados están asociados a la extracción en canteras, la trituración en planta y el transporte. En estos procesos se genera un importante consumo energético, abundantes emisiones de partículas e hidrocarburos volátiles, así como desaparición de la capa vegetal.

Se puede estimar que para producir esos 11.629 millones de m³ de concreto se requieren unos 2.326 millones de m³ de agua de constitución. A estos hay que añadir que para el curado se consumen entre 15 y 50 litros de agua por m² de superficie de concreto. Igualmente gran cantidad de agua se consume para la limpieza de las herramientas. Una cifra que se puede manejar es que para la limpieza de un camión trompo se requieren alrededor de 2,25 m³ de agua por camión por día.

En busca de un concreto más ecológico

En la actualidad, la mayor parte de los productores de cemento realizan esfuerzos por disminuir el impacto sobre el medio ambiente (Portland Cement Association, 2005). De ahí se han originado algunas buenas prácticas de la industria del cemento, entre las que se pueden destacar:

- *Sustitución de materias primas por residuos de otras producciones:* Las materias primas fundamentales que se utilizan para la producción de cemento son Caliza y Arcilla, además de pequeñas cantidades de Yeso. Algunos productores han estado sustituyendo parcialmente estas materias primas por algunos subproductos o desechos de otras industrias. Entre los más usados están: Cenizas volantes obtenidas en las centrales térmicas, Escorias de alto horno provenientes de la industria siderúrgica, Microsílice generada en la producción de metal silicio, Lodos de papeleras, Cenizas de pirita y Fosfoyesos provenientes de la desulfuración de gases o la producción de ácido fosfórico (Ministerio de Medio Ambiente, 2004). De una u otra forma, estos

materiales suelen verterse al medio ambiente depositándolos en el suelo de las cercanías a su producción o expulsándolos hacia la atmósfera.

- *Sustitución de combustible por residuos de otras producciones:* Para reducir el alto consumo de combustibles fósiles durante el proceso de clinkerización se utilizan variados materiales, mayormente residuos, con mayor o menor efectividad y aceptación. Algunos ejemplos son: Combustibles líquidos (aceites, disolventes, pinturas), Neumáticos usados, Residuos de papel, Residuos de plástico, Residuos de madera, Harinas o grasas animales, Biomasa, Lodos industriales y de depuración de aguas residuales (Ministerio de Medio Ambiente, 2004). En la utilización de estos combustibles debe cuidarse la posible presencia de sustancias indeseables que podrían afectar el proceso de fabricación o generar emisiones contaminantes.
- *Control de emisiones de partículas:* El polvo emitido durante la molienda y la combustión es dañino para la salud. La presencia de sílice libre puede causar silicosis en los trabajadores. Capturar este polvo no solo evita la contaminación sino que puede reutilizarse devolviéndolo al proceso con el consiguiente ahorro de materias primas naturales. Se distinguen dos tipos: Filtros de acción mecánica como los Ciclones, Filtros de manga, etc. y Precipitadores electrostáticos.
- *Otras alternativas en desarrollo:* Mejorar la eficiencia energética de los molinos y ventiladores: Se estima que por esta vía se pueda reducir el consumo energético en un 5 % para 2030 y entre un 10 y un 15 % para 2050 (Ministerio de Medio Ambiente, 2004).
- *Captura y almacenamiento de CO₂:* Se trata de separar el CO₂ de otros gases emitidos, transportarlo a un lugar de almacenamiento y aislarlo a largo plazo de la atmósfera.

Aportes del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC)

Mortero reforzado con mallas de plástico

En el IDEC, luego de varias experiencias utilizando Mortero Armado (Ferrocemento) en la elaboración de componentes constructivos, se propuso la elaboración de paneles de pared donde se sustituyeron las mallas de acero, características del ferrocemento, por mallas de plástico (imagen 1). Las mallas de plástico permiten no consumir acero que es un material más costoso y con un impacto ambiental apreciable durante su elaboración, además de que es susceptible de corroerse afectando la durabilidad de las edificaciones (Mejías, 2010).

Concreto reforzado con fibras vegetales

Otra vía para ahorrar acero de refuerzo es la utilización de fibras vegetales como sustituto. Estas fibras le aportan la ductilidad necesaria de los componentes de concreto, la cual no la tendrían si se utilizara concreto simple. La imagen 2 muestra el ensayo de resistencia a la flexión de un panel elaborado con refuerzo de fibras de sisal (Centeno, 2010).

Las curvas de carga versus deflexión del ensayo muestran el fallo dúctil de las muestras reforzadas con fibras frente al fallo frágil o brusco de las muestras de concreto simple (imagen 3).

Imagen 1. Panel de mortero armado con mallas de plástico



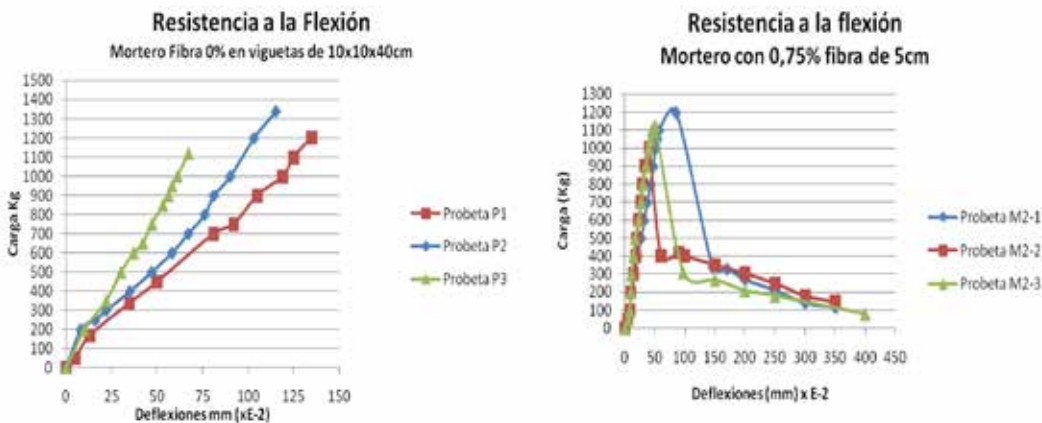
Fuente: Mejías, 2010.

Imagen 2. Ensayo a flexión de panel reforzado con fibras vegetales



Fuente: Centeno, 2010.

Imagen 3: Curvas de carga versus deflexión



Fuente: Centeno, 2010

Concreto aligerado

El concreto aligerado con burbujas de aire introducidas en la mezcla de concreto a partir de aditivos químicos, se emplea desde mediados del siglo XX. En el IDEC se ha desarrollado una tecnología para producir paneles de cerramiento con concreto aligerado (imagen 4), logrando por esta vía reducir el peso de las paredes con la consiguiente reducción de las secciones de los elementos estructurales (Acevedo, 2010).

Imagen 4. Paneles de concreto aligerado



Fuente: Acevedo, 2010.

Agregados de residuos pétreos provenientes de demolición

El concreto no es un material que brinde muchas facilidades para el reciclaje. Una manera muy estudiada es la utilización de residuos de demolición como agregados para producir concreto nuevo. En la experiencia del IDEC se sometieron a procesos de trituración restos de concreto recuperados de un vertedero informal ubicado en la carretera Guanta-Cumaná (imagen 5).

Tanto desde el punto de vista físico como químico, los agregados obtenidos (imagen 6) poseen potencialidades para su utilización, dentro de ciertos límites, como sustitutos parciales o totales de agregados naturales (Báez, 2016). Sin embargo, se requiere continuar la investigación para establecer con claridad sus condiciones de uso.

Cementos puzolánicos a partir de residuos agrícolas

Las adiciones puzolánicas constituyen un recurso muy valioso para disminuir el consumo de cemento dentro de las mezclas de concreto. El cemento puede ser sustituido parcialmente por materiales puzolánicos, los cuales –entre otras fuentes– pueden ser desechos de diferentes procesos industriales y agrícolas. En el IDEC han sido evaluados varios residuos agrícolas con este fin, lográndose excelentes resultados con la ceniza de cascarilla de arroz (imagen 7) y descubriendo la hoja de maíz como posible fuente de material puzolánico (Águila, 2012).

Imagen 5. Vertedero informal de residuos de demolición



Fuente: Báez, 2016.

Imagen 6. Agregados triturados



Fuente: Báez, 2016.

Concreto de alta resistencia

La combinación de aditivos superplastificantes combinados con adiciones puzolánicas ha provocando un cambio radical en la tecnología del concreto. A nivel de laboratorio en el IDEC, incorporando a la mezcla policarboxilato (superplastificante) y microsilice (puzolana), se han logrado, en probetas cúbicas de mortero, valores de resistencia a compresión muy cercanos a 800 Kgf/cm² (Mejías y Águila, 2018). Con estos valores de resistencia se pueden diseñar elementos estructurales con secciones racionalizadas con el consiguiente ahorro de materiales y la disminución del peso de la estructura.

Concreto descontaminante y autolimpiante

Las innovaciones en la tecnología del concreto han permitido asignarle funciones alejadas de su naturaleza. Es el caso donde la incorporación de Dióxido de Titanio (TiO₂) a la mezcla le aporta propiedades descontaminantes y autolimpiantes.

En una investigación realizada desde el IDEC se experimentó con placas de concreto, frisadas por una de sus caras con morteros contentivos de Dióxido de Titanio, las cuales se colocaron en cámaras herméticas llenas de aire contaminado con alto contenido de Dióxido de Nitrógeno (NO₂) (imagen 8). Luego de tres días de asoleamiento había desaparecido todo el

Dióxido de Nitrógeno, a diferencia de una cámara patrón contentiva de una placa igualmente frisada, pero sin Dióxido de Titanio, en la cual se mantuvo casi intacto el Dióxido de Nitrógeno (Goncalves, 2020).

Avances en la tecnología del concreto

Motivado por la búsqueda de un material más ecológico, cuyo empleo no solo impacte menos al medio ambiente sino que contribuya de manera positiva en su protección, existe una fuerte tendencia internacional hacia el desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a la elaboración y uso del concreto. Como consecuencia, el concreto hoy día ha evolucionado profundamente, experimentando cambios trascendentales en sus propiedades y comportamiento. A continuación se recoge una síntesis de algunos de los adelantos más importantes que se han logrado o están en desarrollo a nivel internacional.

Aditivos superplastificantes más adiciones puzolánicas

Los aditivos plastificantes tienen más de un siglo de existencia, pero fue a mediados del siglo XX cuando se comenzaron a utilizar de forma masiva en la elaboración de concreto para la construcción. A partir de entonces comen-

Imagen 7. Ceniza de cascarilla de arroz



Fuente: Águila, 2012.

Imagen 8. Experimento de descontaminación del aire



Fuente: Goncalves, 2020.

zaron a desarrollarse nuevas variantes que mejoraron gradualmente su efectividad hasta lograr generaciones de plastificantes de muy alto rango a los que se les llamó superplastificantes. A día de hoy se sigue mejorando el desempeño de estos aditivos con lo cual se ha podido reducir drásticamente la cantidad de agua necesaria para el amasado del concreto. Con la reducción de la relación agua/cemento (a/c) se ha podido incrementar considerablemente la resistencia a compresión del concreto y con esto se ha ido extendiendo su uso a aplicaciones mucho más exigentes desde el punto de vista estructural.

Por otro lado han aparecido algunos desechos de otras producciones que poseen propiedades puzolánicas, como la Microsílice. La incorporación combinada de aditivos superplastificantes y adiciones puzolánicas ha provocado mejoras notables en algunas de las principales propiedades del concreto. El resultado es que en la actualidad se han desarrollado nuevas variantes de concreto, entre las que destacan: concreto de alta resistencia, concreto de alto desempeño y concreto autocompactante.

Concreto de alta resistencia

En concretos ordinarios la relación a/c suele rondar el valor de 0,50 y a veces es mucho mayor. Rara vez se utilizan relaciones a/c inferiores a 0,40. En estas condiciones, utilizando Cemento Portland Ordinario, resulta difícil lograr valores de Resistencia a Compresión superiores a 450 kgf/cm².

La utilización de aditivos superplastificantes ha permitido reducir la relación agua/cemento a valores inferiores a 0,30. Utilizando una combinación de adiciones puzolánicas con aditivos superplastificantes en obra se han logrado concretos con resistencias a compresión cercanas a 1000 kgf/cm². A nivel de laboratorio los avances son mucho mayores.

Las Torres Petronas en Kuala Lumpur (Malasia), culminadas en 1998 con una altura de 452 m, fueron los primeros edificios más altos del

mundo hechos con estructura de concreto. El Burj (torre) Khalifa en Dubai, es actualmente el edificio más alto del mundo con una altura de 828 m y sus columnas son de concreto con resistencia a compresión de 970 kgf/cm² (Aldred, 2012).

Lograr concretos mucho más resistentes permite trabajar con secciones transversales de concreto más racionalizadas con el consiguiente ahorro de materiales y de todos los recursos asociados a estos, así como la disminución de las formas de contaminación ya mencionadas.

Concreto de alto desempeño

El Concreto de Alto Desempeño es un término que se utiliza mucho en la actualidad entre los investigadores del concreto. Se trata de concretos donde se combinan: muy buena trabajabilidad, alta resistencia y gran durabilidad. Comportamiento superior al concreto tradicional en otras propiedades también suele considerarse alto desempeño.

Como se mencionó anteriormente, la combinación de superplastificantes y puzolanas mejora considerablemente la resistencia mecánica. El superplastificante tiene un efecto muy positivo en la trabajabilidad y en la reducción de agua. Las puzolanas permiten reducir la cantidad de cemento, lo cual contribuye a disminuir la retracción y el calor de hidratación del concreto y con esto su impermeabilidad y como consecuencia su durabilidad.

El Puente Confederación en Canadá tiene una longitud de 12,9 km y fue construido en 1997, en un ambiente marino agresivo, con fuertes heladas. Se utilizó concreto de alto desempeño que combinó resistencia a compresión de 830 kgf/cm² con asentamiento de 20 cm. Aquí, el criterio de alto desempeño incluyó además, la resistencia a las heladas, por lo cual se agregó aire dentro de la masa de concreto. La dosificación utilizada por m³ incluyó 450 kg de cemento más microsílice, 153 l de agua, 3 l de superplastificante y 160 ml de agente inclusor de aire (Metha, 2000).

Concreto autocompactante

Los aditivos superplastificantes permiten producir mezclas de concreto muy fluidas sin que se produzcan segregaciones. Esto posibilita utilizarlo en casos donde la compactación es complicada. Este es el caso de los inmensos bloques de anclaje del puente Akashi Kaikyo en Japón, construido en 1998, donde en cada uno se vertieron 290.000 m³ de concreto con un aditivo superplastificante y además 150 kg/m³ de polvo de roca caliza (Metha, 2000).

Nanotecnología en el concreto

Como en muchas áreas de la ciencia y la tecnología, en el área de la construcción y en particular en la tecnología del concreto se están desarrollando nuevas y promisorias aplicaciones de la nanotecnología.

En este trabajo se muestran tres avances tecnológicos basados en la aplicación de la nanotecnología en la producción de concreto, a partir de la incorporación de partículas extrafinas en la mezcla en estado fresco.

Adiciones minerales activas extrafinas

La microsilíce es la adición puzolánica más efectiva de todas las investigadas hasta el momento. Esto se debe principalmente a que está formada por sílice amorfa con más de un 90% de pureza y además a la enorme finura que se puede lograr en su proceso de obtención. Sin embargo, mediante procesos nanotecnológicos, esa finura puede incrementarse mucho más, hasta tamaños de granos de unas decenas de nanómetros, transformándose en Nanosílice.

Utilizando Nanosílice se han logrado mejoras notables en el concreto como, por ejemplo:

- Concreto con altas resistencias iniciales y finales. Se han logrado resistencias de 75 MPa a 1 día, 90 MPa a 28 días y 120 MPa a 120 días.
- Concreto con alta trabajabilidad. Admite relaciones agua/cemento de 0,20 sin necesidad de superplastificantes.
- Alta impermeabilidad.

- Menor costo por obra comparado con la suma de microsilíce y superplastificante. Con 9 kg de nanosílice se sustituyen 70 kg de microsilíce más superplastificante.

Nanotubos de carbono

Los “nanotubos de carbono” son el material más fuerte conocido por el hombre. Se consideran 100 veces más fuertes y resistentes que el acero, y su peso es 1/6 del peso de éste. Actualmente, la mayoría de los estudios de nanotecnología se enfocan en estos nanotubos (Duchitanga, 2012).

El efecto físico del reforzamiento del concreto con nanotubos de carbono consiste en impedir la propagación de las grietas propias del proceso de elaboración. La adición de nanotubos mejora la calidad de las nanoestructuras de la pasta de cemento en las zonas de transición entre la pasta de cemento y los agregados, así como en el resto de la pasta de cemento. Con esto se aumenta la resistencia a tracción y se reduce la fisuración. Según Ladeira y otros (2016), al añadir al cemento un 0,3% de nanotubos de carbono se incrementa la resistencia a compresión del concreto en 7,3%, en tanto que para un 0,2% de adición de nanotubos de carbono la resistencia a tracción se eleva en 39,1%.

Nano partículas funcionales

Actualmente se encuentran en desarrollo una variedad de partículas nanoestructuradas que añadidas a la mezcla de concreto le aportan propiedades que lo convierten en un material mucho más útil y atractivo.

a) Dióxido de Titanio.

El Dióxido de Titanio (TiO₂) es una sustancia química muy blanca que actúa como fotocatalizador de las reacciones de oxidación y reducción de las sustancias contaminantes del aire. La fotocatalisis descompone más rápidamente los agentes contaminantes transformándolos en sustancias mucho menos agresivas. Acelera unos procesos de oxidación que en la naturaleza tendrían lugar de una forma muy lenta. Así

los Óxidos de Nitrógeno (NO_x) se transforman en Nitratos (NO_3), los Óxidos de Azufre (SO_x) en Sulfatos (SO_4) y los Contaminantes Orgánicos Volátiles (COV), como las fases aromáticas de los hidrocarburos, en Carbonatos (CO_3). Los iones NO_3 , SO_4 y CO_3 , así como las sales de Nitrato de Calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), Carbonato de Calcio (CaCO_3) y Sulfato de Calcio (CaSO_4) que se pueden formar a partir de ellos, son fácilmente arrastrados por el agua de lluvia hacia el suelo.

