

# TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN

28 II 2012

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

Publicación semestral  
ISSN Impreso: 0798-9601 ISSN  
ISSN Electrónico: 2343-5836  
pp.198402DC2604



Volumen 28. Número II

Publicación semestral

Portada: Foto del Gimnasio Colegio Padre Hurtado - Teodoro Fernández. Tomada de <http://www.plataformaarquitectura.cl>

Depósito Legal: pp.198402DC2604

ISSN Impreso: 0798-9601

ISSN Electrónico: 2343-5836

## Tecnología y Construcción

Es una publicación que recoge textos inscritos dentro del campo de la Investigación y el Desarrollo Tecnológico de la Construcción:

- sistemas de producción;
- métodos de diseño;
- requerimientos de habitabilidad y calidad de las edificaciones;
- equipamiento de las edificaciones;
- nuevos materiales de construcción, mejoramiento de productos existentes y hallazgo de nuevos usos;
- aspectos históricos, económicos, sociales y administrativos de la construcción;
- análisis sobre ciencia y tecnología asociados a los problemas de la I&D en el campo de la construcción;
- informática aplicada al diseño y a la construcción;
- análisis de proyectos de arquitectura;
- reseñas bibliográficas y de eventos.

## Tecnología y Construcción

Is a publication that compiles documents inscribed in the field of Research and Technological Development of Construction:

- production systems;
- design methods;
- habitability and human requirements for buildings;
- building equipment;
- new materials for construction, improvement and study of new uses of existing products;
- historical, economic, social and administrative aspects of construction;
- analysis of science and technology associated with research and development problems in the field of construction;
- computers applied to design and construction;
- analysis of architectural projects;
- bibliographic briefs and events calendar.

## Comité Consultivo Editorial Internacional:

### Argentina

*Hector Massuh*  
Centro Experimental de la Vivienda Económica CEVE  
Córdoba - Argentina  
[casapartes@ceve.org.ar](mailto:casapartes@ceve.org.ar)

### Brasil

*Francisco Vecchia*  
Escuela de Ingeniería de San Carlos, Universidad de São Paulo Brasil  
[fvecchia@sc.usp.br](mailto:fvecchia@sc.usp.br)

### Colombia

*Maarten Goossens*  
Universidad de los Andes  
Departamento de Arquitectura. Bogotá  
[m.goossens270@uniandes.edu.co](mailto:m.goossens270@uniandes.edu.co)

### Chile

*Luis A. Leiva*  
USACH  
Universidad de Santiago de Chile  
[lleiva@usach.cl](mailto:lleiva@usach.cl)

### Cuba

*Maximino Bocalandro*  
CTDMC. Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción

### Francia

*Francis Allard*  
Universidad de La Rochelle, LEPTIAB  
[fallard@univ.lr.fr](mailto:fallard@univ.lr.fr)

## Información:

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). Planta Baja, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos. Caracas. 1041-A. , Venezuela  
Teléfonos: (058-212) 605.2046  
Dir. 605.1912, 1930  
Fax. (058-212) 605.2048  
Envío de materiales, correspondencia, canje,

Editor  
IDEC/UCV

## Directora

*Michela Baldi* (IDEC/UCV)

## Comité Editorial

*Idalberto Águila*  
*Angelo Marinilli*  
*Azier Calvo*  
*María Elena Hobaica*  
*Helena González*  
*Beatriz Hernández*

## Diseño y diagramación

*Rozana Bentos*  
**Diseño de portada**  
*Rozana Bentos*  
**Corrección de textos**  
*Helena González*

Indizada en  
LATINDEX

<http://www.latindex.org/>

SCIELO

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

REVENCYT.

Apdo. 234. CP 5101-A

Mérida, Venezuela

[revencyt.ula.ve/](http://revencyt.ula.ve/)

[informacion/principal.htm](http://informacion/principal.htm)

PERIODICA

Índice Bibliográfico

Índice de Revistas

Latinoamericanas

en Ciencias.