Se han desarrollado aplicaciones de este material para edificaciones y pavimentos en varios países, siendo pionera en esto la empresa italiana Italcementi. Algunas investigaciones han tratado de cuantificar el efecto en la contaminación de la utilización del material. Por ejemplo, “en una ciudad como Madrid, con 2.500 horas de sol al año, una fachada de 1.000 m^2 descontaminaría el NO_x generado por unos 150 coches de gasolina al año, declaró Mariana Díez, Directora de Marketing del área de Cementos de Lafarge en España” (UNOI, 2012). Experimentos muestran que 1000 metros cuadrados de superficie fotocatalítica son capaces de limpiar un volumen de aire de 200.000 metros cúbicos cada 10 horas de irradiación (Israel, 2005). En ensayos de laboratorio efectuados en el Instituto de Tecnología Química de la Universidad Politécnica de Valencia (España) un mortero alcanza una actividad de eliminación de NO de $18 \text{ mg/m}^2/\text{h}$ (UNOI, 2012). Desde el punto de vista económico hay que reconocer que los concretos fotocatalíticos elaborados por la empresa Italcementi son entre 9 y 12 veces más caros que el concreto ordinario, sin embargo, se colocan en obra en delgadas capas de pocos milímetros de espesor. En las obras que se han construido nunca sobrepasan del 15% del total del concreto utilizado (Israel, 2005).

b) Microcápsulas de Silicato de Sodio.

El concreto no es un material homogéneo y es frecuente que se encuentren grietas en su masa, debidas al proceso de elaboración o durante su uso. Nuevas investigaciones han desarrollado un concreto capaz de auto-repararse

de esos daños. Michelle Pelletier, de la Universidad de Rhode Island, ha probado la incorporación de microcápsulas de Silicato de Sodio (Na_2SiO_3) en la mezcla de concreto para reparar grietas. Al producirse una fisura en el concreto, la cápsula se rompe y el Silicato de Sodio entra en contacto con el Hidróxido de Calcio, generado durante la hidratación del cemento. Esto produce una reacción química que da lugar a una sustancia gelatinosa que rellena la fisura y en aproximadamente una semana se endurece (Notario, 2010).

c) Bacterias reparadoras de grietas.

Según CNN en Español (Stewart, 2015) el profesor holandés Henk Jonkers ideó añadir, a la mezcla de concreto, cápsulas de plástico biodegradable que contienen lactato de calcio y un tipo de bacterias capaces de sobrevivir de forma inactiva durante décadas en un ambiente alcalino, duro y seco como es el concreto. Al producirse la fisura en el concreto, se rompe el plástico, el agua penetra y se activan las bacterias. Estas se alimentan del lactato de calcio, combinan el calcio con iones de carbono y forman Carbonato de Calcio. El Carbonato de Calcio rellena la grieta y al solidificar, esta queda totalmente sellada con material rocoso.

Robótica en la tecnología del concreto.

Impresoras 3D

La robótica es otra de las ramas de la ciencia, relacionada con la tecnología, que avanza cada vez más en el desarrollo de nuestras vidas. La tecnología del concreto no está ajena a esta nueva realidad y ya se cuenta con máquinas innovadoras que ejecutan, de manera automatizada, partes importantes de las edificaciones. Por el momento se concentran más en fundaciones y paredes. Las llamadas “Impresoras 3D” para concreto, permiten colocar por extrusión, de forma gradual y continua, capas de concreto que se superponen unas sobre otras hasta conformar los componentes constructivos proyectados. Se distinguen dos tipos de impresoras: las de brazo robótico y las de

tipo pórtico. Según 3Dnatives (2021) las impresoras 3D con brazo robótico son más pequeñas, sencillas y versátiles, en cambio las tipo pórtico tienen más rendimiento y se pueden utilizar en proyectos de mayor envergadura.

Aplicaciones

Con las tecnologías actuales, una de las aplicaciones que tiene mejores perspectivas, por sus tipologías y dimensiones, es la construcción de viviendas. Resulta relativamente sencillo trasladar una de estas máquinas hacia un terreno acondicionado para la construcción de viviendas y producirlas en serie con un uso racional de tiempo y recursos.

La impresión 3D de concreto es una buena solución técnica para la construcción masiva de viviendas de interés social, debido a los beneficios en tiempo, costo y sostenibilidad (Chávez y otros, 2022; Iribar, 2022).

Si bien las experiencias que se tienen tratan de edificaciones relativamente pequeñas, se intenta desarrollar tecnologías que permitan construir edificaciones mayores. Los nuevos avances en la tecnología propician el incremento gradual en las dimensiones de las edificaciones.

Otros

Existen muchas otras investigaciones que avizoran avances sorprendentes en el desarrollo futuro del material y que abren puertas hacia nuevas aplicaciones o hacia mejoras en los usos ya conocidos.

- **Concreto dúctil:** El concreto no es considerado tradicionalmente un material dúctil. Para mejorar esta propiedad, necesaria en algunas aplicaciones, se utilizan refuerzos de acero, vidrio o plásticos, en forma de fibras. En la Universidad de Michigan han ido más allá y han logrado un concreto mucho más resistente a la flexión y que puede doblarse prácticamente en forma de U. Tales concretos combinan cemento con cenizas volantes, utilizan como agre-

gado solo una arena muy fina y se refuerzan con microfibras. Tiene aplicaciones en pavimentos, puentes, concretos arquitectónicos y reparaciones, disminuyendo los daños que puede sufrir por deformaciones de uso, sismos, etc. (Li, 2007).

- **Concreto de ultra alto desempeño:** Se fabrica con materiales convencionales, similares al concreto de alto desempeño, al cual se añaden cuarzo como agregado y refuerzo de fibras de acero, de carbono o poliméricas. Alcanzan resistencias superiores a 1.500 Kgf/cm². Suelen tener gran capacidad de deformación dúctil, resistencia a la abrasión similar a una roca natural y son resistentes a la carbonatación y a la penetración de cloruros (Quimbay, 2020).
- **Concreto que absorbe CO₂:** Se produce a partir de Óxidos de Magnesio (MgO) en lugar de Óxidos de Calcio (CaO). Esto posibilita que el concreto absorba cierta cantidad de CO₂ del aire para formar Carbonato de Magnesio (MgCO₃). Según la empresa británica Novacem, que lo fabrica, una tonelada de concreto, durante todo su ciclo de vida, puede llegar a destruir 0,6 toneladas de CO₂ (Sobrevilla, 2016).

Conclusiones

El concreto ha demostrado ser un excelente material de construcción justificado, entre otras razones, por sus excelentes cualidades técnicas, la relativa facilidad de su elaboración y la gran aceptación cultural que posee. Sin embargo los procesos de producción de sus constituyentes, en particular del cemento, generan un impacto apreciable sobre el medio ambiente.

Esta circunstancia ha llevado a que muchos investigadores y profesionales cuestionen su vigencia y traten de buscar otras opciones que puedan sustituirlo con ventajas ecológicas. Algunos llegan a manifestar que debería dejar de utilizarse. Otros tratamos de desarrollar innovaciones tecnológicas que no solo contribuyan

a reducir el impacto sobre el ambiente sino que lleguen a tener un efecto positivo en el mismo.

Los avances tecnológicos aquí mostrados reflejan que existen muchas vías para mejorar el carácter ecológico del concreto. Que existe una amplia gama de materiales que se pueden incorporar a la mezcla de concreto y que

le aportan cualidades nuevas convirtiéndolo en un material diferente al que conocemos de manera tradicional. Que hay un nicho de oportunidades para incursionar en áreas de avanzada como la nanotecnología y la robótica. Todo esto nos permite afirmar que el concreto no está desapareciendo, está evolucionando.

Referencias bibliográficas

- 3Dnatives, (2021). *¿Cómo funciona una impresora 3D de hormigón?*. Extraído el día 09 de Noviembre de 2022 de <https://www.3dnatives.com/es/funcionamiento-impresora-3d-hormigon-120720212/>.
- Acevedo, M.J. (2010). *Sistema de paneles prefabricados de concreto celular como alternativa de cerramientos verticales de bajo peso para la construcción de viviendas*. Tesis de Maestría no publicada, IDEC, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Águila, I. (2012). *Uso de residuos agrícolas en la producción de cementos puzolánicos*. Caracas: Ediciones FAU.
- Aldred, J. (2012). "El concreto en las grandes alturas", *Noticreto*, N° 110 Enero/Febrero 2012.
- Asocreto, (2010). ¿Qué nos espera en la tecnología del concreto luego de 100 años?. *Noticreto 100 Mayo/Junio 2010*: 34-39.
- Báez, R. A. (2016). *Tecnología para la gestión y aprovechamiento de residuos pétreos provenientes de demoliciones como agregados en mezclas de concreto*. Informe final asignatura Proyecto II no publicado, Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Cachan, A. (2001). *Cementos*. Encuentro Medioambiental Almeriense: En busca de soluciones, Andalucía.
- Centeno, Y.C. (2010). *Sistema de paneles prefabricados en concreto reforzado con fibras de sisal (Agave Sisalana)*. Tesis de Maestría no publicada, IDEC, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Chávez, E., Rengifo, N. y De La Torre, J. (2022). *Viabilidad de la Impresión 3D de concreto para la constructibilidad de viviendas sociales*. 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology. Florida.
- Domoterra (2013). *El cemento y la producción de CO₂*. Extraído el 5 de Mayo de 2017 de <http://www.domoterra.es/blog/2013/04/02/el-cemento-y-la-produccion-de-co2/>
- Duchitanga, J. (2012) *Nanotecnología en la construcción*. Extraído el 12 de Julio de 2016 de <http://www.monografias.com/trabajos90/nanotecnologia-construccion/nanotecnologia-construccion.html>.

- Goncalves, R.M. (2020). *Revestimiento con propiedades autolimpiantes y descontaminantes con adición de dióxido de titanio para exteriores de edificaciones*. Tesis de Especialización, IDEC, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- IndexMundi. (2015). *Cemento hidráulico: Producción mundial, por país*. Extraído el 29 de Junio de 2016 de http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/cement/cement_t22.html
- Iribar, I. (2022). *¿Cómo funciona la impresión 3D en la construcción?*. Extraído el día 09 de Noviembre de 2022 de <https://www.cemexventures.com/es/impresion-3d-en-la-construccion/>.
- Israel, E. (2005). "Desarrollan en Italia un cemento antismog". Extraído el 30 de Junio de 2016 de <https://reforma.vlex.com.mx/vid/desarrollan-italia-cemento-antismog-193868975>.
- Ladeira, L.; Calixto, J.M.; Ladeira, L.O.; De Souza, T.C. y Dias, A.E. (2016). *Resistência Mecânica de Argamassas de Cimento Portland Fabricado com Nanotubos de Carbono*. IX Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas. Rio de Janeiro.
- Li, V. (2007). "Concreto Dúctil" *Construcción y Tecnología*, Mayo 2007.
- Mejías, L.S. (2010). Técnicas de mortero reforzado con mallas de polipropileno J-300 para cerramiento portante de vivienda. Tesis de Maestría, IDEC, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Mejías, L.S. y Águila, I. (2018). "Estudio de la resistencia a la compresión de morteros a base de cemento, puzolana, y superplastificante para su aplicación en concreto de alta resistencia", *Revista de la Facultad de Ingeniería-UCV* Vol 33-No 3 y 4, pp.: 7-14.
- Metha, P. K. (2000). "Avances en la tecnología del concreto", *Construcción y Tecnología*, Octubre 2000.
- Ministerio de Medio Ambiente (2004). *Guía de mejores técnicas disponibles en España de fabricación de Cemento*. Madrid: Centro de publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio del Ambiente.
- Notario, E. (2010). *Desarrollan un hormigón inteligente capaz de autorrepararse*. Extraído el 2 de Mayo de 2016 de: <https://hipertextual.com/2010/05/desarrollan-un-hormigon-inteligente-capaz-de-autorepararse>.
- Portland Cement Association. (2005). "Construyendo verde con cemento gris", *Construcción y Tecnología*, Febrero 2005, 40-43.
- Quimbay, R. (2020). *Cinco cosas que debes saber del concreto de ultra alto desempeño*. Extraído el 24 de Enero de 2022 de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/cinco-cosas-que-debes-saber-del-concreto-de-ultra-alto-desempeno>.
- Sobrevilla, B. (2016). "El cemento como material esencial para edificaciones que purifiquen el aire, absorbiendo gases de efecto invernadero", *Civilízate* (Revista de la Pontificia Universidad Católica de Perú), N° 8, 2016: pp. 10-11.
- Stewart, A. (2015). "Profesor holandés crea un concreto vivo que se repara a sí mismo". Extraído el 29 de Junio de 2016 de: <http://cnnespanol.cnn.com/2015/05/15/profesor-holandes-crea-un-concreto-vivo-que-se-repara-a-si-mismo>.
- UNOI-Unidad de Orientación Empresarial en Innovación (2012). *Mortero foto catalítico*. Extraído el 29 de Junio de 2016 de <http://enclave.cev.es/unoi/mortero-foto-catalitico/>.

Enfoques por nodos y por nivel para la verificación de la condición columna fuerte viga débil en pórticos de concreto reforzado*

Verification of strong column-weak beam condition in reinforced concrete frames with joint and story based methodologies

Esp. Ing. Sigfrido Loges F.

<https://orcid.org/0009-0009-2476-0147>

Correo-e: sloges@gmail.com

Dr. Ing. Angelo L. Marinilli M.

<https://orcid.org/0009-0004-1465-1055>

Correo-e: angelomarinilli@gmail.com

Recibido: 20-05-2024 | Aceptado: 16-11-2024

Resumen

En la edición del año 1999 del documento SEAOC *Blue Book*, se propuso un nuevo enfoque por nivel para realizar la verificación de la condición columna fuerte viga débil en edificaciones aporticadas de concreto reforzado, al considerar que la práctica adoptada por un gran número de normas internacionales, basada en el estudio de cada nodo de la edificación, no resultó completamente eficaz para prevenir la formación de mecanismos de piso, como conclusión de un número de análisis no lineales llevados a cabo a una serie de casos de estudio de edificaciones aporticadas. Este nuevo enfoque se realiza por cada nivel de la edificación, tomando en cuenta a todas las vigas y columnas del sistema resistente a sismos, en cada dirección y sentido de la acción sísmica. Sin embargo, dicho enfoque solamente ha sido adoptado por la norma venezolana NVF 1753-2006 como una de las dos alternativas recomendadas. En este trabajo se explica la filosofía detrás del enfoque por nivel y se demuestra su eficacia al comparar sus resultados con aquellos obtenidos aplicando el enfoque por nodos, con base en la realización de análisis no lineales a modelos de pórticos planos regulares de concreto reforzado de varios niveles, bajo los lineamientos de la Norma Venezolana COVENIN 1756.

Descriptores

Pórticos; concreto reforzado; columna fuerte viga débil; verificación por nivel; análisis no lineal.

Abstract

In the 1999 edition of SEAOC *Blue Book*, a new story approach was proposed to verify the strong column weak beam condition in reinforced concrete frames buildings, considering that the practice adopted by many international standards, based in each node of the building, was not effective to preventing story mechanisms when nonlinear analysis was carried out on a several studies of framed buildings. This approach is carried out for each story of the building, taking into account all beams and columns of the seismic resistant system, with seismic action acting in each direction. However, this approach has only been adopted by the Venezuelan standard NVF 1753-2006 as one of the two recommended approaches. This article explains the philosophy behind the story approach, demonstrating its effectiveness by performing nonlinear analysis of multi-levels regular reinforced concrete frames, based in the Venezuelan Seismic Standard COVENIN 1756.

Descriptors

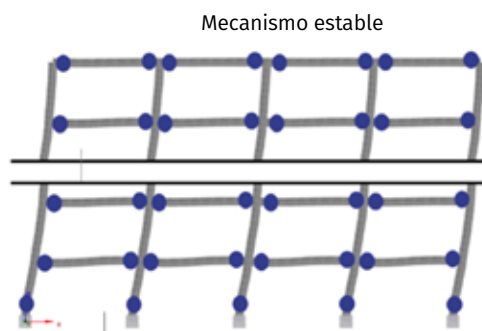
Frames, reinforced concrete, strong column weak beam, story approach, nonlinear analysis.

* Agradecimiento al Instituto de Desarrollo Tecnológico de la Construcción-IDECON de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela por el apoyo recibido durante la fase de elaboración de la Tesis Doctoral, así como al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación por el financiamiento otorgado a través del Proyecto FONACIT nº 2023000156 "Programa de Mejoramiento de la Seguridad Estructural para Ciudades más Resilientes, Inteligentes y Sostenibles en Venezuela".

El objetivo principal de las normas estructurales es que los miembros de edificaciones aporticadas que sean diseñados para resistir la acción sísmica, permitan disipar la energía proveniente de ésta a través de la formación de mecanismos dúctiles que sean estables, con un desempeño esperado. El mecanismo de colapso plástico denominado “ideal” (ver imagen 1a), concentra el daño en los extremos de las vigas y en la base de las columnas del edificio, pero para que esto suceda, las columnas deben ser más resistentes que las vigas y es lo que se conoce como condición columna fuerte viga débil (CFVD en lo sucesivo). La aparición de otros mecanismos con daño localizado en extremos de ciertas columnas, pueden llevar a la formación de mecanismos de piso y conducir a la inestabilidad de la edificación (ver imagen 1b).