Universidad Nacional

Autónoma de México

<http://www.dgbiblio.unam.mx/index.php/catalogos>

REDINSE. Caracas

Saber UCV

Repositorio

Institucional

[http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_tc](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_tc)

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

## Rectora

*Cecilia García Arocha*  
**Vice-Rector Académico**  
*Nicolás Bianco*  
**Vice-Rector Administrativo**  
*Bernardo Méndez*  
**Secretario**  
*Amalio Belmonte*

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

## Decano

*Guillermo Barrios*  
**Director de la Escuela de Arquitectura**  
*Carlos Raúl Villanueva*  
*Gustavo Izaguirre*  
**Directora del Instituto de Urbanismo**  
*María Isabel Peña*  
**Directora del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción**  
*Beatriz Hernández*  
**Directora-Coordinadora de la Comisión de Estudios de Postgrado**  
*Florinda Amaya*  
**Coordinadora administrativa**  
*Marieva Payares*  
**Coordinadora de investigación**  
*Rosario Salazar*  
**Coordinador de extensión**  
*Ignacio Marcano*  
**Coordinadora de Docencia**  
*María Eugenia Sosa*

INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN / IDEC

## Director

*Beatriz Hernández*  
**Investigación**  
*Luis Rosales*  
**Docencia**  
*Mary Ruth Jiménez*  
**Extensión**  
*Argenis Lugo*  
**Administración**  
*Lunia Bethancourt*

	<b>EDITORIAL</b>	
	<i>Michela Baldi</i>	5
	<b>ARTÍCULOS</b>	
MEANING OF CLOSING PHASE OF PROJECT FOR THE HOUSING PROMOTER IN VENEZUELA	SIGNIFICADO DE LA FASE DE CIERRE DEL PROYECTO PARA EL PROMOTOR DE VIVIENDAS EN VENEZUELA <i>Eugenia Villalobos</i>	6
THE "PARTICIPACIÓN EN PLUSVALÍAS" ("PARTICIPATION IN BETTERMENT" AND THE "SOLO CRIADO" ("LAND CREATED"))	CONSTRUCCIÓN EN ALTURA: MECANISMO ECONÓMICO Y ACCIONES DE POLÍTICA (LA "PARTICIPACIÓN EN PLUSVALÍAS" Y EL "SUELO CREADO") <i>Samuel Jaramillo</i>	22
THERMAL COMPARISON OF SOCIAL HOUSING IN SUB-HUMID WARM WEATHER: THE BEFORE AND AFTER PROCESSING IN TIME	COMPARACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SUB-HÚMEDO: EL ANTES Y DESPUÉS DE SU TRANSFORMACIÓN EN EL TIEMPO <i>Gabriel Castañeda Nolasco / Karla I. Ovando López / José Luis Jiménez Albores</i>	54
THE GLUED LAMINATED TIMBER (GLULAM) OF CARIBBEAN PINE WITHIN THE PROCESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION. CASE OF STUDY: BI AND THREE-HINGED ARCHES	LA MADERA LAMINADA DE PINO CARIBE DENTRO DEL PROCESO DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CONSTRUCCIÓN. CASO DE ESTUDIO: ARCOS BI Y TRIARTICULADOS <i>Rafael Gerardo Páez</i>	64
	<b>POSTGRADO</b>	
THE EXPERIENCE OF IMPLEMENTING DISTANCE EDUCATION IN THE GRADUATE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT CONSTRUCTION	LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN EL POSTGRADO EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN <i>Idalberto Águila</i>	84
	<b>DOCUMENTOS</b>	
THE NEW PRODUCTION OF KNOWLEDGE THE DYNAMICS OF SCIENCE AND RESEARCH IN CONTEMPORARY SOCIETIES	LA NUEVA PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO LA DINÁMICA DE LA CIENCIA Y LA INVESTIGACIÓN EN LAS SOCIEDADES CONTEMPORÁNEAS <i>Michael Gibbons / Limoges Helga / Simon Schwartzman Scott Martin Trow</i>	90
	<b>EVENTOS</b>	
ALACERO COMPETITION	CONCURSO ALACERO	106
	<b>RESEÑAS</b>	
MAGAZINES, BOOKS AND WEB	LIBROS, REVISTAS Y PORTALES	108
NORMS FOR AUTHORS	NORMAS PARA AUTORES	110





Michela Baldi

Directora

Esta nueva entrega de *Tecnología y Construcción* es una vez más expresión del interés y el esfuerzo por promover una construcción racional, sostenible y confortable, que tenga entre sus objetivos fundamentales el ahorro energético, la preservación del medio ambiente, utilizar al máximo los recursos naturales y la evaluación experimental de materiales para la construcción.

Es así como "Significado de la fase de cierre del proyecto para el promotor de viviendas en Venezuela", de Eugenia Villalobos (Universidad Central de Venezuela), aborda el tema de las actividades que ocupan a los promotores inmobiliarios, centrando la atención en el resultado del diagnóstico realizado a esta actividad cotejando dos visiones, la teórica y la práctica.

Por su parte, "Construcción en altura: mecanismo económico y acciones de política", de Samuel Jaramillo, de la Universidad de los Andes en Bogotá (Colombia), cuestiona el mundo de las construcciones verticales deteniéndose en particular en el estudio de los incrementos en el precio del suelo y la densidad constructiva, desde una perspectiva marxista. El estudio se refiere a casos de dos países: Colombia y Brasil.

"Comparación térmica de vivienda social en clima cálido sub-húmedo: el antes y después de su transformación en el tiempo", de Gabriel Castañeda Nolasco, Karla I. Ovando López y José Luis Jiménez Albores, de la Universidad Autónoma de Chiapas (México), analiza el caso de dos viviendas de interés social en México desde la perspectiva de la realización de un diseño racional y sustentable desde el proyecto de construcción, el cual dará como resultado mayor confort térmico a sus habitantes.

En "La madera laminada de pino Caribe dentro del proceso de desarrollo sustentable de la construcción. Caso de estudio: arco bi y triarticulados", trabajo de Rafael Gerardo Páez, profesor del Instituto de Ingeniería Agrícola de la Facultad de Agronomía, campus Maracay, de la Universidad Central de Venezuela, nos propone utilizar los materiales procedentes de las plantaciones de los bosques de Uverito en Venezuela, para la construcción de arcos que cubren grandes luces elaborados con madera laminada, propuesta que se enmarca en la filosofía de una construcción sostenible.

En la sección correspondiente al documento de postgrado se presenta una reseña de cómo el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción-IDEC (FAU-UCV) ha implantado la modalidad de educación a distancia, siendo pionero en su ámbito de esta modalidad de estudio.

Para finalizar, "La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas" es un artículo de Michael Gibbons et al., que nos adentra en las nuevas formas de producir información científica y distribuirla equitativamente en el contexto de los cambios que en nuestra sociedad se están produciendo aceleradamente.

## SIGNIFICADO DE LA FASE DE CIERRE DEL PROYECTO PARA EL PROMOTOR DE VIVIENDAS EN VENEZUELA\*

### MEANING OF CLOSING PHASE OF PROJECT FOR THE HOUSING PROMOTER IN VENEZUELA

#### EUGENIA VILLALOBOS

Arquitecto (UCV 1994).  
Especialista en Gerencia de Proyectos de Ingeniería (UCAB 1998), Magister en Gerencia de Proyectos (UCAB 2013). Docente Agregado, Sector Tecnología, Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Área de investigación: gerencia de proyectos. eugivillalobos@yahoo.com

#### RESUMEN

En esta investigación se presentan los resultados de un diagnóstico sobre la forma como los promotores privados de vivienda en Venezuela abordan la fase de cierre del proyecto, cotejando su visión pragmática con modelos teórico-prácticos del Project Management Institute (PMI) y referentes sobre aprendizaje organizacional. Con el uso de métodos de investigación cualitativos de las entrevistas emergen elementos con significado que permiten conocer aspectos que afectan el quehacer diario de la promoción de viviendas y cómo los promotores cierran el proyecto. Dada la riqueza de la información, el análisis se aborda desde tres perspectivas: temas emergentes, ejes transversales entre ellos y comparación de resultados con los procesos de cierre de las áreas de conocimiento del PMI.

Los aspectos más resaltantes en este diagnóstico son el económico y el técnico-constructivo. Al comparar los resultados con los procesos de cierre se observaron elementos coincidentes y debilidades que deben ser manejados para potenciar la mejora continua.

#### Descriptores

Gerencia de proyectos, vivienda, fase de cierre del proyecto, aprendizaje organizacional, promotores.