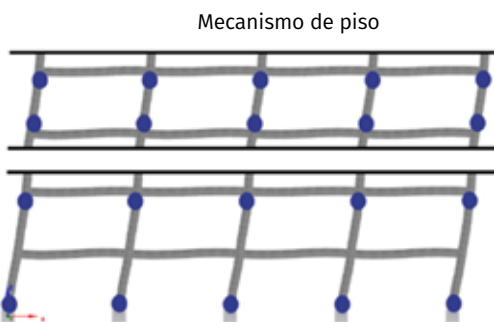
La CFVD se verifica, en general, partiendo de una comparación entre las resistencias de las vigas y columnas, obtenidas con los aceros longitudinales resultantes del diseño, considerando las vigas como miembros a flexión y las columnas a flexión y carga axial. La norma norteamericana de concreto reforzado ACI 318, en su edición del año 1971 (ACI, 1971), propuso realizar una comparación entre las resistencias de diseño de las vigas y columnas en cada uno de los nodos de la edificación y en cada nivel (verificación “por nodos”) indicando que la resistencia mínima requerida de las columnas debía ser, al menos, igual a la de las vigas en cada dirección y sentido de la acción sísmica (ver imagen 2). En la edición del año 1983 (ACI, 1983) se propuso dar un valor mayor a las columnas al plantearse que la sumatoria de sus resistencias nominales en cada nodo fuera, al menos, igual a $6/5$ (α) de la resistencia nominal de las vigas. La propuesta se mantiene vigente en la última edición de esta norma (ACI, 2022).

Imagen 1a. Mecanismos plásticos de disipación de energía en pórticos de concreto reforzado.



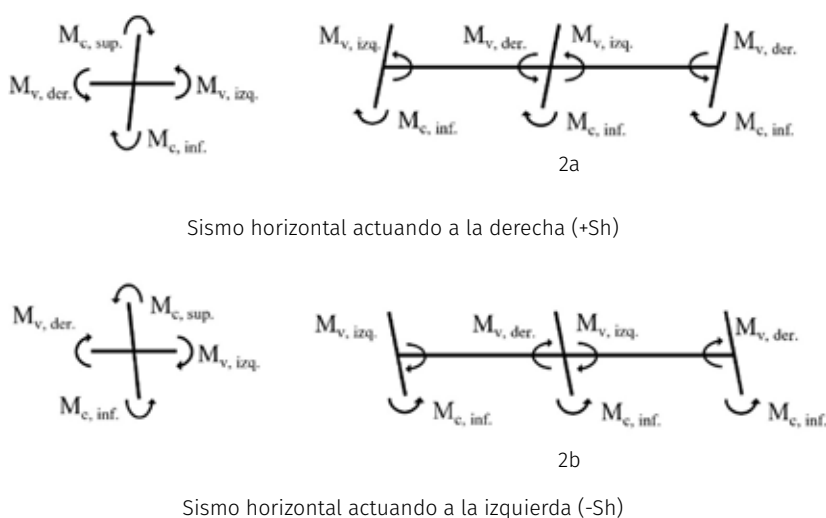
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 1b. Mecanismos plásticos de disipación de energía en pórticos de concreto reforzado.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 2. Verificación por nodos (1) y por nivel (2)



Fuente: Marinilli, 2017.

Este planteamiento ha sido adoptado también por otras normas internacionales (ver cuadro 1), variando solamente el valor requerido de α (ver Ecuación 1). Una de las normas que adoptó esta propuesta ACI fue la venezolana COVENIN 1753, que en su edición del año 1985 (COVENIN, 1987) lo incluyó como parte del capítulo 18, dedicado específicamente al diseño sismorresistente de los miembros estructurales.

La versión actual de esta última norma, identificada como Norma Venezolana 1753-2006 (FONDONORMA, 2006) (en adelante NVF 1753-2006), adiciona una propuesta más de verificación de la CFVD, basada en el planteamiento del documento SEAOC *Blue Book*, edición del año 1999 (SEAOC, 1999), y ha sido denominada verificación “por nivel”, en donde se consideran las resistencias nominales de todas las vigas y todas las columnas inmediatamente por debajo de cada uno de los niveles de la edificación, en cada dirección y sentido de la acción sísmica, proponiendo el SEAOC que la razón entre ambas sumatorias resulte, al menos, igual a la unidad (ver Ecuación 2), es decir, lo importante es la suma de las resistencias de las columnas más que sus resistencias individuales (ver ima-

gen 2). La norma NVF 1753-2006 modificó el valor de la razón entre estas resistencias a 1.20. Es importante destacar, que en la edición del año 2019 del Blue Book (SEAOC, 2019), se considera este enfoque por nivel como el más adecuado para verificar la CFVD en edificaciones aporticadas de concreto reforzado. Sin embargo, esta propuesta solamente ha sido adoptada por la norma NVF 1753-2006.

$$\Sigma M_{nc} \geq \alpha * \Sigma M_{nb} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\Sigma M_{cn} \geq \beta * \Sigma M_{vn} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

ΣM_{nc} = Sumatoria de las resistencias nominales a flexión de las columnas (superior e inferior) que concurren en cada nodo.

ΣM_{nb} = Sumatoria de las resistencias nominales a flexión de las vigas (derecha e izquierda) que concurren en cada nodo.

α = Valor mínimo requerido para la resistencia nominal de las columnas que concurren en cada nodo, con base en las resistencias nominales a flexión de las vigas en una misma dirección.

ΣM_{cn} = Sumatoria de todas las resistencias nominales a flexión de las columnas por debajo del nivel en estudio, en una misma dirección.

ΣM_{vn} = Sumatoria de todas las resistencias nominales a flexión de las vigas del nivel en estudio, en una misma dirección.

β = Valor mínimo requerido para la sumatoria de la resistencia nominal de todas las columnas de un nivel, con base en la sumatoria de todas las resistencias nominales a flexión de las vigas en ese mismo nivel y en una misma dirección.

La Norma de Nueva Zelanda NZS 3101 (2006), la cual parte de un diseño por capacidad, incluye también dos propuestas para obtener la resistencia mínima requerida de las columnas, denominadas Método A y Método B, pero con la incorporación de ciertos factores para considerar, entre otras cosas, la sobrerresistencia de las vigas (φ_o) y el efecto de los modos su-

Cuadro 1. Valores normativos del factor α para la revisión de la condición CFVD

País	Norma	Valor de α
Estados Unidos	ACI 318-19(22)	6/5
Venezuela	NVF 1753:2006	1,20
Comunidad Europea	EN 1998-1:2003	1,30
India	IS 13920 (2014)	1,40
Ecuador	NEC 2015	(*)
Nueva Zelanda	NZS 3101.1:2006	(*)
Colombia	NSR-10	1,20
México	NTC 2017	1,50
Estados Unidos	AISC 341-16	> 1,00
Venezuela	COVENIN 1618:1998	$\geq 1,00$

(*) Se realiza un diseño por capacidad.

Fuente: Elaboración propia.

periores de vibración (w), de acuerdo con la altura (h) de la edificación. El Método A plantea la verificación de la CFVD por cada nodo de la edificación mientras que el Método B propone una verificación por nivel cuya filosofía difiere de la planteada por SEAOC, ya que parte de las resistencias a corte de las columnas para equilibrar las acciones máximas probables en las zonas de rótulas plásticas de cada nivel, y no de la sumatoria de las resistencias nominales a flexión de las vigas (SEAOC, 1999). El Método A es considerado como el que mayor nivel de protección proporciona para evitar la formación de rótulas plásticas en columnas ante la acción sísmica, mientras que el Método B brinda mayor flexibilidad en el diseño de las columnas, reconociéndose, sin embargo, como el que proporciona mayor consistencia en el nivel de resistencia de las columnas en contra de la formación de mecanismos de piso (NZCS, 2008).

La intención de este trabajo es mostrar la eficacia del método por nivel propuesto por la SEAOC, evaluando la posibilidad de considerarlo como una alternativa eficiente para alcanzar la CFVD. Se basa en los análisis estáticos y dinámicos no lineales realizados a varios casos de estudio, constituidos por pórticos de concreto reforzado de 3, 7 y 12 niveles, orientados a evaluar su desempeño sismorresistente y la probabilidad de alcanzar un cierto estado de daño. Este trabajo forma parte de una investigación doctoral.

Algunos antecedentes para evaluar la eficacia de los enfoques por nodos y nivel para generar la CFVD

Los daños dejados por terremotos en edificaciones aporticadas de concreto reforzado en los últimos años, y especialmente en las columnas con la consecuente formación de mecanismos de piso, han despertado el interés por evaluar si son eficaces los enfoques o las propuestas normativas actuales con relación a la verificación de la CFVD. Se han realizado al-

gunos trabajos empleando el enfoque por nodos en pórticos de concreto reforzado de varios pisos (Dooley & Bracci, 2001; Marinilli, 2012; Marinilli, 2014; Sunayana, 2014; Cagurandan, 2015; Rodríguez, 2015; Romy, 2016; Marinilli, 2017), concluyéndose que aun cuando la CFVD resulte en valores de α iguales o mayores a 6/5, como se establece en las normas ACI 318 y NVF 1753-2006, los análisis no lineales realizados evidenciaron la aparición de mecanismos de piso en un cierto número de casos de estudio. Por ello se ha sugerido aumentar el valor de α para evitar la aparición de tales mecanismos de piso, lo cual ha coincidido plenamente con los resultados alcanzados en otras investigaciones (Medina & Krawinkler, 2005; Haselton & Deierlein, 2008; Sudarsana, 2014).

Otros trabajos (Surana et al., 2018; Nie et al., 2020; Tian & Yin-feng, 2020; Zhang & Tao, 2021) indicaron la influencia de ciertos factores en la CFVD, como el acero de refuerzo de las losas de piso vaciadas monolíticamente con las vigas y a una cierta distancia a cada lado de estas (aumento de la resistencia a flexión de las vigas), paredes de relleno (pueden modificar la distribución de rigideces en la edificación), detallado adicional al resultante del diseño del acero de refuerzo en los extremos de las vigas y magnitud de las cargas gravitacionales (influencia en la posible formación de rótulas plásticas en los tramos de las vigas). El nivel de endurecimiento por deformación del acero de refuerzo de las columnas de acuerdo con la magnitud de la carga axial, es otro factor que se ha tomado en cuenta, habiendo sido evaluado por Haselton et al. (2007), llegándose al desarrollo de una ecuación (ver Ecuación 3) que resulta en valores de dicho nivel de endurecimiento que van desde 1,11 hasta 1,22, sugiriéndose emplear un valor general de 1,13. En juntas viga-columna también se han realizado evaluaciones para determinar si el valor del factor α puede influir en su desempeño bajo acciones sísmicas, como se indica en el trabajo de Shiohara et al. (2012), en donde a través del análisis no lineal de un

edificio de 9 pisos, se llegó a la conclusión de que los valores de α inferiores a 1,50 pueden incidir en la aparición de mecanismos de fallas por corte (frágiles) en las juntas internas de las edificaciones.

$$\frac{M_c}{M_y} = (1,25)(0,89)^v(0,91)^{0,01 \lambda f_c} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

M_c = Resistencia última (máxima) en flexo compresión de la columna incluyendo el efecto del endurecimiento por deformación del acero de refuerzo longitudinal.

M_y = Resistencia cedente en flexo compresión de la columna.

$v = \frac{P}{A_g f_c}$, siendo P la carga axial de diseño, A_g el área gruesa de la columna y f_c la resistencia a compresión del concreto.

λ = variable para convertir unidades, toma el valor de 1,00 cuando las unidades de f_c son MPa y de 6,90 cuando se emplean ksi.

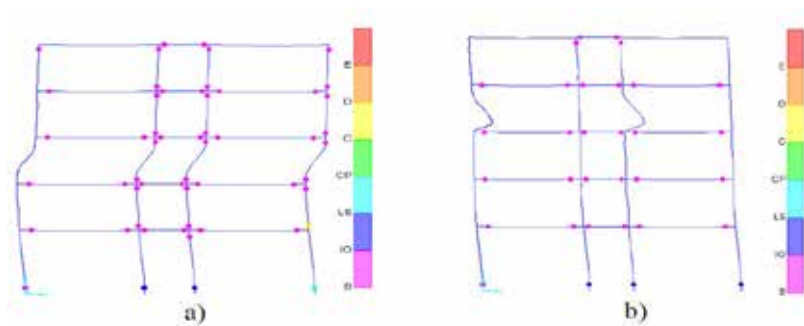
Para determinar las posibles variables que más influencia pudieran tener para alcanzar la CFVD, las cuales luego pudieran ser incorporadas a la propuesta por nivel de SEAOC, se consultó el estudio llevado a cabo por Tian & Yinfeng (2020). En dicho estudio, se realizó

una comparación de varias propuestas por nodos para generar la CFVD indicadas en las normas de China (GB50011-2010, 2010), Europa (EN, 2003), Estados Unidos (ACI, 2005) y Nueva Zelanda (NZS 3101, 2006), con el principal objetivo de evaluar su eficacia al realizar análisis no lineales a pórticos de concreto reforzado de 5 niveles. Se concluyó que la propuesta de Nueva Zelanda resultó la más eficaz para la CFVD, al alcanzarse en todos los casos el mecanismo de colapso plástico ideal, lo cual no se logró con las otras tres propuestas, en las cuales se formaron rótulas plásticas en extremos de columnas que condujeron, en algunos de los casos de estudio, a la formación de mecanismos de piso (ver imagen 3) y que incrementar el valor del factor α no garantiza poder alcanzar la condición CFVD, considerando igualmente, que el método de los coeficientes (α) eventualmente debe ser reemplazado. Es importante destacar, que la norma de Nueva Zelanda incorpora en su propuesta, la consideración de la sobre-resistencia de los aceros de refuerzo de los miembros y el efecto de los modos superiores de vibración en la respuesta dinámica de la edificación, a través de los factores de Sobre-resistencia (ϕ_0) y Magnificación Dinámica (ω), respectivamente.

Trabajos realizados con relación al enfoque por nivel

Con el principal objetivo de evaluar la eficacia del enfoque por nivel propuesto por el SEAOC para generar la CFVD en pórticos de concreto reforzado y como parte de la metodología planteada en esta investigación doctoral, se llevaron a cabo una serie de evaluaciones en las que también se compararon los resultados alcanzados con aquellos de emplear el enfoque por nodos a casos de estudio y considerando la influencia de varios factores. Es importante destacar que esta propuesta por nivel ha sido mucho menos estudiada que la propuesta por nodos, encontrándose pocos trabajos relacio-

Imagen 3. Patrón de formación de rótulas plásticas de acuerdo con los enfoques por nodos de las normas de a) China y b) Nueva Zelanda (CFVD)



Fuente: Tian & Yinfeng, 2020.

nados con la evaluación de su eficacia para la CFVD. Sin embargo, algunos fundados sobre la base de pórticos planos regulares de baja altura (Marinilli, 2011; 2014), los cuales fueron objeto de análisis estáticos y dinámicos no lineales empleando el valor de β planteado por NVF 1753-2006, han permitido alcanzar conclusiones interesantes acerca de su validez para verificar la CFVD, demostrando ser una metodología efectiva al lograr mecanismos de colapso plástico intermedios en algunos de los casos de estudio, sin evidenciarse aparición de mecanismos de piso, indicando igualmente para los casos de estudio que en general no se alcanzó el mecanismo de colapso plástico ideal.

En Loges y Marinilli (2018a) se evaluó si la altura de la edificación y el cambio de sección transversal de las columnas (S/C, sin cambio; C/C, con cambio) en pórticos planos de concreto reforzado tenía alguna incidencia en el desarrollo de la CFVD al emplear este enfoque, como está planteado en NVF 1753-2006 (donde el valor de β resulta igual a 1,20, superior al propuesto por SEAOC, de 1,00) al realizar análisis estáticos no lineales a los casos de estudio, los cuales consistieron en pórticos planos regulares de 3 y 7 niveles, con distancias iguales entre ejes de columnas de 5m y altura de entrepiso constante de 2,80m. Los valores de las cargas gravitacionales de uso fueron obtenidos de acuerdo con lo indicado en la Norma Venezolana COVENIN 2002-88 (COVENIN, 1988). Las secciones transversales de las vigas fueron de 30x40cm, mientras que las de las columnas se obtuvieron de acuerdo con criterios de resistencia y con base en sus cargas axiales esti-

madas, modificando el procedimiento propuesto por Arnal & Epelboim (1984) para incluir el efecto de la acción sísmica con respecto a la ubicación en planta de cada columna, fijando sus dimensiones mínimas en 40x40cm.

Con relación a la acción sísmica se empleó la Norma Venezolana COVENIN 1756-1:2001 (COVENIN, 2001), con base en edificaciones clasificadas en el Grupo B2 y valores de derivas de entrepiso máximas iguales a 1,8%, para la cual esta norma asocia un nivel de daño moderado. Para los análisis estáticos no lineales se siguieron los lineamientos del documento ASCE 41-17 (ASCE/SEI, 2017b). Los valores nominales de las resistencias de los materiales a compresión del concreto y tensión cedente del acero de refuerzo fueron, respectivamente, 250 kgf/cm² y 4200 kgf/cm². Los resultados de los análisis mostraron la eficacia del enfoque por nivel, al evitar la formación de mecanismos de piso, sin embargo, mostró la aparición de rótulas plásticas en los extremos inferiores de algunas columnas de niveles intermedios, con lo cual, no se alcanzó el mecanismo ideal en todos los casos, sugiriendo, por ende, que tanto la altura de la edificación como el cambio de sección de las columnas tiene influencia en la CFVD. El cuadro 2 muestra los valores de las fuerzas de corte obtenidas de las curvas de capacidad de los análisis estáticos no lineales (corte cedente V_y , corte máximo, $V_{m\acute{a}x}$), desplazamiento máximo que se espera alcance el nivel superior (techo) del sistema bajo la acción sísmica de diseño (objetivo, D_{obj}), desplazamiento último del sistema (D_u) y ductilidades obtenidas para los casos S/C y C/C, resultando siempre menos

Cuadro 2. Resultados del análisis estático no lineal

Modelo	Corte Cedente V_y (kgf)	Desplaz. Cedente D_y (cm)	Corte Máximo $V_{m\acute{a}x}$ (kgf)	Desplaz. Objetivo D_{obj} (cm)	Desplaz. Último D_u (cm)	Demanda Ductilidad (D_{obj}/D_y)	Ductilidad Global (D_u/D_y)
3 Niveles (S/C)	34762	3,57	40855	9,29	18,96	2,60	5,31
3 Niveles (C/C)	27977	3,47	35683	10,85	17,04	3,13	4,91
7 Niveles (S/C)	50239	10,74	54042	24,28	40,42	2,26	3,76
7 Niveles (C/C)	59879	12,40	65098	23,13	46,05	1,87	3,71

Fuente: Loges y Marinilli, 2018a.

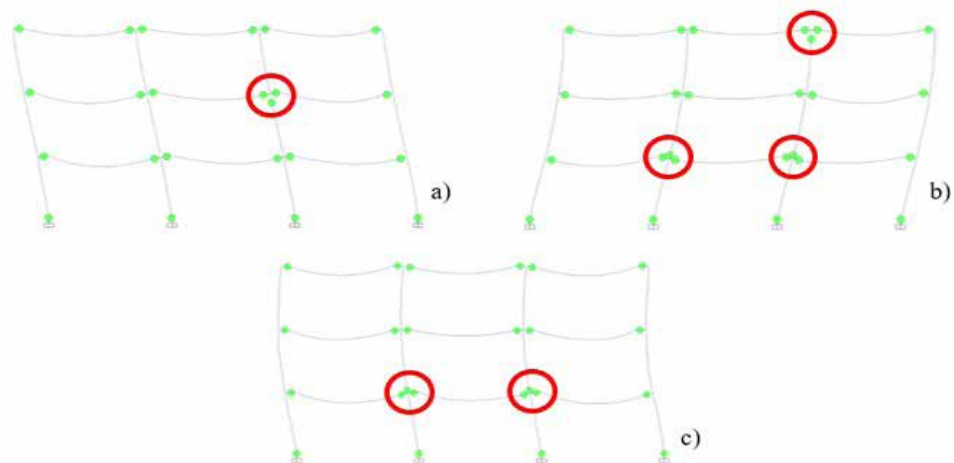
dúctiles los casos con cambio de sección transversal de columnas.

En otro trabajo (Loges y Marinilli, 2018b), fueron realizados análisis estáticos y dinámicos no lineales a pórticos planos regulares de concreto reforzado de 3 niveles, variando las secciones transversales de las columnas y aplicando el enfoque por nivel (FONDONORMA, 2006), con el principal objetivo de evaluar su eficacia para la CFVD y determinar el desempeño alcanzado (FEMA-NIBS, 2012), empleando 10 registros de aceleraciones obtenidos de la base de datos de PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) (Ancheta et al., 2013), de acuerdo con el escalado del espectro de respuesta de cada registro con relación al espectro de respuesta del sismo de diseño, aquél con una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años y un período medio de retorno de 475 años, el cual fue obtenido con base en lo indicado por COVENIN 1756-1:2001 para edificaciones del grupo B2, Zona Sísmica 5, aceleración horizontal del terreno (A_0) de 0,30g y un factor de corrección de esta aceleración horizontal (ϕ) de 0,90. El escalado de cada espectro de respuesta se hizo para el rango comprendido entre 0,2 y 2 veces el valor de los períodos fundamentales de cada

caso de estudio (NEHRP, 2017). Se llegó a la conclusión de que el enfoque por nivel permitió en la mayoría de los casos obtener el mecanismo de colapso plástico ideal, sin embargo, se formaron rótulas plásticas en los extremos inferiores de ciertas columnas del nivel intermedio para algunos registros de aceleraciones, nivel en el cual se realizó una reducción de su sección transversal (ver imagen 4). Igualmente, se obtuvo buena correspondencia entre el nivel de daño esperado (ver cuadro 3) y lo indicado en el documento FEMA-NIBS (2012), siendo representado por las letras **L, M y E** los niveles de daño correspondientes a Leve, Moderado y Extenso, respectivamente, registrándose daño Extenso en el nivel intermedio del caso con cambio de sección transversal de columnas (C/C).

Posterior al trabajo de Loges y Marinilli (2018b), se llevó a cabo una evaluación probabilística de pórticos planos regulares de concreto reforzado de 3 niveles (Loges y Marinilli, 2020), con el principal objetivo de determinar la probabilidad de alcanzar un cierto nivel de daño al emplear para la CFVD el enfoque por nivel planteado en NVF 1753-2006, aplicando análisis estáticos no lineales de acuerdo con lo indicado en los documentos ASCE 7-16 (ASCE/

Imagen 4. Patrones de formación de rótulas plásticas de los análisis dinámicos no lineales de pórticos planos de 3 niveles de concreto reforzado



Fuente: Loges y Marinilli, 2018b.

SEI, 2017a) y ASCE 41-17 (ASCE/SEI, 2017b). Para tomar en cuenta la posible variabilidad de las propiedades mecánicas de los materiales, resistencia a la compresión del concreto (f'_c) y tensión cedente del acero de refuerzo (f_y), ambas se combinaron probabilísticamente de acuerdo con lo propuesto en el Método de los Estimadores Puntuales (Rosenblueth, 1975) (ver cuadro 4), siendo luego comparados y validados los resultados con los obtenidos de aplicar el método de Simulación de Monte Carlo. Para los análisis estáticos no lineales, se empleó un patrón de carga lateral de tipo triangular invertida con base en la forma del primer modo de vibración y un valor para el desplazamiento de control en el nivel techo de 35cm (4% de la

altura total del pórtico). Las rótulas plásticas, consideradas a flexión en las vigas y flexión y carga axial en las columnas, fueron caracterizadas de acuerdo con el modelo de plasticidad concentrada en los extremos de los miembros y con base en la filosofía de desplazamientos, de acuerdo con lo propuesto en el documento ACI 374.3R-16 (ACI, 2016), siendo por tanto necesario disponer de los diagramas Momento-Curvatura ($M-\phi$) en cada caso. El criterio de aceptación para los distintos niveles de desempeño se basó en lo indicado en ASCE 41-17, siendo el nivel de Ocupación Inmediata (**IO**) un 67% del valor de Seguridad de Vidas (**LS**), y este último un 75% del valor de Prevención de Colapso (**CP**), punto en donde ocurre una caída importante

Cuadro 3. Derivas de piso normalizadas y nivel de daño esperado

Análisis	Derivas máximas de piso (T=Techo, P2=Piso 2, P1=Piso 1)					
	3 (S/C)			3 (C/C)		
	T-P2	P2-P1	P1-Base	T-P2	P2-P1	P1-Base
<i>Pushover</i>	0,0096; M	0,0113; M	0,0101; E	0,0095; M	0,0138; E	0,0138; E
Superstición Hills-02, 722	0,0081; M	0,0099; M	0,0110; E	0,0068; M	0,0119; E	0,0013; E
Big Bear-01, 902	0,0062; M	0,0078; M	0,0067; M	0,0072; M	0,0095; M	0,0080; M
Kobe, 1100	0,0091; M	0,0109; E	0,0118; E	0,0056; M	0,0119; E	0,0138; E
Kobe, 1115	0,0059; M	0,0079; M	0,0075; M	0,0060; M	0,0083; M	0,0078; M
Parkfield-02, 4113	0,0080; M	0,0101; E	0,0109; E	0,0067; M	0,0125; E	0,0143; E
Parkfield-02, 4117	0,0046; L	0,0076; M	0,0087; M	0,0039; L	0,0088; M	0,0096; M
Big Bear-01, 6059	0,0056; M	0,0080; M	0,0089; M	0,0064; M	0,0088; M	0,0098; M
Big Bear-01, 6060	0,0070; M	0,0093; M	0,0103; E	0,0057; M	0,0101; E	0,0108; E
Darfield, 6952	0,0059; M	0,0077; M	0,0084; M	0,0056; M	0,0098; M	0,0098; M
Darfield, 6971	0,0064; M	0,0080; M	0,0086; M	0,0048; L	0,0099; M	0,0113; E
Promedio Registros	0,0067; M	0,0087; M	0,0093; M	0,0059; M	0,0101; E	0,0097; M

Fuente: Loges y Marinilli, 2018b.

Cuadro 4. Casos de estudio y combinación de variables de acuerdo con el Método de los Estimadores Puntuales

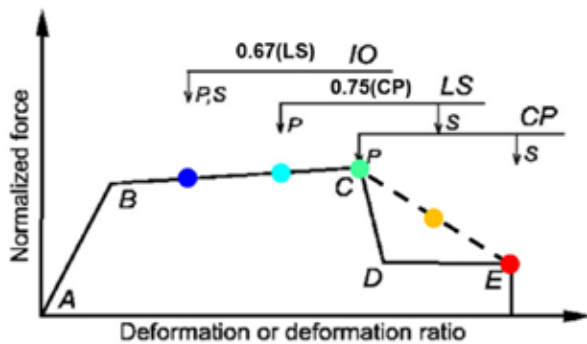
Caso	Combinación de Variables	Valores de Variables Combinadas (f_y , f'_c), kgf/cm ²
Modelo Base	f_y , f'_c	4200; 250
1	$(f_y + \sigma_{f_y}); (f'_c + \sigma_{f'_c})$	4410; 287,5
2	$(f_y + \sigma_{f_y}); (f'_c - \sigma_{f'_c})$	4410; 212,5
3	$(f_y - \sigma_{f_y}); (f'_c + \sigma_{f'_c})$	3990; 287,5
4	$(f_y - \sigma_{f_y}); (f'_c - \sigma_{f'_c})$	3990; 212,5

Fuente: Loges y Marinilli, 2020.

de la resistencia y rigidez del sistema estructural (ver imagen 5).

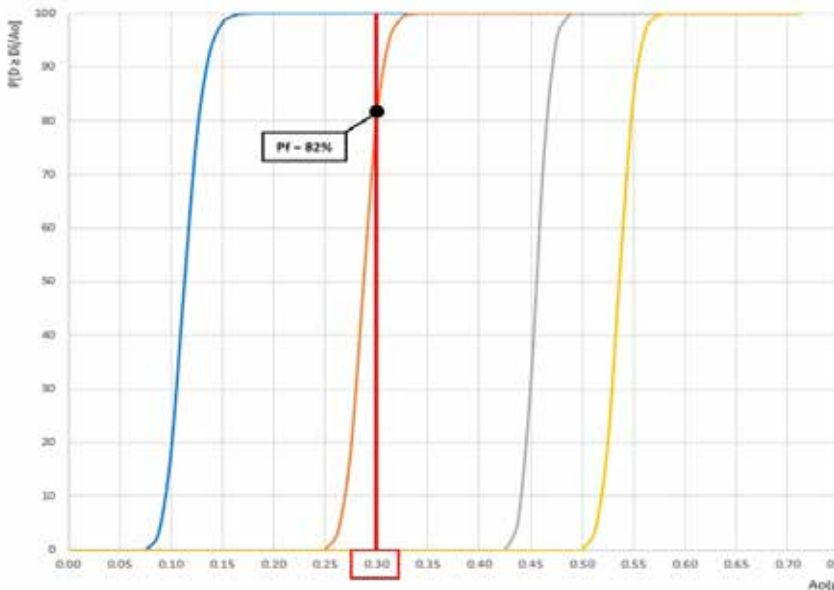
Con relación al análisis probabilístico realizado, fueron consideradas las propiedades de los materiales (f_c y f_y) como variables aleato-

Imagen 5. Criterios de aceptación para niveles de desempeño de acuerdo con ASCE 41-17 y código de colores empleado en el programa *Etabs*.



Fuente: Loges y Marinilli, 2020.

Imagen 6. Curvas de Fragilidad Lognormales y Probabilidad de Falla (P_f) para el sismo de diseño ($A_0 = 0,30g$)



Fuente: Loges y Marinilli, 2020.



rias independientes, lo cual permitió generar las curvas de fragilidad sísmica para valores de la aceleración horizontal del terreno (A_0) (ver imagen 6), con base en los rangos de valores de derivas propuestos por Vielma et al. (2009) para determinar los niveles o umbrales de daño alcanzados en cada caso. Se llegó a la conclusión de que los casos de estudio presentaron una probabilidad de 82% de alcanzar la falla para el sismo de diseño ($A_0 = 0,30g$) al aplicar el enfoque por nivel para la CFVD, lo cual representó un estado límite de Daños Irreparables (I), siendo descrito como aquel umbral en el cual la reparación del sistema tendría una inversión importante de recursos económicos y tecnológicos.

Casos de estudio de 3, 7 y 12 niveles

Enfoque “por nodos”

En vista de los resultados anteriores y como parte de la metodología seguida en la presente investigación doctoral, se compararon los enfoques por nodos de las normas ACI 318 y NZS 3101 para evaluar la influencia en alcanzar la CFVD al incorporar los factores de magnificación dinámica (ω) y sobrerresistencia (ϕ_0) propuestos por la norma de Nueva Zelanda, a través de análisis estáticos no lineales a pórticos regulares de concreto reforzado de 3 y 12 niveles, los cuales fueron sometidos a acciones sísmicas de acuerdo con la Norma Venezolana COVENIN 1756-1:2019 (COVENIN, 2019), y cuyo desempeño fue evaluado para dos escenarios sísmicos, el primero con una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años y período medio de retorno de 475 años (sismo A) y el segundo, para una probabilidad de excedencia de 2% en 50 años y período medio de retorno de 2475 años (sismo B).

Para el pórtico de 3 niveles, cuyas columnas del nivel techo fueron diseñadas con el área de acero mínima requerida, se obtuvo un mecanismo de colapso plástico intermedio con el enfoque ACI para el sismo A, generándose rótulas plásticas en los extremos de las vigas, en la base de las columnas inferiores y en el extremo

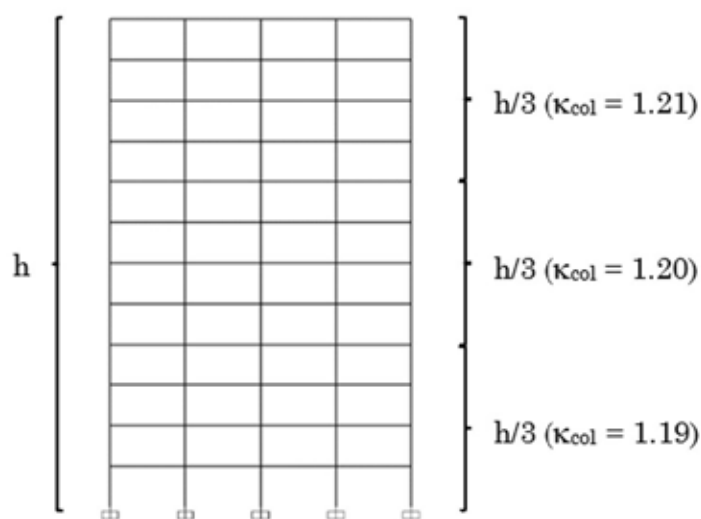
superior de las columnas del nivel techo, mientras que con el enfoque NZS, solo se obtuvieron rótulas plásticas en los extremos superiores de las columnas del nivel techo. En cuanto al sismo B, en ambas propuestas se obtuvo un mecanismo de colapso plástico intermedio, con la presencia de rótulas plásticas en las columnas de la base y extremo superior del nivel techo. Para el pórtico de 12 niveles y para el sismo A, se obtuvo un mecanismo ideal con el enfoque ACI, pero para el sismo B, se generó un mecanismo de colapso plástico intermedio, con rótulas plásticas en los extremos de las vigas, en la base de las columnas y extremo superior de las columnas de los niveles 7 al 10. En cambio, el enfoque NZS 3101, tanto para el sismo A como para el B, permitió alcanzar un mecanismo de colapso plástico ideal, lográndose concentrar el daño en los extremos de las vigas y en las bases de las columnas del nivel inferior.

Estos resultados confirmaron las conclusiones alcanzadas por Tian & Yinfeng (2020), evidenciándose que la consideración del efecto de los modos superiores de vibración en la respuesta dinámica de las columnas, a través de la inclusión del factor de magnificación dinámica (ω) y la relación entre la resistencia máxima probable de las vigas y columnas (factor ϕ_0) para equilibrar sus resistencias a flexión, tuvo influencia importante en la mayor eficacia del enfoque por nodos propuesto por la norma NZS en comparación con el de la norma ACI para alcanzar la CFVD, especialmente en el caso de 12 niveles, con mayor período de vibración. Sin embargo, en ambas propuestas se logró evitar la formación de algún mecanismo de piso indeseable.

En este mismo estudio, adicionalmente se evaluó el efecto de la carga axial en el endurecimiento por deformación del acero de refuerzo de las columnas (κ_{col}) para ambos casos de 3 y 12 niveles, de acuerdo con los diseños de los miembros obtenidos al emplear la norma NZS 3101 y con base en los resultados alcanzados por Haselton et al. (2007). La metodología

consistió en obtener para las máximas cargas axiales de cada columna, el correspondiente valor del factor de endurecimiento, siendo luego todos los valores promediados para obtener un valor global por el cual reducir la resistencia de todas las columnas con base en los diseños obtenidos inicialmente. Los resultados mostraron que considerar un valor promedio del endurecimiento por deformación del acero de refuerzo de las columnas (ver imagen 7), permitió reducciones de hasta 17% en la cuantía del acero de refuerzo longitudinal obtenida del enfoque de la norma NZS 3101, lográndose para el pórtico de 3 niveles, el mismo mecanismo de colapso plástico original, con rótulas plásticas en la base de las columnas del nivel inferior y extremo superior de las columnas del nivel techo, mientras que para el pórtico de 12 niveles se alcanzó un mecanismo de colapso intermedio, ya que se formaron rótulas plásticas en 4 extremos de columnas, en el extremo superior de las columnas centrales del nivel 7 y en el extremo inferior de una columna externa del nivel 1, para el sismo extremo, siendo el mecanismo ideal el obtenido para el sismo de diseño. Sin embargo, el me-

Imagen 7. Valores de $\kappa_{col} (M_c/M_y)$ sugeridos de acuerdo con la altura de la edificación para $f'_c = 250 \text{ kgf/cm}^2$



Fuente: Elaboración propia.

canismo de colapso intermedio resultante, no comprometió la estabilidad de la edificación.