#### ABSTRACT

*This investigation report introduces results of a diagnostic about the way as housing promoters in Venezuela manage closing phase of project, comparing their pragmatic view with theoretical and practical models of the Project Management Institute (PMI) and references about organizational learning.*

*A use of qualitative research methods allows emerge with meaning elements of interviews about aspects that affect the daily activities of the housing promotion and about how close the project.*

*The analysis is addressed from three perspectives: emerging theme, cross-cutting themes between them and comparing results with the closing processes of project management knowledge areas of PMI.*

*The most important aspects are the economical and the technical-constructive. When comparing the results with the closing processes, there are important coincidences and weaknesses that must be managed to promote continuous improvement.*

#### Descriptors:

*Project management, home building, closing phase of project, organizational learning, promoters.*

\* Este artículo es un extracto parcial del trabajo para optar al grado académico de magister en gerencia de proyectos UCAB 2013 y proyecto de investigación CDCH-UCV No. PI-02-8008-2011/1

## SIGNIFICADO DE LA FASE DE CIERRE DEL PROYECTO PARA EL PROMOTOR DE VIVIENDAS EN VENEZUELA

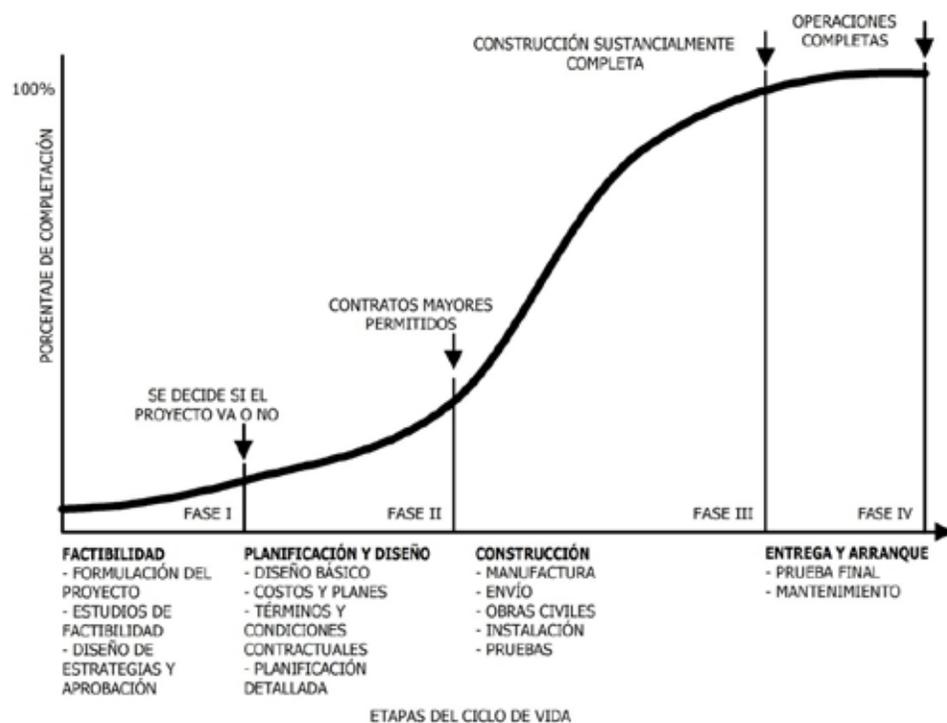
El proyecto es una forma de dar respuesta a una necesidad y la gerencia de proyectos una disciplina que ofrece conocimientos, herramientas y técnicas que, complementadas con otras áreas de experiencia (área de aplicación, entorno, gerencia general y relaciones interpersonales) puede optimizar el desempeño en proyectos de desarrollos habitacionales ya que sus fundamentos o buenas prácticas son aplicables a proyectos de cualquier naturaleza. Quizá la mayor riqueza de esta disciplina es la flexibilidad para su aplicación, que se traduce en una gran responsabilidad para el equipo encargado porque se requiere de un verdadero reconocimiento del proyecto, su naturaleza y contexto

así como los recursos disponibles (humanos y materiales) para su prosecución.

Con el fin de manejar la complejidad del proyecto y de facilitar los mecanismos de toma de decisiones y control, su prosecución se divide en fases denominadas ciclo de vida, que según Peter Morris (Project Management Institute, 2000)<sup>1</sup> en el caso de los proyectos de construcción, son:

- Conceptual o inicial (factibilidad)
- Planificación y diseño
- Construcción
- Cierre (entrega y arranque) (ver figura 1).  
Siendo la fase de cierre el objeto de este

Figura 1. Representación del ciclo de vida del proyecto de construcción, de Peter Morris.