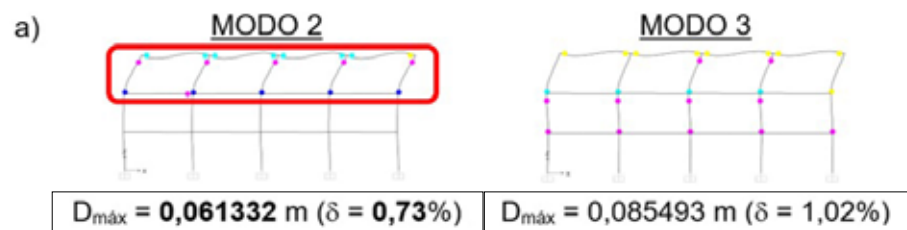
Enfoque “por nivel”

Como parte de este trabajo se realizó el estudio de pórticos de concreto reforzado de 3 y 12 niveles, con el objetivo de evaluar el efecto que los modos superiores de vibración pudieran tener en la eficacia del planteamiento por nivel, originalmente propuesto por el SEAOC, para alcanzar la CFVD (Loges y Marinilli, 2023). Para seleccionar el modo de vibración más determinante en la respuesta dinámica de ambos casos, el estudio se apoyó en el trabajo de Paret et al. (1996), quienes propusieron un Índice Modal Crítico (MCI) acotado entre 0 y 1, siendo

el modo que resulte con mayor MCI el más influyente, es decir, el modo en el cual se alcance el desempeño esperado asociado con un menor valor del desplazamiento global de la edificación. De esta manera, los modos de vibración con mayores valores de MCI resultaron el modo 2 para el pórtico de 3 niveles y el modo 3 para el caso de 12 niveles.

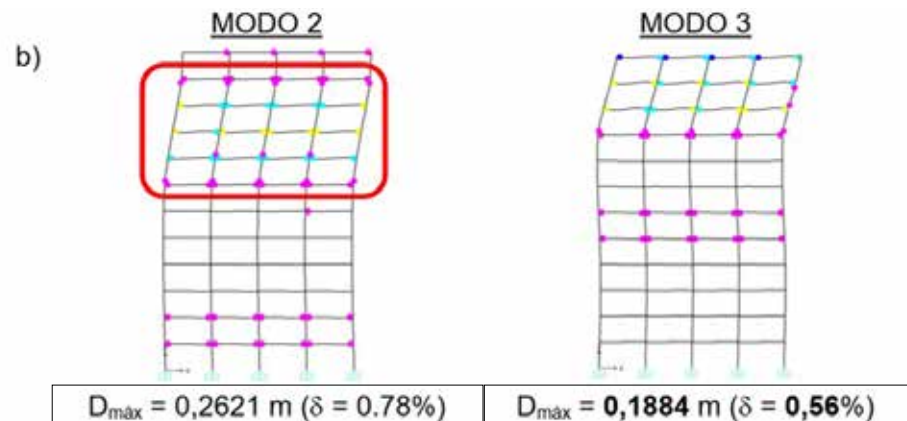
Se llegó a la conclusión de que el enfoque por nivel propuesto por SEAOC resultó ineficaz para evitar la aparición de mecanismos de piso, al formarse mecanismos de piso intermedios en los niveles correspondientes al tercio central de ambos pórticos de 3 y 12 niveles (ver imágenes 8a y 8b). Por ello, se consideró la incorporación en el enfoque por nivel de un factor para con-

Imagen 8a. Formación de rótulas plásticas y niveles de desempeño (LS, color cyan) para los modos de vibración 2 y 3, desplazamientos laterales del nivel techo y deriva global: 3 niveles



Fuente: Loges y Marinilli, 2023.

Imagen 8b. Formación de rótulas plásticas y niveles de desempeño (LS, color cyan) para los modos de vibración 2 y 3, desplazamientos laterales del nivel techo y deriva global: 12 niveles



Fuente: Loges y Marinilli, 2023.

siderar el efecto de los modos superiores de vibración a la propuesta por nivel del SEAOC, el cual se identificó en este trabajo con letra Ψ , dependiente de la altura (H) de la edificación, y el cual fue obtenido al ir aumentando paulatinamente el valor de β (ver Ecuación 2) en los casos de estudio hasta alcanzar un mecanismo de colapso ideal o el nivel de daño esperado. En la imagen 9 se aprecia el diagrama propuesto para Ψ .

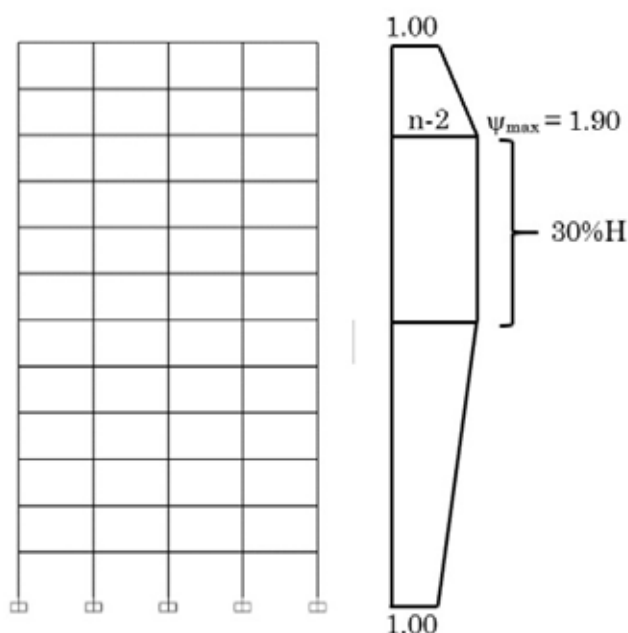
Conclusiones y recomendaciones

Luego de haber analizado en este estudio pórticos regulares de concreto reforzado de 3, 7 y 12 niveles, a los cuales se les realizaron análisis estáticos y dinámicos no lineales con el principal objetivo de evaluar la eficacia de la propuesta por nivel para la CFVD fundada en el planteamiento propuesto por SEAOC en el *Blue Book* del año 1999, se ha podido llegar a las siguientes conclusiones:

1) De los dos enfoques propuestos por la norma NVF 1753-2006, por nodos y por nivel, basados en la norma ACI 318 y documento SEAOC *Blue Book* 1999, respectivamente, ninguno resultó completamente eficaz para generar la CFVD en pórticos regulares de concreto reforzado, especialmente en los niveles intermedios de los casos de estudio, apareciendo mecanismos de piso intermedios en un gran número de casos. Muchas normas internacionales se basan en la propuesta por nodos ACI 318 con variaciones del valor indicado para α . Aun cuando esas variaciones del valor de α resultan superiores al valor propuesto por ACI 318 de 1,20 para la CFVD, en muchos trabajos se concluye que no se pudo evitar la formación de mecanismos de piso en los casos de estudio analizados.

2) El enfoque planteado por la Norma de Nueva Zelanda basado en un diseño por capacidad, con la consideración de varios factores para incluir, entre otras cosas, la sobrerresistencia de los aceros de refuerzo longitudinales de las vigas (ϕ_o) y el efecto de los modos su-

Imagen 9. Valores propuestos de Ψ de acuerdo con la altura (H) de la edificación para considerar el efecto de los modos superiores de vibración en el valor de β empleando el enfoque por nivel SEAOC para la CFVD



Fuente: Loges y Marinilli, 2023.

periores de vibración (ω), permitió alcanzar la CFVD y un mecanismo de colapso plástico ideal en todos los casos de estudio. Esto sugiere que incorporar estos factores en las propuestas por nodos basadas en el planteamiento del ACI 318, pudiera mejorar su eficacia y evitar la formación de mecanismos de piso en un mayor número de casos de estudio.

3) La propuesta por nivel planteada por SEAOC en el *Blue Book*, edición del año 1999, mostró eficacia para alcanzar la CFVD en un cierto número de casos de estudio. Sin embargo, y especialmente al incorporar el efecto de los modos superiores de vibración, aparecieron mecanismos de piso en los niveles intermedios de los casos estudiados, no lográndose alcanzar la CFVD en ninguno de ellos. Pese a esto,

los resultados indicaron también que se puede tomar en consideración como un enfoque válido para evaluar la CFVD en pórticos de concreto reforzado, analizando la posibilidad de mejorar su eficacia al incorporar factores para considerar el cambio que ocurre en las propiedades dinámicas de las edificaciones cuando están sometidas a la acción sísmica y la sobrerresistencia de los aceros de refuerzo de las vigas.

Finalmente, es oportuno mencionar que el auge de programas de computación con altas capacidades de procesamiento ha permitido realizar análisis no lineales avanzados a casos

de estudio como, por ejemplo, estáticos adaptativos y dinámicos incrementales, pudiéndose adicionalmente incorporar modelos de histéresis complejos para la caracterización de las propiedades inelásticas de los miembros estructurales y materiales. Esto, claramente, abre el camino a análisis más detallados, los cuales pudieran conducir a la consideración de factores α y β variables, ajustados a la singularidad de cada edificación. En consecuencia, se aumentaría la eficacia de los actuales enfoques por nodos y nivel para alcanzar la CFVD en pórticos de concreto reforzado.

Referencias bibliográficas

- ACI-American Concrete Institute (1971). *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-71)*. Michigan, Estados Unidos.
- ACI-American Concrete Institute (1983). *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83)*. Michigan, Estados Unidos.
- ACI-American Concrete Institute (2005). *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-05)*. Michigan, Estados Unidos.
- ACI-American Concrete Institute (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318R-19)*. Michigan, Estados Unidos.
- ACI-American Concrete Institute (2022). *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-19(22))*. Michigan, Estados Unidos.
- ACI-American Concrete Institute (2016). *Guide to Nonlinear Modeling Parameters for Earthquake - Resistant Structures (ACI 374.3R-16)*. Michigan, Estados Unidos.
- Ancheta et al. (2013). *PEER NGA-West2 Database (PEER Report 2013/03)*. Pacific Earthquake Engineering Research Center-PEER, Ed. Berkeley, California.
- Arnal, H. y Epelboim, S. (1984). *Manual para el proyecto de estructuras de concreto armado para edificaciones*. Ministerio de Desarrollo Urbano-MINDUR. Caracas.
- ASCE/SEI. (2017a). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (7-16)*. Estados Unidos.
- ASCE/SEI. (2017b). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings (41-17)*. Estados Unidos.
- Cagurandan, C. K. (2015). Effects of Strong Column - Weak Beam Ratios on Collapse Capacities of Tall Reinforced Concrete Moment Frame Structures. Tesis Doctoral, Berkeley.
- COVENIN. (1987). *Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño (1753-87)*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.

- COVENIN. (1988). *Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones (2002-88)*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. (2001). *Edificaciones Sismorresistentes 1756-1:2001*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
- COVENIN. (2019). *Construcciones sismorresistentes (2da. revisión) 1756-1:2019*. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Caracas, Venezuela.
- De Gouveia, G. (2015). Evaluación del riesgo sísmico en puentes y tramos elevados. Tesis de Maestría, Universidad Central de Venezuela (UCV), Caracas.
- Dooley, K., & Bracci, J. (2001). Seismic evaluation of column - to - beam strenght ratios in reinforced concrete frames. *ACI Structural Journal*, Vol. 98, nº 6: 843-851.
- EN 1998-1 (2003). *European Committee for Standardization. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings*. Draft January 2003. Bruselas.
- FEMA-NIBS (2012). *Multi-Hazard Loss Estimation Methodology. Earthquake Model. HAZUS-MH 2.1. Technical Manual. Federal Emergency Management Agency (FEMA) and National Institute of Building Sciences (NIBS)*. Washington D.C., Estados Unidos.
- FONDONORMA. (2006). *Norma Venezolana NVF 1753-2006. Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*. Caracas, Venezuela.
- GB50011-2010. (2010). *Chinese code for seismic design of buildings*. Beijing.
- Haselton, C. et al.(2007). *Beam - column element model calibrated for predicting flexural response leading to global collapse of RC frame buildings*. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER). Escuela de Ingeniería - Universidad de California, Berkeley.
- Haselton, C. & Deierlein, G. (2008). *Assessing seismic collapse safety of modern reinforced concrete moment - frame buildings (PEER Report 2007/08)*. Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER), Escuela de Ingeniería - Universidad de California, Berkeley.
- IS (2014). *Ductile Design and Detailing of Reinforced Concrete Structures Subjected to Seismic Forces - Code of Practice*. Indian Standard 13920.
- Loges, S., y Marinilli, A. (2018a). Evaluación de la Condición Columna Fuerte - Viga Débil según el Procedimiento 2 de la Norma Venezolana NVF 1753:2006 en Edificaciones Regulares de Concreto Reforzado. XXXVI Jornadas de Investigación IDEC, FAU-UCV, pp.: 100-112.
- Loges, S. y Marinilli, A. (2018b). Evaluación del Procedimiento 2 de la Norma Venezolana Fondonorma NVF 1753:2006 para Generar la Condición Columna Fuerte Viga Débil Mediante Análisis No Lineales. JIFI 2018. Jornadas de Investigación, FI-UCV.
- Loges, S. y Marinilli, A. (2020). Evaluación probabilística de la condición columna fuerte - viga débil empleando el procedimiento 2 de la Norma NVF 1753:2006. Trienal de Investigación FAU-UCV 2020.
- Loges, S. y Marinilli, A. (2023). Evaluación del efecto de los modos superiores de vibración en la verificación de la condición columna fuerte viga débil según el enfoque por nivel. XXXVIII Jornadas de Investigación IDEC-FAU-UCV.
- Marinilli, A. (2011). Evaluación de los Procedimientos 1 y 2 de la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 para Obtener la Resistencia Mínima a Flexión de las Columnas en Edificios Bajos de Concreto Reforzado. Trabajo de Ascenso para Ascender a la Categoría de Profesor Titular, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Marinilli, A. (2012). Evaluación de los procedimientos de la Norma Venezolana Fondonorma 1753:2006 para generar la condición "columna fuerte - viga débil". Jornadas de Investigación JIFI-EAI (26 - 30 de noviembre 2012). Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Marinilli, A. (2014). Evaluación de la Condición "Columna Fuerte - Viga Débil" en Pórticos de Concreto Reforzado Mediante Análisis Estáticos No Lineales. Congreso Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CINEMICS). Caracas.

- Marinilli, A. (2017). Evaluación probabilística de la condición "columna fuerte viga débil". Trienal de Investigación FAU 2017. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Medina, R., & Krawinkler, H. (2005). Strength demand issues relevant for the seismic design of moment - resisting frames. *Earthquake Spectra* (May 2005): 415 - 439.
- NEHRP (2017). *Recommended Modeling Parameters and Acceptance Criteria for Nonlinear Analysis in Support of Seismic Evaluation, Retrofit and Design* (NIST GCR 17-917-45) .
- Nie, X. et al.(2020). The strong column - weak beam design philosophy in reinforced concrete frame structures: A literature review. *Advances in Structural Engineering*, 23 (16): 3566 - 3591.
- NSR-10 (2010). *Reglamento Colombiano de la Construcción Sismorresistente. Título C. Concreto Estructural*. Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismorresistentes. Bogotá, Colombia.
- NTC RSEE (2017). *Norma Técnica Complementaria para la Revisión de la Seguridad Estructural de Edificaciones*. México.
- NZCS-The New Zealand Concrete Society (2008). *NZS 3101 - Red Book, Seminar Series 2008*. Nueva Zelanda.
- NZS 3101. (2006). *Concrete Design Committee P 3101. NZS 3101: Part 1: 2006. Concrete Structures Standard. Part 1: The Design of Concrete Structures*. The New Zealand Concrete Society. Nueva Zelanda.
- Paret et al.(1996). Approximate inelastic procedures to identify failure mechanisms from higher mode effects. (E. S. Ltd, Ed.) Eleventh World Conference on Earthquake Engineering (WCEE).
- Rodríguez M., S. (2015). Análisis de la relación de resistencias de vigas y columnas que concurren a un nudo en estructuras porticadas de hormigón armado. Tesis de Maestría en Ingeniería Sísmica: Dinámica de Suelo y Estructuras, Universidad Politécnica de Madrid.
- Romay, V. (2016). Influencia de los factores de resistencia columna - viga en el desempeño y consumo de material en pórticos especiales de concreto armado resistentes a momento. Tesis de Maestría en Ingeniería Estructural, Universidad del Zulia, Maracaibo.
- Rosenblueth, E. (1975). "Point Estimates for Probability Moments", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* Vol. 72, Nº 10, pp. 3812 - 3814.
- SEAOC-Structural Engineers Association of California (1999). *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary (Blue Book)*. Seismology Committee (Seventh Edition ed.).
- SEAOC-Structural Engineers Association of California (2019). *Blue Book: Seismic design recommendations*. Seismology Committee. Sacramento, California.
- SENCICO-Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2009). *Norma E.060 Concreto Armado*. Lima, Perú.
- Shiohara, H. et al.(2012). Seismic damage of a nine story RC residential building in Sendai designed by old seismic codes. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012*. Tokio, Japón.
- Shiohara, H., & Kusuhara, F. (2010). An overlooked failure mechanism of reinforced concrete beam - column joints. *Proceedings of the 9th U.S. National and 10th Canadian Conference on Earthquake Engineering*. Toronto, Canadá.
- Sudarsana, K. (2014). Effect of column to beam strength on performance of reinforced concrete frames. *The 1st International Conference on Engineering Technology and Industrial Application (ICETIA)*, pp.: 139-145. doi:10.13140/RG.2.1.2161.9369.
- Sunayana, S. (2014). Moment Capacity Ratio at Beam-Column Joint in a regular RC Framed Building. Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Tecnología, Departamento de Ingeniería Civil, Rourkela, India.
- Surana, M. et al. (2018). Effect of strongcolumn weakbeam design provision on the seismic fragility of RC frame buildings. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, nº 10, pp.: 131-141.

- Tian, H. & Yinfeng, D. (2020). "Comparison of yield mechanism of strong column - weak beam of reinforced concrete frame structure". *Vibroengineering PROCEDIA*, nº 33, 39-43.
- Vielma, J.; Barbat, A. y Oller, S. (2009). "Umbrales de daño para estados límite de edificios porticados de concreto armado diseñados conforme al ACI 318 / IBC 2006". *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 8(2), pp: 119-134.
- Zhang, C., & Tao, M.-X. (2021). "Research of strong-column-weak-beam criteria of reinforced concrete frames subjected to biaxial seismic excitation". *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, Nº 15(2), pp.: 68-83.