Fuente: traducido por la autora, original en inglés (Project Management Institute 2000, 15)

1 Si bien el *PMBOK guide* posee versiones posteriores a la del 2000, se toma el ciclo de vida del proyecto de construcción allí citado porque es al que nos remite la extensión correspondiente: *Construction Extension to A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – 2000 Edition*

reporte, es primordial mencionar que ella contempla dos vertientes:

a) En cuanto al proyecto: se culmina cualquier detalle faltante y se verifica que todas las actividades se hayan completado. También se procede a realizar los trámites necesarios ante los organismos competentes que autorizan la habitabilidad del inmueble para poder formalizar la venta de las unidades habitacionales y hacer su entrega.

b) En lo que respecta a la organización: se realiza la evaluación formal de cierre del proyecto con el fin de nutrir a la organización con las lecciones aprendidas e introducir mejoras en el desempeño de los proyectos futuros. Lo que se constituye como una mejora del capital intelectual de la organización, aumentando y actualizando los activos intangibles de ella.

Por otra parte, en lo referente a la metodología de investigación, la utilización del enfoque cualitativo para el análisis de la información permite conocer desde la propia perspectiva de los actores participantes aspectos intrínsecos y extrínsecos a la organización que afectan su quehacer diario y condicionan la forma de llevar adelante el cierre del proyecto.

La recolección de información se realiza a través de entrevistas semiestructuradas en profundidad, realizadas directamente por el investigador y de forma individual a cada uno de los promotores. Con el fin de obtener una información rica y profunda, los participantes cuentan con al menos cinco años de práctica en desarrollos habitacionales en Venezuela, logrando la participación de siete promotores.

Con respecto al muestreo, "(...) en el caso de la investigación cualitativa, diferente a la de tipo cuantitativo, el muestreo es progresivo y está sujeto a la dinámica que se deriva de los propios hallazgos de la investigación" (Sandoval Casilimas, 2002, pág. 120). Por ello, los participantes clave se ubicaron a través de una muestra en cadenas o por redes (bola de nieve), sistema mediante el cual: "(...) se identifican participantes clave y se agregan a la muestra,

se les pregunta si conocen a otras personas que puedan proporcionar datos más amplios, y una vez obtenidos los datos, los incluimos también" (Hernández et al., 2006, pág. 568).

Las conversaciones con cada uno de los promotores participantes, cargadas de vivencias y expectativas y en las que se perciben temores y recelo, transmiten lo que para los años 2011-2012 se vivía en el ambiente de la promoción privada de vivienda y la manera en la que buscan alternativas para seguir en esta actividad o por lo menos mantenerse en el área de la construcción.

En virtud de la riqueza de la información suministrada por los promotores participantes y, con la finalidad de identificar los aspectos más relevantes sobre la fase de cierre del proyecto como fuente de aprendizaje de la organización, y los elementos coincidentes entre esta visión y el Project Management Institute (PMI), el análisis se aborda con un diseño en dos etapas donde se transforman en cuantitativos los datos cualitativos obtenidos en las entrevistas, para lo cual se recurrió a una distribución de frecuencias, que es un "conjunto de puntuaciones ordenadas en sus respectivas categorías" (Hernández et al., 2006, pág. 419), de donde surgen tres perspectivas (ver cuadro 1).

## TEMAS EMERGENTES

A partir de la segmentación, categorización e integración llevada a cabo durante el análisis de la información, emergen temas y subtemas relacionados con la visión que tienen los promotores de vivienda respecto al cierre del proyecto y sus aspectos más resaltantes (ver cuadro 2).

### Objetivos de la organización

Toda empresa debe buscar su permanencia y consolidación en una determinada área o actividad. En ese contexto, la toma de decisiones va más allá del proyecto individual y sus



Cuadro 1. Resumen de las perspectivas de análisis

Temas emergentes	Objetivos de la organización	
	Mercado	
Ejes transversales entre temas emergentes	Técnico-constructivo	Mercado
	Económico	Económico
Comparación de resultados entre procesos de cierre de las áreas de conocimiento del PMI y los temas emergentes	Legal	Técnico-constructivo
	Lecciones aprendidas	Económico
Comparación de resultados entre procesos de cierre de las áreas de conocimiento del PMI y los temas emergentes	Misceláneas	Lecciones aprendidas
	Objetivos de la organización	Mercado
	Mercado	Económico
	Técnico-constructivo	Lecciones aprendidas
	Gerencia de integración: cierre del proyecto	Técnico-constructivo
	Gerencia de recursos humanos: cierre del equipo	Económico
	Gerencia de comunicaciones: cierre administrativo	Legal
Gerencia de la procura: cierre de la procura	Lecciones aprendidas	
Gerencia financiera: administración y reporte	Objetivos de la organización	
Gerencia de reclamos: resolución de reclamos	Técnico-constructivo	
		Mercado

Cuadro 2. Temas y subtemas emergentes

Temas	Frecuencia	Incidencia (%)	Subtemas
Objetivos de la organización	51	14,78	Visión integral Recursos humanos
Mercado	32	9,28	Comercialización Producto Trato al cliente
Técnico-constructivo	56	16,23	Visión integral Procura y contratación Sistemas constructivos Tiempo Servicios básicos Defectos constructivos
Económico	102	29,57	Ingresos Egresos Rentabilidad Financiamiento y subsidios
Legal	37	10,72	Ordenamiento jurídico Actuaciones políticas
Lecciones aprendidas	47	13,62	Formas de evaluación Fuentes de aprendizaje Registro Información registrada Usos
Misceláneas	20	5,80	
Totales	345	100,00	

posibilidades de éxito, siendo necesario establecer lineamientos para la selección y priorización de los proyectos, así como la optimización del uso de los recursos. Los subtemas y categorías emergentes aparecen en el cuadro 3.

*Visión integral de la organización:* define la forma en que se abordan los proyectos para lograr los objetivos de la organización. Suele estar asociado no solo a aspectos de carácter económico sino incluso a la percepción que puedan tener los clientes (de hecho y potenciales) sobre ella y los productos que ofrece.

- *Factores externos, cambio de ramo:* se refiere a condiciones externas a la organización que la llevan, en algunos casos, a cambiar su actividad. Estos cambios suelen ser hacia la construcción de otras tipologías de edificaciones o incluso a participar ya no como promotores sino como constructores contratistas, generalmente para el Estado.

- *Factores externos, reestructuración:* los factores externos han hecho que los promotores cambien las estrategias para el abordaje de los proyectos habitacionales. Esos cambios están dirigidos a disminuir el riesgo y a planificar su gestión, enfocándose en el tamaño de los desarrollos o de las etapas en las que se ejecuta (cantidad de unidades habitacionales), formas de financiamiento, participación de los futuros propietarios, etc.

*Recursos humanos:* es el más importante porque maneja los otros recursos, por lo que la información que puedan aportar los diferentes involucrados en el proyecto arrojará insuertos importantes para próximos desarrollos.

- *Participantes en la evaluación, constructores:* la fase de ejecución es la que mayores recursos consume por ser en la que efectivamente se lleva a cabo el desarrollo. Por ello es importante que quienes son responsables de la obra participen en el proceso de evaluación para que puedan exponer detalladamente cualquier aspecto relevante que se haya presentado.

- *Participantes en la evaluación, socios:* los socios, como inversionistas en el desarrollo, participan en todos los procesos de toma de decisiones del proyecto. La evaluación de cierre debe reflejar si se cubrieron las expectativas y cualquier consideración para próximos proyectos.

#### **Mercado**

Verifica si el desarrollo se corresponde con el mercado existente en la zona en cuanto a las características de las unidades habitacionales, la oferta y demanda, precios de venta, formas de comercialización y el trato dado a los compradores hasta la entrega de la vivienda. (ver cuadro 4).

Cuadro 3. **Objetivos de la organización. Subtemas y categorías emergentes**

Tema	Subtemas	Categorías	I (%)	
Objetivos de la organización	Visión integral	Factores externos: cambio de ramo	16,67	
		Factores externos: reestructuración	16,67	
		Credibilidad	13,33	
		Diversificación de las actividades	13,33	
		Factores externos: paralización	13,33	
		Selección y engranaje de los proyectos	13,33	
		Especificidad en la actividad de la organización	6,67	
	Apropiación del mercado local	6,67		
	Recursos humanos		Participantes en la evaluación: constructores	33,33
			Participantes en la evaluación: socios	33,33
Participantes en la evaluación: administrativo			14,29	
Rotación del personal: baja			14,29	
Participantes en la evaluación: vendedores			4,76	



Cuadro 4. Mercado. Subtemas y categorías emergentes

Tema	Subtemas	Categorías	I (%)
Mercado	Comercialización	Formas de comercialización	80,00
		Estímulos y facilidades a compradores	20,00
	Producto	Ajustado a la zona	80,00
		Mayor atractivo	20,00
	Trato al cliente	Satisfacción del cliente	71,43
		Resolución de reclamos	14,29
Comunicación fluida con el cliente		14,29	

*Comercialización:* todos los aspectos que hacen posible que se dé la operación de compra-venta (formas de comercialización, publicidad, atención en obra, plazos para el pago, etc.). Otro elemento importante son los estímulos y facilidades para los compradores, que generalmente son políticas establecidas por el Estado (subsidios y tasas preferenciales), sobre todo para los que cuentan con menos recursos.