V Trienal de Investigación en Arquitectura 2024

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV)

Dra. Arq. Alejandra González
Coordinadora de investigación
Facultad de Arquitectura y Urbanismo-FAU
<https://orcid.org/0009-0000-0617-2135>

Esp. Arq. Beverly Hernández
Coordinadora de investigación
Instituto de Desarrollo Experimental
de la Construcción-IDEC
<https://orcid.org/0000-0003-1960-7315>

El lunes 4 de noviembre de 2024 inauguramos la **V Trienal de Investigación en Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela** dando continuidad a la Semana Internacional de Investigación celebrada en 2008, precursora de las cuatro Trienales de 2011, 2014 y 2017 y 2020 (las dos últimas a distancia y la última en plena pandemia).

Después de diez meses de arduo trabajo –que contempló las distintas fases de ideación, planificación, reflexión y ejecución– logramos el hecho concreto y tangible. Prácticamente un año de trabajo que tuvo su comienzo con la evaluación diagnóstica de la actividad de investigación en la FAU, la que nos permitió conocer el estado real de esta importante actividad académica.

En una coyuntura como la actual, después de años de inexistente financiamiento para la investigación, sueldos irrisorios, pandemia e inestabilidad social, plantearse tal reto resultaba temerario. Los datos de este proceso de evaluación diagnóstica demostraron lo intuido, la investigación había disminuido su productividad y la difusión y vinculación con otras instituciones académicas estaba en mínimos inimaginables.

Cuando comenzamos a idear la TRIENAL parecía un sueño inalcanzable realizar un evento internacional. Sin presupuestos ni patrocinios, tal realidad se convirtió en motor y estímulo para trabajar con más ahínco en el siguiente paso, la sensibilización de nuestra comunidad hacia la importancia de la investigación, el establecimiento de alianzas, asociaciones y colaboraciones. Nuestro *slogan* “sembrando cultura de investigación en tiempos de transformación curricular”, comenzó a moverse por todos los rincones de nuestra facultad y a ser pronunciado por muchos.

La convocatoria a la Trienal FAU 2024 alcanzó en su primera etapa de arbitraje de resúmenes, 95 trabajos de los cuales fueron aprobados 72. En la segunda etapa de arbitraje el Comité Científico recibió 33 ponencias desarrolladas *in extenso* de las cuales, después de un riguroso proceso de selección, fueron aprobadas 30 cubriendo las 6 áreas temáticas de investigación de nuestra Facultad.

Esta TRIENAL no fue solo un evento de investigadores para investigadores, sino que amplió sus dimensiones académicas, se extendió a

la participación de los estudiantes mediante diversas actividades y se convirtió en una gran fiesta, donde todo el conocimiento que se construye en nuestros institutos y áreas de conocimiento de la Escuela, en los diversos espacios de nuestra FAU, se hizo sentir y alcanzó nueva significación y trascendencia cognitiva y emotiva en nuestra realidad.

Así, fueron concebidas y diseñadas otras actividades complementarias a las ponencias académicas: la exposición de carteles de pre y postgrado, los recorridos de aprendizaje, cine foros, rizomas de discusión, dispositivos e instalaciones expositivas innovadoras, rotulación de objetos cotidianos, etc., que pudimos disfrutar a lo largo del evento (imágenes 1 y 2).

La puesta en escena de estas diversas actividades complementarias se convirtió en un escenario de reflexión sobre lo que somos, un lugar de encuentro y resignificación de nuestras actividades y formas de relacionarnos –y también– de reconstrucción de nuestra identidad. Pero además demostró cómo ser innovadores y respetuosos, y cómo aplicar los valores de la sostenibilidad y la economía circular en una edificación que en el año 2000 la UNESCO tituló Patrimonio de la Humanidad. Es así como nuestros objetos cotidianos se reorganizaron para alcanzar otros significados y dialogaron con nuevos dispositivos y materiales emergentes.

La exposición que acompañó durante toda la semana el evento académico alojó y representó a todos los miembros de nuestra comunidad y su quehacer investigativo, permitiéndonos reconocernos, hibridarnos y fortalecer nuestros vínculos. De esta manera, la TRIENAL de Investigación FAU 2024 fue un lugar efímero pero inolvidable, de impulso y estímulo, que nos invitó a evolucionar como investigadores, docentes y estudiantes (imágenes 3, 4 y 5).

Este logro solo fue posible con el trabajo comprometido y responsable de las coordinaciones de investigación de: la Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva-EACRV, del Instituto de Urbanismo-IU y del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC, bajo la responsabilidad de las profesoras Izaskun Landa, Carola Herrera y

Imagen 1. Segundo día de exposición



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 2. Cuarto día de exposición



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 3. Día inaugural



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 4. Afiches de la exposición



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 5. Afiches de la exposición



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 6. Comité Organizador de la Trienal FAU 2024



De izquierda a derecha: Prof. Izaskun Landa (coordinadora de Investigación de la EACRV), Sra. Leyma Luces (auxiliar docente IU), Prof. Alejandra González (coordinadora de Investigación FAU), Prof. Beverly Hernández (jefe del Departamento de Investigación IDEC) y Prof. Carola Herrera (jefe del Departamento de Investigación y Extensión del IU). Fotografía: Leonardo Alvarado

Beverly Hernández, respectivamente, y el apoyo incondicional de la Sra. Leyma Luces, además de las diversas instancias de la FAU, Coordinaciones, Consejo de Facultad y Direcciones, el Comité Organizador (imagen 6), el Comité Científico de la Trienal y el apoyo y respaldo incondicional de nuestro Decano el profesor Dr. Javier Caricatto y de las autoridades centrales, el Rector Dr. Víctor Rago, la Vicerrectora Académica Dra. María Fátima Garcés y el Vicerrector Administrativo Dr. José Balbino León.

Las complejidades administrativas de una institución tan antigua y compleja como la UCV y las dificultades para obtener insumos económicos para financiar el evento, se convirtieron en un reto que exigió nuestra mayor astucia y creatividad para que, por medio de alianzas e intercambios, se hiciera posible no solo el aspecto académico de la TRIENAL sino la maravillosa exposición que la acompañó.

Para ello contamos con aliados y colaboradores que mostraron gran generosidad y entrega: GBG Arts, Acnovo, Modusistemas, Nodos Mall, Café Fagro, Cervezas Merolo, a los diseñadores gráficos Jac Mendoza y José Manuel Colmenares, la Profa. Maura Gaspar del Vicerrectorado Administrativo y por supuesto nuestro gran equipo de apoyo administrativo y de la Coordinación de Extensión de la FAU.

La convocatoria

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela invitó a investigadores, docentes y profesionales de la arquitectura, el urbanismo y áreas afines, a participar en la TRIENAL DE INVESTIGACIÓN FAU 2024, evento de divulgación científica, en donde confluyen las XXXIX Jornadas del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC y las Jornadas del Instituto de Urbanismo 2024-IU, cuya realización tuvo lugar en noviembre de 2024, bajo la modalidad mixta, con actividades a distancia y presenciales en las dependencias de la Facultad.

“Sembrando cultura de investigación para la transformación curricular”

El mundo está transformándose vertiginosamente a cada instante frente a nuestros ojos. Las tecnologías informáticas, las redes sociales, la denominada inteligencia artificial, los movimientos migratorios y las hibridaciones de toda índole transmutan nuestra materialidad en nuevas realidades. La investigación con rigor científico y la educación a todos los niveles, debe acompañar este proceso y debería –incluso– anticiparlo. Para formar a los profesionales requeridos y dar eficiente respuesta a la sociedad, la Universidad en general y la UCV en particular, siendo la primera universidad de nuestro país, adquiere un papel protagónico en este escenario.

La investigación y la transformación curricular son aspectos inseparables que demandan nuevas miradas hacia los objetos, fenómenos y realidades que nos rodean. Es un reto insoslayable. Es por ello que la

TRIEINAL DE INVESTIGACIÓN FAU 2024 ha querido plantear este tema central: “*Sembrando cultura de investigación para la transformación curricular*” como motivador e inspirador de nuevas reflexiones y planteamientos ante esta complejidad. La teoría y la proyección arquitectónica, la ciudad y la sociedad, las tecnologías constructivas, la informática y la representación gráfica, el ambiente y la sostenibilidad, así como la historia y el patrimonio –y muchos otros temas– deben dialogar, intercambiar, desarrollar lo curricular, reflexionar y desarrollar terrenos fértiles para producir conocimiento y posicionarse para innovar nuestra realidad.

En tal sentido, se invitó a la comunidad académica a participar en nuestro evento de divulgación científica haciendo un llamado a que los trabajos participantes se inscribieran dentro de los siguientes ejes temáticos:

- **Ambiente y sostenibilidad**
Ante el carácter transformador de la Arquitectura en su relación con el ambiente –y su incidencia en la calidad de la vida de quienes lo habitan–, la propuesta es sostener la coexistencia e interacción del hecho arquitectónico con su contexto socio-físico y responder así a las necesidades humanas actuales, garantizando la subsistencia de las generaciones futuras.
- **Ciudad y sociedad**
El fenómeno urbano debe ser visto como un todo que comprende procesos dinámicos de naturaleza física, económica y social, de cuya irresoluta imbricación forman parte tanto las manifestaciones arquitectónicas como las actividades y funciones de lo cotidiano como elementos fundamentales.
- **Historia y patrimonio**
La variable histórica vista como eje fundamental de análisis en la evolución de las disciplinas arquitectónicas y urbanísticas, comprometidas con la preservación de las distintas manifestaciones de estos campos que hemos heredado del pasado y que constituyen, en el presente, elementos patrimoniales invaluables.
- **Informática y representación gráfica**
Contempla los aspectos de modelado y visualización arquitectónica, desde las especulaciones básicas en lo referente al uso del CAD en imágenes que buscan niveles de realismo como eje de la producción digital, hasta la utilización de la Internet como una nueva herramienta de narrativa visual del discurso arquitectónico y de ciudad.
- **Tecnología constructiva**
Incorpora todas las investigaciones relacionadas con la innovación y el desarrollo tecnológico, los materiales de construcción, los sistemas y aspectos constructivos, los sistemas de gestión de la construcción, los estudios de fallos, defectos y patologías en la construcción, además de calidad de la construcción, construcción sostenible (eco construcción), habitabilidad y edificaciones energéticamente eficientes, entre otros.

- **Teoría y proyección arquitectónica**

Un área designada para recoger la reflexión implícita en la actividad docente y profesional vinculada con el proyecto arquitectónico, donde la búsqueda paciente de quienes la realizan puede ser registrada con un mínimo de rigor y sistematicidad. Abre la oportunidad de reunir diversos productos en los cuales el análisis crítico es utilizado como herramienta fundamental para aproximarse, de manera integral, a la obra edificada o proyectada, a los temas que signan el actuar de un arquitecto o a la comprensión cabal del contexto en el que todo esto sucede.

Las fechas en las que se realizaron las distintas etapas de la convocatoria de la Trienal 2024 fueron las siguientes:

- Convocatoria y recepción de resúmenes: Del 26/02/2024 al 08/03/2024
- Arbitraje de resúmenes: Del 11/03/2024 al 22/03/2024
- Respuestas de arbitraje resúmenes: Del 01/04/2024 al 05/04/2024
- Plazo para extensos: Del 08/04/2024 al 24/05/2024
- Arbitraje de extensos: Del 03/06/2024 al 14/06/2024
- Respuestas de arbitraje extensos: Del 17/06/2024 al 28/06/2024
- Nueva revisión extensos: Del 01/07/2024 al 12/07/2024
- Respuesta definitiva de arbitraje extensos: 15/07/2024

Imagen 7. Afiche promocional



Diseño: Jac Mendoza

Evento: 4 al 8 de noviembre 2024

Sede: Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

El evento académico. Ponencias definitivas presentadas

Luego del riguroso proceso de arbitraje de las 70 ponencias *in extenso* que fueron sometidas a evaluación –responsabilidad de los diversos Comités Científicos por especialidad– quedaron seleccionadas 30 que fueron las presentadas a lo largo de la semana de la TRIENAL 2024.

A continuación, el listado de estos trabajos.

Ponencias presentadas en el área de Ambiente y Sostenibilidad:

- Tipos de enfoques de arquitectura sostenible en sitios urbanos consolidados. Autor: *Jorge Luis Cacique Torres*.
- Conectando comunidades: programa de remediación ecológica, La Floresta, Caracas. Autora: *María Isabel Peña de Urbina*.
- Imaginar la arquitectura paisajista desde el arte y la percepción estética: celebración para evento 75 años de IFLA (Federación Internacional de Arquitectos Paisajistas). Autoras: *Ana Tejera y Beverly Hernández R.*
- Trascender y transformar desde la experiencia del servicio comunitario: Proyecto de acción social-ambiental “Colores y Jardines”. Autora: *Glenda Yépez Betancourt*.

Ponencias presentadas en el área de Ciudad y Sociedad:

- Entre sostenibilidad local y autoproducción. Algunos apuntes sobre el potencial de transformar los espacios públicos comunitarios autoproducidos en Catuche. Autores: *Florinda Amaya, Miguel Feijoo y Marcos Colina*.
- Ni público ni privado, sino espacio comunal. Nuevas conquistas colectivas en los territorios populares. Autora: *Carola Herrera Napoleón*.
- ¿Formalizando la ciudad no-formal? La experiencia de una comunidad organizada en Petare. Autora: *Carola Herrera Napoleón*.
- Caracas y su Ciudad Universitaria. La gestión en la producción del espacio social. Autor: *Newton Rauseo*.
- La repartición de solares y el crecimiento de la trama urbana en los primeros años de la Caracas hispana. Autor: *Héctor Ignacio Torres Casado*.

Ponencias presentadas en el área de Historia y Patrimonio:

- Arquitectura Nacional en América Latina: un enfoque historiográfico. Autor: *Alfonso José Arellano*.
- Transformaciones del espacio doméstico en las primeras décadas del siglo XX en San Salvador. La coexistencia de la casa patio y la casa tipo villa. Autora: *Ayansi Avendaño*.
- Templo de San Baltasar de Los Arias: una solución insólita para el siglo XVIII, Cumanacoa, Edo. Sucre. Autor: *Rafael Caldera*.
- El pabellón de Venezuela en la Bienal de Venecia. Génesis y procesos burocrático y constructivo: 1953-1956. Un aporte documental. Autor: *Javier Alberto Cerisola González*.

Imagen 8. Ponentes del primer bloque del segundo día de ponencias

De izquierda a derecha: Profesores Miguel Feijoo, Florinda Amaya, Newton Rauseo, Carola Herrera y Jorge Cacique.

Imagen 9. Ponentes del segundo bloque del segundo día de ponencias

De izquierda a derecha: Prof. Ma. Isabel Peña, Arq. Ana Enriqueta Tejera, Prof. Beverly Hernández, Prof. Glenda Yépez, Prof. Carlos Pou y Prof. Ricardo Fajardo
Fotografía: Leonardo Alvarado

- Modernidad a varias voces. Los principales protagonistas de la ideación y construcción del Pabellón de Venezuela en la Bienal de Venecia. 1953-1956. Autor: *Javier Alberto Cerisola González*.
- El Palacio de Gobierno de 1930: una relevante muestra de tradición y modernidad en la ciudad de Cumaná. Autora: *María Córdova*.
- Tiempos y espacios de la teoría e historia de la arquitectura: la experiencia de la Universidad Simón Bolívar. Autores: *Lorenzo González Casas* y *Henry Vicente Garrido*.
- Caracas entre siglos: la modernización urbana en los planos de Ricardo Razetti 1898-1929. Autor: *Iván Humberto González Viso*.
- Arquitectura en Venezuela durante los años 80 del siglo XX. Crisis, postmodernismo, peatonalización urbana y nuevas tendencias en la profesión. Autor: *Hernán Lamedá*.
- El Superbloque Multicelular de 1954, un modelo de vivienda multifamiliar para obreros venezolanos. Autora: *Beatriz Meza Suinaga*.
- Caripito. Testimonio del urbanismo y arquitectura petrolera en el oriente venezolano (1920-1963). Autora: *Yaneth Cristina Ortiz Palomo*.
- Contribuciones del Ingeniero Miguel González Dávila en el equipamiento edilicio de la Capitanía General de Venezuela (1773-1792). Autor: *Francisco Alfonso Pérez Gallego*.
- Arquitectura y escritura en José Miguel Roig: relaciones constantes en evolución permanente. Autores: *Henry Vicente Garrido* y *Lorenzo González Casas*.
- La coyuntura internacional como oportunidad: Albertoni y la casa Los Borges. Autores: *Jorge Villota* y *Orlando Marín*.

Imagen 10: Prof. Sigfrido Loges, ponente del cuarto día de ponencias



Fotografía: Beverly Hernández.

Ponencias presentadas en el área de Tecnología Constructiva:

- Iluminación cenital para cubiertas de aulas escolares. Caso de estudio: Escuelas FEDE, Sistema Constructivo VEN III. Autora: *Jenny Morella Franco García*.
- Re-habitando lo remodelado: intervenciones constructivas en el espacio residencial. Autora: *Beverly Hernández R*.
- Incidencia del endurecimiento por deformación del acero de refuerzo longitudinal de vigas en la verificación de la condición columna fuerte viga débil por nivel en pórticos regulares de concreto reforzado. Autores: *Sigfrido Loges y Ángel Marinilli*.

Ponencias presentadas en el área de Teoría y Proyección arquitectónica:

- Perspectivas construidas: el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV fotografiado por Paolo Gasparini. Autor: *Ricardo Fajardo Maneiro*.
- La dimensión proyectual dialógica. Una propuesta integral desde la disciplina de la arquitectura. Autora: *Beatriz Hernández S*.
- Data proyectual decodificada. Diferencias de la herencia arquitectónica: consumo informacional o gestión cognoscente. Autor: *Ángel Ramón Peña Villegas*.
- Juan Pedro Posani, itinerario teórico y proyectual. Primeros apuntes: la figura de Rossi como antagonista. Autor: *Carlos Pou Ruan*.