*Formas de comercialización:* se refiere a las diversas formas en que se manejan las operaciones de compra-venta:

- Preventa: el comprador reserva la vivienda y hace pagos periódicos para completar la inicial (si la operación es con financiamiento) o el valor total de la vivienda (si es de contado). El precio de venta es fijo y se actualiza, si la legislación lo permite, por la inflación.

- Venta: posterior a la culminación del proyecto y una vez obtenida la habitabilidad se realiza toda la operación de compra-venta. El precio es fijo.

- Asociación Civil: la responsabilidad de la obra se puede decir que es compartida entre el promotor y el comprador, se constituye la figura de asociación civil a la cual se incorporan los compradores, quienes van realizando aportes económicos en la medida que se van requiriendo.

*Producto:* conocer las características predominantes de la zona en cuanto a su uso, estrato económico y tipología permite definir las particularidades del desarrollo habitacional. Si bien

esa es una decisión de la fase inicial, en muchas ocasiones los promotores no realizan con suficiente profundidad los estudios de mercado y especulan sobre las características que podrían tener las unidades habitacionales.

- *Ajustado a la zona:* se verifica si las características de los inmuebles se corresponden con el mercado, lo que está asociado a la capacidad adquisitiva de los posibles compradores. Estas características se refieren a densidad de población, área de las viviendas, áreas y servicios comunes, acabados, etc.

*Trato al cliente:* una condición importante para consolidarse como empresa es tener credibilidad y generar confianza en los posibles compradores. En ese sentido, la relación comercial debe ser vista como un proceso que inicia en el primer contacto y culmina con la entrega de la unidad habitacional a su entera satisfacción; durante todo ese periodo es importante mantenerlo informado de cualquier eventualidad.

- *Satisfacción del cliente:* el comprador invierte una cantidad de dinero para satisfacer su necesidad de vivienda y espera obtener determinadas condiciones acordes a ese monto, las cuales están especificadas en las características del producto inicial y que deben ser cotejadas con las del producto final. Puede verificarse a través de entrevistas o encuestas. También se ve reflejado en las recomendaciones que hacen los compradores a otros posibles clientes.

### Técnico-constructivo

Verifica si las decisiones referentes a los aspectos técnico-constructivos (tipologías, sistemas, materiales, costos de construcción, tiempos de ejecución, etc.) fueron apropiadas o hubo necesidad de realizar cambios significativos en el alcance del proyecto. Referente a los aspectos técnico-constructivos emergieron los subtemas y categorías que se describen en el cuadro 5:

*Control de obra:* contrasta lo planificado con lo ejecutado, monitoreando posibles variaciones y tomando las medidas correctivas que sean necesarias.

- *Control periódico de la obra:* se refiere al monitoreo día a día del avance de la obra, cuyo fin es detectar cualquier evento negativo y tomar las medidas correctivas pertinentes. Es muy importante a los efectos de la evaluación de cierre registrar los eventos que se presentan, las medidas tomadas y sus consecuencias.

- *Control posterior:* verifica los resultados de la ejecución de la obra y sus aspectos financieros, comparándolo con lo establecido en las fases iniciales del proyecto.

*Procura y contratación:* debe garantizar que la obra cuente en el momento preci-

so con los materiales necesarios y la mano de obra capacitada para la ejecución. Esto implica el engranaje del avance de la construcción con la disponibilidad de materiales, equipos y mano de obra, así como contar con un flujo de caja eficiente.

- *Materiales, disponibilidad:* los materiales para la construcción deben estar disponibles oportunamente en la obra. Debido a las limitaciones de espacio en la obra, que los materiales estén antes de lo necesario entorpece la dinámica de la ejecución; de no estar a tiempo, implica la paralización parcial. De los aspectos que más destacan los promotores es la ausencia en el mercado de ciertos materiales básicos para la construcción.