Rizomas de discusión

El rizoma de discusión es una figura creada bajo la influencia de las teorías formuladas por Deleuze y Guattari y de los planteamientos de Bruno Latour en relación con la TAR (Teoría del Actante Rizoma).

La Teoría del Rizoma, desarrollada por Gilles Deleuze y Félix Guattari, es una metáfora filosófica derivada de la botánica. En la naturaleza, un rizoma es un tipo de raíz que crece horizontalmente bajo la tierra, formando redes y conexiones en múltiples direcciones. Estas ideas han sido aplicadas en múltiples campos como: el desarrollo tecnológico, la innovación, la sociología, etc.

En este caso quisimos llevar esta idea a la creación de un método de discusión que permitiera un abordaje menos formal, más lúdico y dinámico de reflexión. Salirnos del consabido debate, foro o conversatorio.

Objetivo:

Proponer y ofrecer un lugar y una modalidad de confrontación creativa para la movilización del pensamiento, sobre diversos temas vinculados al quehacer académico en nuestra Facultad de Arquitectura y Urbanismo con el objeto de obtener nuevas e innovadoras formas de ver nuestra actividad.

Imagen 11. Organización del espacio para los rizomas de discusión



Fotografía: Georgina Ortiz

Imágenes 12 y 13. Tercer rizoma de discusión: Innovación curricular y currículo oculto: ¿Realidad o ficción?



Fotografía: Georgina Ortiz

Actantes y roles:

Coordinador del Rizoma: Responsable de proponer el tema y organizar la programación, convocar a los actantes y hacer seguimiento de la actividad. Al inicio es quien presenta a los actantes, introduce el tema y hace un primer sondeo exploratorio sobre las ideas o percepción que los participantes tienen sobre el tema. En esta primera etapa no deben participar los Actantes, y el Coordinador debe evitar asumir posturas que develen sus opiniones sobre el tema.

Actante 1: Propondrá un enfoque específico y argumentará su perspectiva.

Actante 2: Propondrá un enfoque antagónico o diverso y argumentará su perspectiva.

Participantes: Intervendrán en la discusión apoyando o antagonizando las propuestas de los actantes o incluso proponiendo nuevos modos de ver.

Relator: El relator tiene como responsabilidad llevar el registro de la actividad en su totalidad a los fines de presentarla para la publicación digital. Se proponen métodos diversos de registro: grabación, filmación, toma de fotos, transcripción o simplemente apuntes sobre la actividad (imágenes 11, 12 y 13).

Método o protocolo utilizado:

Los participantes escuchan la introducción que hace el coordinador explicando la metodología y las reglas del juego. Así mismo escuchan de forma activa las propuestas de los Actantes Actantes 1 y 2 (ver nota 1 al final de este documento).

1. El coordinador abrirá el primer sondeo de opiniones, etapa en la cual solo participa el público general. (Estos deben participar brevísimamente a los fines de que haya una participación total en los tiempos previstos).
2. Los Actantes 1 y 2 realizarán su exposición. Procurando argumentar sus ideas de la forma más sustentadamente posible en el tiempo estipulado.
3. Se realizará el segundo sondeo. En el mismo será fundamental que el relator deje constancia clara de la modificación o movilización de los puntos de vista de la primera ronda de sondeo. En este segundo sondeo pueden darse participaciones del público general un poco más extensas, sin que ello implique sobrepasar los tiempos estipulados.
4. El coordinador dirigirá la realización de un cierre por parte de Actante 1 y 2 y luego de ello el cierre final denominado cierre cognitivo y construcción del producto de aprendizaje.
5. El relator leerá los apuntes o ideas generales que constituirán la relatoría.
6. Antes de publicar los resultados del Rizoma de discusión se enviará la relatoría a todos los participantes con la finalidad de que revisen si ven reflejadas de manera adecuada su participación y la percepción general de la actividad.

Duración:

La presentación introductoria no debe exceder los 5 minutos incluyendo las preguntas y aclaratorias. Las intervenciones de los actantes 1 y 2 toman un máximo de 10 minutos. Luego se abre el intercambio en el que participa el público general en los sondeos primero y segundo. Para las actividades de cierre y relatoría se estima un total de 20 minutos. El tiempo general de cada rizoma es de aproximadamente 2 horas. Puede plantearse un intermedio antes de las actividades de cierre.

Feria exposición de instalaciones y dispositivos

Como expresamos al inicio de esta reseña, el deseo del Comité Organizador de la TRIENAL DE INVESTIGACIÓN EN ARQUITECTURA 2024 se orientó a que el evento fuera mucho más abierto y expansivo que en otras oportunidades. Adicionalmente, con el objeto de que la TRIENAL no fuese solo un evento de investigadores para investigadores, se concibió desde el inicio de su planificación la realización de una feria exposición que permitiera expresar de formas más lúdicas, visuales e innovadoras los productos de la investigación (imágenes 14 y 15).

Imágenes 14 y 15. Público en la exposición ubicada en el vestíbulo de la FAU



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 16, 17 y 18. Dispositivos para exposición de publicaciones



Fotografía: Leonardo Alvarado

Fue así como se diseñó una exposición fuera de los formatos tradicionales (*stands*, módulos u otros contenedores conocidos) proponiendo dispositivos e instalaciones en un formato más contemporáneo e innovador. La contemporaneidad –entre sus atributos– posee el carácter efímero de sus propuestas, así como la hibridación de contenidos, la transdisciplinariedad, la diversidad y la sostenibilidad.

En este sentido se creó un conjunto de elementos expositivos que permitieran mostrar en modos diversos los productos de la investigación en la FAU.

1. Se ubicó en PB, frente al Taller Galia, una muestra de productos bibliográficos expuestos en parales de madera sujetos entre piso y techo, para evitar intervenciones dañinas en la edificación patrimonial. Estos parales a su vez sostuvieron artefactos que sujetaban el libro y garantizaban su seguridad frente a hurtos (imágenes 16, 17 y 18).
2. En la planta baja del edificio –desde la entrada principal a la FAU– fueron instalados dispositivos de barras roscadas de acero colgadas de los muros de bloques calados (imágenes 19 y 20), mediante uniones diseñadas para tales fines. Unas hermosas flores de madera tipo MDF cortadas con láser que, por unión a presión, permitieron insertar esos elementos metálicos que sostenían a su vez los carteles de trabajos de Postgrado (imágenes 21, 22 y 23).

En la zona del cafetín, corazón de la actividad informal de nuestra FAU, se realizó un trabajo de unión de las mesas usualmente utilizadas para comer que, reorganizadas de otra forma permitieron crear una nueva e innovadora forma de reunirse y compartir y que a su vez mostraron, rotulaciones adheridas en sus superficies con

Imagen 19. Sistema de soporte de carteles



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 20. Vista frontal de carteles expuestos en el vestíbulo de acceso de la FAU



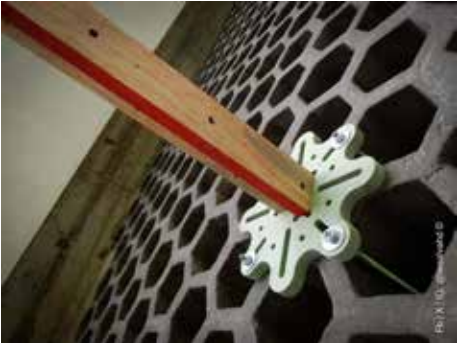
Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 21. Dispositivos para montaje de carteles



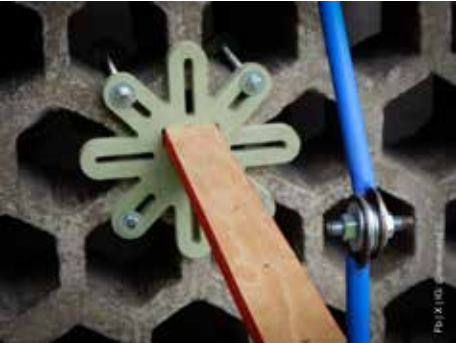
Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 22. Detalle de unión del dispositivo de montaje de carteles



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 23. Detalle de unión del dispositivo de montaje de carteles (Flor de MDF)



Fotografía: Leonardo Alvarado

información atrayente y preguntas disruptivas buscando generar interés y motivación en los visitantes. Con el mismo espíritu se crearon unas pequeñas mesas amarradas a los bloques calados del cafetín, respondiendo a la dinámica existente en el lugar (imagen 24).

3. En lugares como escaleras, bajantes de aguas de lluvia, tabiquería de baños y puertas, también se ubicaron rotulaciones con preguntas sugerentes que ofrecieran una oportunidad de reflexión en los asistentes (imágenes 25 y 26).

Imagen 25. Rotulaciones pegadas en las escaleras de acceso a la torre de la FAU



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 26. Rotulaciones pegadas en los tabiques de los baños de la FAU



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 24. Dispositivo de mesa de café



Fotografía: Georgina Ortiz

Imagen 27. Monitor con presentación de entrevistas a profesores



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 28. Vista frontal de monitores en el vestíbulo de la FAU



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 29. Exposición de carteles



Fotografía: Beverly Hernández

4. En la sala B de Exposiciones se instalaron unos dispositivos a base de madera reciclada para mostrar las investigaciones de la Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva-EACRV. En dicha zona fueron proyectados videos de entrevistas a investigadores emblemáticos de nuestra Facultad entre los cuales figuró nuestra admirada Teolinda Bolívar, quien falleció días antes del inicio de la TRIENAL. Así mismo en esta zona fueron expuestos los materiales y parte del proceso de producción de las diversas uniones que se aplicaron en la totalidad de la exposición (imagen 27).
5. Fueron seleccionados distintos puntos donde se colocaron monitores de TV con información relevante para los investigadores, así como una instalación con entrevistas y fotos en el vestíbulo de la Facultad y en nuestra pequeña concha acústica en el cafetín (imagen 28).
6. En el pasillo de los sectores o áreas de conocimiento de la EACRV fueron ubicados también carteles reseñando diversas investigaciones de la Escuela e institutos, en dispositivos que también, posándose con respeto en los muros divisorios daban a conocer otros aspectos de la investigación en la FAU (imágenes 29 y 30).
7. Tarimas, alfombras, bancos y una diversa gama de elementos y dispositivos facilitaron a nuestros investigadores y visitantes disfrutar de las diversas actividades y áreas de tan hermosa edificación desde nuevos ángulos y formas de experimentarlas (imagen 31).
8. Los Rizomas de discusión se desarrollaron en la sala de lectura anexa a la biblioteca. Allí, con una muy atractiva metodología de acción, se abordó la discusión de tres temas fundamentales respondiendo a un formato más libre y menos académico, que resultó de gran utilidad y arrojó información relevante para continuar definiendo actividades propias de nuestro quehacer universitario.

Imagen 30. Exposición de carteles y tarima de observación



Fotografía: Leonardo Alvarado

Los temas planteados fueron los siguientes: 1) El caso de Bello Campo/El Dorado, ¿una ciudad para la vida o para el negocio?; 2) Arquitectura: ¿física o virtual?, y 3) Innovación curricular y currículo oculto: ¿Realidad o ficción? (imágenes 32 y 33).

Imagen 31. Tarima



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 32. Primer rizoma de discusión



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 33. Vista de un rizoma de discusión



Fotografía: Leonardo Alvarado

En el área anexa a la entrada al auditorio fueron organizados varios cine-foros sobre películas relacionadas con la arquitectura, el urbanismo, la docencia y la investigación, y generar así una nutrida discusión orientada bajo los sabios conocimientos de los profesores Ricardo Sanz de la Escuela de Arquitectura, Ricardo Azuaga y Gabriel Dumont investigadores y críticos del Departamento de Cine de la Escuela de Artes de la Facultad de Humanidades y Educación de la UCV (imágenes 34 y 35).

Imagen 34. Dispositivo de soporte para pantalla del Cine Foro



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 35. Cine Foro



Fotografía: Leonardo Alvarado

Recorridos

En colaboración con un grupo de profesores de la FAU, se definieron seis rutas de recorridos a través de la Ciudad Universitaria, con el propósito de destacar lugares seleccionados desde la perspectiva de la inves-

Imagen 36: Diploma y modelo FAU entregados a los profesores reconocidos



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 37. Acto de apertura del reconocimiento de profesores



Fotografía: Leonardo Alvarado

Imagen 38. Profesores objeto de reconocimiento



De izquierda a derecha: Prof. Beatriz Meza, Prof. Alejandra González (coordinadora del evento), Prof. Izaskun Landa, Prof. Mercedes Marrero, Sra. Leyma Luces (asistente del evento), Prof. Sonia Cedrés de Bello, Prof. Beatriz Hernández S., Prof. Eugenia Villalobos, Prof. Carola Herrera, Prof. Newton Rauseo. Al centro: Arq. Carlos Myers
Fotografía: Leonardo Alvarado

tigación realizada en estos contextos. Este enfoque buscó evidenciar los valiosos aportes de la investigación en diversas áreas de la arquitectura, abarcando temas como la historia de la arquitectura, el paisajismo, la tecnología y la arquitectura hospitalaria, buscando enriquecer la comprensión de la interrelación entre la investigación académica y el entorno arquitectónico.

Reconocimientos

Con el fin de resaltar el compromiso y la excelencia de nuestros académicos en el ámbito de la investigación se llevó a cabo un acto de reconocimiento en el que fueron homenajeados ocho destacados investigadores de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU-UCV). Durante esta ceremonia, se entregaron diplomas y modelos impresos en 3D del emblemático edificio de la Facultad, como símbolo de aprecio por su trayectoria profesional, su dedicación constante y una producción investigativa significativa a lo largo de sus carreras, con especial énfasis en los últimos cinco años. Los profesores objeto de este reconocimiento fueron (en orden alfabético): Alfredo Cilento (IDEC), Beatriz Hernández S. (IDEC), Beatriz Meza (EACRV), Carola Herrera (IU), Eugenia Villalobos (EACRV), Francisco Pérez Gallego (EACRV), Newton Rauseo (EACRV) y Sonia Cedrés de Bello (IDEC) (imágenes 36, 37 y 38).

Esta expresiva diversidad de elementos expositivos que convivieron en forma armónica en nuestra planta baja, fue la propuesta que permitió a GBG Arts interpretar y representar el propósito inicial que el Comité organizador había delineado.

Así entonces, vivimos y experimentamos una semana de intenso intercambio, compartiendo diversión, aprendizaje y conocimiento en construcción de nuevas formas de ver el mundo. Esto solo fue posible luego de un año de arduo y también intenso trabajo de planificación, diseño y producción y de la participación generosa y motivada de un-gran equipo de profesores, personal administrativo, obrero y colaboradores en general.

Notas

1 Cuando hablamos de escucha activa, nos referimos a escuchar con atención y enfoque las demás intervenciones, escoger alguna idea de las planteadas por los actantes y tomar notas a los fines de plantear al final ideas, dudas, reflexiones o propuestas.



Planificación Emergente Programa Coordinado de Mitigación de Riesgos ante Desastres Socio Naturales - COMIR UCV XXX ANIVERSARIO 2025

Dra. Arq. Mercedes Marrero

COMIR UCV / IDEC FAU UCV

<https://orcid.org/0009-0008-7982-8287>

El Programa Coordinado para la Mitigación de Riesgos ante desastres socio naturales COMIR-UCV fue fundado por el Consejo Universitario de la Universidad Central de Venezuela en 1995, como Plataforma de Articulación para impulsar la RRD¹ a través de políticas académico administrativas, con el fin de promover su ejecución por la estructura universitaria –como parte de su Misión– mediante sus actividades de docencia, investigación, extensión y gestión. El próximo 13 de diciembre de 2025 se conmemoran sus primeros 30 años de actividad ininterrumpida.

La consolidación del Programa COMIR-UCV contó con el apoyo de diversas instituciones, tales como la Oficina de Medio Ambiente de la OEA, OPS, EIRD, OFDA, CÁRITAS, REDULAC RRD, RED XIV-G Hábitat en Riesgo, del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología CYTED, así como de instancias gubernamentales nacionales. Destacan algunos eventos realizados por COMIR-UCV para difundir y compartir, tales como la I Conferencia Hemisférica del Sector Educativo para la Reducción de Riesgos ante Desastres Socio naturales en 1997, el 1er Encuentro Educación Superior y Riesgos en el 2000, el 2º Encuentro Nacional y 1º Internacional denominado “Hábitat y Riesgos. El Rol de las Universidades”, en 2005. En este marco se realizó el Curso Internacional de Capacitación en el Diseño e Implementación de un Plan de Mitigación de Riesgo ante Amenazas Naturales de la Infraestructura Física Universitaria, denominado DRUCA, dictado por la OEA, enriqueciendo así el conocimiento y fortaleciendo lazos interinstitucionales.

A partir de 2015 se incorporó la valoración de la RRD como clave para impulsar la aplicación del conocimiento. Se realizó el evento “Universidades y Riesgos, Una Vitrina desde la

UCV. Ciudadanía para la vida. De lo personal a lo global” para brindar un espacio integrador. Más tarde, en el año 2018, se dio inicio a la formación de la comunidad universitaria con el “Curso Introductorio de Ciudadanía Resiliente-CICUR”, como medio de impulsar el arraigo, la

¹ Esta plataforma permite que los gobiernos, las ONG, los científicos, los profesionales en distintos campos y las organizaciones de las Naciones Unidas compartan experiencias y acuerden lineamientos estratégicos para la aplicación del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (<https://www.undrr.org/es/noticias-y-eventos/plataformas-para-la-rrd>).

responsabilidad, la resiliencia y la productividad, mediante la comprensión del rol como agentes de cambio de la sociedad para vivir de manera sostenible, modelando cómo se previene. El prestigio de la Universidad Central de Venezuela propició que diferentes instancias y especialistas dentro y fuera de la universidad participaran en proyectos conjuntos, contribuyendo a impulsar los aportes de COMIR-UCV y su impacto en la sociedad. Esta relación ha permitido la realización de pasantías técnicas, servicio comunitario y el desarrollo de trabajos especiales de grado, que adicionalmente contribuyen con la formación de los futuros profesionales en el área.

La conmemoración del XXX Aniversario de COMIR UCV se produce en medio de un clima de incertidumbre nacional y mundial. Tiene como lema “Planificación Emergente”, considerando la doble acepción de la palabra Emergencia, por una parte entendida como suceso o situación que se presenta de improviso y requiere de una atención inmediata y, por otra parte, el hecho de emerger, en medio de la incertidumbre y la complejidad. El propósito de las actividades programadas durante todo el año para esta celebración es compartir la experiencia de 30 años promoviendo la incorporación de la Gestión de Riesgos ante Desastres en la Universidad Central de Venezuela.

El Programa incluye actividades que promueve COMIR UCV desde su Consejo Central y desde las distintas facultades y dependencias, con objetivos compartidos que apunten a una visión integrativa y a la coherencia entre propuestas y acciones. Se pretende con ello impulsar iniciativas para la reducción de desastres mediante estrategias factibles, basadas en fortalezas existentes, en sintonía con la misión universitaria. La estrategia es visibilizar la malla académico administrativa, como una oportunidad de plataforma colaborativa.

El objetivo primordial es fortalecer la determinación y los mecanismos para modelar el cumplimiento de nuestra misión universitaria de orientar a la sociedad para la preservación de la vida y el desarrollo sostenible, enfatizando la formación en valores éticos que conduzcan a una ciudadanía consciente de su responsabilidad y de la voluntad de ser coherentes.

Cordialmente extendemos una invitación a seguirnos por www.ucv.ve/comir, X, Facebook, Instagram y Canal YouTube de COMIR UCV.

Revista *Arteoficio* N° 19/20 (2023/2024) IA: OTRAS DIDÁCTICAS

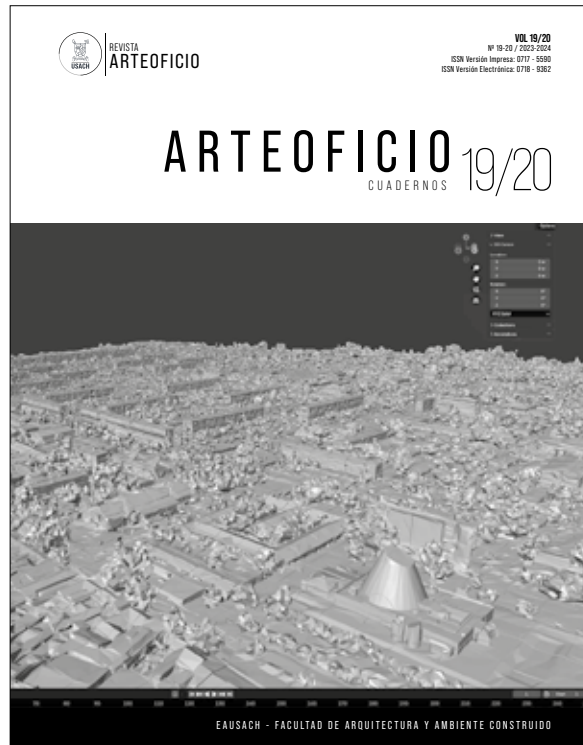
Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago de Chile

ISSN 0717-5590

Correo-e: arteoficio@usach.cl

<https://revistas.usach.cl/ojs/index.php/arteoficio/issue/view/588>

Lic. Helena González
<https://orcid.org/0009-0005-0933-4781>



Contacto principal: Aldo Hidalgo
Escuela de Arquitectura USACH
arteoficio@usach.cl

Arteoficio es una publicación científica editada por la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile, patrocinada y financiada por esa Universidad, institución de educación superior pública sin fines de lucro. Se publica desde el año 2000 a partir de la necesidad de difundir el quehacer académico y la inquietud de crear un lugar de reflexión sobre la enseñanza de la arquitectura y el urbanismo en particular, así como la técnica y el arte en general.

La revista está abierta a contribuciones académicas inéditas, investigaciones, ensayos, memorias y entrevistas que aborden temas y problemáticas del espacio habitado, de la integración entre arquitectura y urbanismo, así como del diseño, de la restauración, del patrimonio material e inmaterial y cultural derivados de la actualidad o del pasado desde un enfoque técnico y social.

Contenido de este número:

Editorial

Presentación

Arq. Pablo Altikes Pinilla

EXPLORACIONES

Roberto Matta: revelaciones del arquitecto y su época

Patricia Méndez / Bárbara Sáez Orrego

Inteligencia Artificial y el futuro de la disciplina de la arquitectura

Rodolfo Jiménez / Rodrigo Martín

Praxis de la neuroarquitectura y su impacto social

María José Araya / Alba Méndez

DIDÁCTICAS

El papel de la IA en los procesos educativos en arquitectura, estudio de casos y consideraciones éticas

Rodrigo Villalobos / Claudia King / Flavio Valassina

INCIPIT. Aproximaciones y transgresiones hacia un léxico compositivo

Marco Moro

Laboratorios de investigación y prototipado, nuevas dinámicas en escuelas de arquitectura

Alexandre Carbonnel / Carla Chacón / Daniel Escobar / María Paz Jiménez / Hugo Pérez

En Desarme: Lavado / despiece / corte

Arq. Pablo Zuñiga + Estudiantes EAUSACH

APLICACIONES

I Torracci. Conservación integrada de un monumento funerario, Osteria Nuova. Italia

Renato Vivaldi Tesser / Antonino Cotugno / Natalia Vásquez

RESEÑAS

Matta 1911-2011

Carlos Inostroza Hernández

Conférences de Rio Le Corbusier au Brésil - 1936

Jaime Retamal

Historia de la Revista

En la primavera del año 2000, a siete años desde la fundación de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago, la comunidad de profesores resolvió que la experiencia didáctica de los talleres de diseño de los primeros años de la carrera, debían ser publicados en una revista. El nombre de la revista fue producto de un concurso de ideas entre los académicos y tiene el objetivo de difundir y preservar el sello institucional resumido en las artes y el oficio: un sello heredado de las dos instituciones referentes de donde emerge la USACH: la Escuela de Artes y Oficios (EAO) y la Universidad Técnica del Estado (UTE).

Así se inicia una colección que perdura hasta hoy con 18 ediciones. En ese período, la revista ha recibido colaboraciones de autores de otros países las cuales se reúnen en artículos de investigación, ensayos, entrevistas y memorias de proyectos de arquitectura provenientes del ámbito profesional o ganadores de concursos para estudiantes. Se publica un número al año, generalmente monográfico, y se reciben contribuciones en castellano, inglés y eventualmente en italiano. La administración de las revistas académicas electrónicas está a cargo de la **Dirección de Investigación Científica y Tecnológica (DICYT)** de la **Vicerrectoría de Investigación, Innovación y Creación (VRIIC)** de la Universidad.

Desde el año 2014 la revista está indexada en la Asociación de Revistas Latinoamericanas de Arquitectura-ARLA, y desde la edición 12 de 2016 se acoge a la revisión de pares externos. El año 2019, en la XXI Bienal de Arquitectura, **Arteoficio** fue destacada como Serie y su edición nº13 como número distinguido.

De la Presentación del último número publicado, **Arteoficio n° 19/20-2023/2024**, identificado el tema como **IA: otras didácticas**, bajo el título: “Los tiempos del pensamiento y la reflexión crítica versus la búsqueda de la instantaneidad artificial” extraemos el siguiente párrafo:

“Este nuevo número de la revista pone en el debate una nueva tecnología y las nuevas exigencias que tenemos como seres humanos para tener una calidad de vida ya no solo buena, sino que además satisfaga anhelos superiores del desarrollo espiritual humano. Lo anterior pone en la discusión una nueva reflexión para la profesión de los arquitectos, una reflexión ‘moral’ que va directamente vinculada a los ‘límites’, abriendo la discusión ya no a exponer el cómo se enseña la arquitectura, sino a cómo la nueva tecnología nos puede eventualmente reemplazar, e incluso hacer mejor nuestro trabajo intelectual, y no sólo manual como comenzó en plena revolución industrial en la Inglaterra de mediados del siglo XIX, y que a finales del siglo XX ya era un hecho en la industria, más precisamente en la automotriz. (...) Este nuevo número de la revista debiera ser el comienzo de un proceso de investigación, estudio y trabajo empírico de la nueva facultad de arquitectura de la Universidad de Santiago que dé cuenta, al igual que BostonDynamics, de hacia dónde podemos llegar o hacia dónde vamos, de lo cual mucho se habla pero no se sistematiza en publicaciones científicas que respalden el camino que hemos encontrado como humanidad y del que no tenemos ninguna idea o conciencia de cuáles serán las consecuencias sociales y profesionales, el valor de nuestras ideas, pensamientos y desarrollos profesionales en el corto plazo y no en el largo como se acostumbraba hablar de los avances tecnológicos” (Arq. Pablo Altikes Pinilla, **Arteoficio** N° 19/20, 2023/2024, pp. 5-11).

En nombre de todo el equipo editorial expresamos nuestro agradecimiento por la colaboración prestada a los académicos universitarios que se desempeñaron como árbitros y evaluadores de los artículos que se publican en este número de *Tecnología y Construcción* n°37-I, año 2025, así como nuestro reconocimiento por la calidad de su trabajo. A todos muchas gracias.

Dr. Arq. Gerardo Rafael Páez

Profesor, Asociado, Adscrito al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

<https://orcid.org/0000-0001-5718-1488>

Dr. Ing. María Eugenia Marante G.

Profesora Jubilada, directora de las Escuelas de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica de la Universidad Metropolitana de Caracas. Miami, Florida, Estados Unidos.

<https://orcid.org/0000-0002-5046-0262>

Dr. Ing. Alonso Romero

Profesor, investigador a dedicación exclusiva, categoría Asociado, Adscrito a la Facultad de Ingeniería de la UCV.

<https://orcid.org/0009-0001-2500-9031>

Dra. Arq. Melin Nava H.

Profesora, investigadora a dedicación exclusiva, categoría Agregado, adscrita a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV. Coordinadora de Posgrado FAU-UCV.

<https://orcid.org/0009-0004-5545-1770>

Arq. Gustavo Izaguirre

Profesor Agregado del área de Tecnología de la Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva de la FAU-UCV. Ex Decano de la FAU-UCV 2014-2023.

<https://orcid.org/0000-0003-3777-0829>

Dr. Ing. Guillermo Bonilla

Ingeniero especializado en Patología Estructural en Universidad Católica Andrés Bello. Profesor en la Universidad Católica Andrés Bello.

<https://orcid.org/0009-0000-8082-3266>

MSc. Ing. Nicolás Labropoulos

Profesor investigador adscrito a la Universidad Católica Andrés Bello y Universidad Metropolitana de Caracas, Venezuela.

<https://orcid.org/0009-0006-8725-2949>

Dra. Arq. Beatriz Hernández Santana

Profesora Titular, Jubilada, adscrita al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

<https://orcid.org/0009-0006-0187-7543>

MSc. Ing. María Eugenia Korody T.

Profesora Asistente, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

<https://orcid.org/0009-0005-3841-7818>

Dra. Arq. Mercedes Marrero M.

Profesora Titular, Jubilada, adscrita al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

<https://orcid.org/0000-0003-0804-2048>

MSc. Rafael A. Uzcátegui O.

Docente del Instituto Universitario de Tecnología Bomberil. Miembro principal de la junta directiva del Instituto Autónomo Cuerpo de Bomberos del estado Miranda. Asesor y facilitador en seguridad integral de empresas públicas y privadas en el ámbito nacional e internacional.

<https://orcid.org/0009-0003-6291-2427>

Dr. Idalberto Águila

Profesor Titular, Jubilado, Adscrito al Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV. Profesor de la Universidad Católica Andrés Bello.

<https://orcid.org/0000-0002-6621-9852>

Esp. Arq. Filia Suárez

Profesora Agregado de Tecnología de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV. Especialista en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

<https://orcid.org/0009-0009-7291-2299>

Lic. Yuraima C. Córdova C.

Profesora Asistente, jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería, UCV.

<https://orcid.org/0009-0009-1562-4573>

Dr. Ing. Ronald Ugel G.

Professor (Associate) at Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Decanato de Ingeniería Civil, Venezuela.

<https://orcid.org/0000-0003-1531-8030>

PhD. Ing. José Manuel Marino Rodríguez

Doctor en Estudios del Desarrollo (UCV, 2013), Magister en Administración Mención Finanzas (UNIMET, 2001), Magister en Ingeniería Gerencial (UNIMET, 1998), Ingeniero Mecánico (UNIMET, 1992). Profesor de la Universidad Católica Andrés Bello y de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV.

<https://orcid.org/0009-0001-5586-4207>

Los artículos para ser publicados en la Revista **Tecnología y Construcción** deben ser originales (inéditos) dirigidos al correo electrónico de la revista: **rtycucv@gmail.com**. Revisados en primera instancia por el Comité Editorial para garantizar que cumplen con los requisitos mínimos de calidad propios de una revista académica, el texto será enviado a especialistas de reconocida trayectoria en el tema para su arbitraje, bajo el sistema doble ciego. Las observaciones y sugerencias de los árbitros serán dadas a conocer a cada autor. Los aspectos que deben ser tenidos en cuenta por los árbitros en la revisión de cada manuscrito son los siguientes: relevancia del tema, originalidad, rigor metodológico, claridad y precisión del lenguaje, coherencia, y apego a las normas.

Relevancia del Tema: alude al grado de importancia que tiene el tema abordado, tanto por su actualidad en el área, como por el aporte que el mismo hace, bien sea en el plano filosófico, teórico, metodológico y/o práctico.

Originalidad: destaca la forma particular como el autor, la autora o los autores integran su pensamiento en el desarrollo del trabajo.

Rigor metodológico: expresa, tanto el apropiado empleo del método que es inherente al estudio del tema abordado como el grado de profundidad de la indagación realizada.

Claridad y precisión del lenguaje: se relaciona con el adecuado uso gramatical y de la terminología referente al tema considerado.

Coherencia: se refiere tanto a la concatenación de los elementos que integran la estructura del trabajo como al uso consistente de un determinado estilo de redacción, a lo largo de todo el trabajo.

Apego a las normas: tiene que ver con el acatamiento de las normas que la Revista **Tecnología y Construcción** señala, para la presentación de escritos científicos en el área de conocimiento en que se ubica el trabajo en consideración.

Los artículos científicos a ser considerados para su publicación deben cumplir con la norma APA con los siguientes requerimientos:

Extensión. Las colaboraciones tendrán una extensión entre un mínimo de 15 páginas y un máximo de 30 páginas, con interlineado 1,5 sin espacio entre párrafos, fuente de 12 puntos Times New Roman, Arial o similar. Esto equivale a un promedio de entre 17.000 y 18.000 palabras, incluyendo cuadros y gráficos (aproximadamente 20-25 páginas en Word tamaño carta).

Primera página. La primera página debe contener el título del trabajo en español y en inglés, el nombre del autor (o los autores), título académico (pre y postgrado) e institución a la cual pertenece, correo electrónico y número de registro ORCID que identifica al investigador. La autoría de los trabajos no debe ser mayor de cuatro personas; si es superior, sólo aparecerán los primeros cuatro. Adicionalmente un resumen del trabajo con una extensión entre 150 y 200 palabras y entre tres y cinco descriptores o palabras clave. Tanto el resumen como los descriptores también en español y en inglés.

Las citas estarán incorporadas en el texto, no a pie de página ni como notas al final, utilizando el sistema de autor, año y página cuando se trata de una cita textual (que irá entre comillas). Ejemplo: (Hernández, 1995, p. 24). Toda obra citada debe ser incluida en las referencias bibliográficas al final del artículo.

Elementos gráficos. Los cuadros o tablas estarán levantados en Word. Las imágenes o ilustraciones (fotografías, mapas, diagramas y gráficos) incorporadas en formato JPG. En todos los casos se indicará la autoría o fuente de donde se extraen. Adicionalmente, el componente gráfico (numerado de manera correlativa según orden de aparición en el texto de cuadros, imágenes e ilustraciones) deberá ser remitido como archivo adjunto. Lo mismo para el caso de artículos que contengan ecuaciones o fórmulas.

La estructura interna del manuscrito debe ajustarse a los estándares habituales (introducción, método, resultados, conclusiones y recomendaciones).

Arbitraje: El Consejo Editorial someterá los trabajos al arbitraje de por lo menos dos expertos en el área específica mediante el procedimiento de “doble ciego” donde los evaluadores no conocen la identidad del autor y los autores desconocen la identidad de los árbitros. El juicio emitido por los árbitros será notificado a los autores mediante planilla formal. El Consejo Editorial se reserva el derecho de introducir las modificaciones que considere pertinentes en aspectos formales, siempre consultando al autor, sin embargo, la publicación final del trabajo será decisión de la dirección de la revista.

Además de los artículos también se aceptan documentos publicados en otras revistas, documentos de revisión, reseñas bibliográficas y de eventos, etc., que a juicio de la dirección de la revista resulten de interés. Estos materiales no son sometidos a arbitraje.

Penalización

Cuando sin la debida justificación un autor decida retirar un manuscrito ya aceptado para publicación en la Revista *Tecnología y Construcción*, el caso se someterá al Consejo Editorial pudiendo quedar limitado para una nueva publicación en la Revista por dos años o por el tiempo que ese Consejo considere pertinente.

collectania®



poggen[®]
pohl 

 INALCO

Cuadra Creativa y Gastronómica, 6ta Transversal entre 3ra. y 4ta Av. Los Palos Grandes. Caracas. Telf: +58 (212) 286 7518
Centro Comercial Casa Mall, Nivel Mirador, Local M2, Av. Principal de Los Naranjos. Caracas. Telf: +58 (212) 985 6278
Centro de Arte Los Galpones, G3, 8va. Transversal con Av. Ávila, Los Chorros. Caracas.
19790 W Dixie Highway Unit 1206. Aventura, Fl. 33180. Tel: +1 (305) 890 99 24 / +1 (786) 556 54 55

Instagram: @collectania.official | www.collectania.com | YouTube: @CollectaniaChannel