*Sistemas constructivos:* su selección es considerada crucial por los promotores entrevistados, ya que de ello puede depender la eficiencia que se tenga en la obra y por consiguiente cumplir con los tiempos establecidos y los estándares de calidad previstos, manteniéndose dentro del presupuesto estimado. La selección dependerá de aspectos como tipología, estrato de mercado atendido, y la disponibilidad de materiales y de mano de obra en la zona.

Cuadro 5. Técnico-constructivo. Subtemas y categorías emergentes

Tema	Subtemas	Categorías	I (%)	
Técnico-constructivo	Control	Control de la obra	44,44	
		Control posterior	33,33	
		Actualización en aspectos técnicos	16,67	
	Procura y contratación	Modificaciones en obra		5,56
			Materiales: disponibilidad	33,33
		Mano de obra: rendimiento	14,29	
		Mano de obra: capacitación	14,29	
		Administración	9,52	
		Materiales: rendimiento	9,52	
		Equipos: actualización	9,52	
		Materiales: costos	4,76	
		Equipos: costos	4,76	
		Sistemas constructivos	Selección	100,00

**Económico**

Verifica los aspectos de índole económico financiero, cotejando la información de la ejecución con el presupuesto estimado. Los subtemas y categorías emergentes se muestran en el cuadro 6.

*Ingresos:* contempla todas las vías por las cuales ingresa dinero para el proyecto (aportes del promotor, venta, preventa, financiamiento, subsidios, etc.). Cada una de ellas tiene costos asociados, tales como rentabilidad esperada, descuentos por preventa y tasas de financiamiento.

- *Preventa:* son los ingresos provenientes de adelantos que van aportando los compradores antes de la formalización de la venta y forman parte de los recursos para la ejecución de la obra.

- *Venta:* ingresos por la venta efectiva del inmueble se reciben después de la finalización de la obra, una vez que puede protocolizarse la venta porque se tiene el permiso de habitabilidad de los organismos competentes.

*Egresos:* son las erogaciones necesarias para llevar adelante un proyecto. Se dividen en costos directos que son plenamente identificables y atribuibles a un proyecto específico, e indirectos que corresponden a diversas actividades de la organización.

- *Costos, materiales:* son los costos por la adquisición de materiales para llevar adelante la construcción. Se presentan dos situaciones que inciden en los costos:

- El incremento de los precios debido a la inflación.

Cuadro 6. **Económico. Subtemas y categorías emergentes**

Tema	Subtemas	Categorías	I (%)
Económico	Ingresos	Preventa	45,45
		Venta	36,36
		Aportes promotores	9,09
		Préstamo bancario	9,09
	Egresos	Costos: materiales	25,00
		Costos: mano de obra	20,00
		Costos: construcción	15,00
		Costos: equipos	10,00
		Costos: financiamiento	10,00
		Costos: administrativos	5,00
		Costos: modificaciones	5,00
		Costos: ventas	5,00
		Inversión inicial	5,00
		Rentabilidad	Actualización por IPC
	Utilidad		27,78
	Inflación		22,22
	Flujo de caja		11,11
	Tiempo de retorno de la inversión		11,11
	Financiamiento y subsidios	Fuentes de financiamiento: banca	41,18
		Fuentes de financiamiento: promotores	29,41
Fuentes de financiamiento: preventa		23,53	
Estímulos a promotores		5,88	

- La especulación por la escasez de ciertos materiales debido a la regulación de precios y porque el gobierno los reserva para sus programas.

- *Costos, mano de obra:* está regulada por la Convención Colectiva de Trabajo de la Industria de la Construcción.

*Rentabilidad:* toda organización invierte recursos esperando percibir beneficios en el menor tiempo posible. Esto quiere decir que los ingresos sean mayores que los egresos. Como esas entradas y salidas de dinero se dan en tiempos diferentes se ven afectados por la inflación.

- *Actualización por IPC:* el índice de precios al consumidor es la forma comúnmente utilizada para actualizar los precios debido a la inflación.

- *Utilidad:* beneficios económicos, ganancias esperadas u obtenidas por la inversión de recursos.

*Financiamiento y subsidios:* son las fuentes de recursos monetarios para la realización de un proyecto. En muchos casos están asociadas a ciertas regulaciones o estímulos para determinadas tipologías de vivienda, lo que se traduce en tasas preferenciales, subsidios, etc.

- *Fuentes de financiamiento, banca:* financiamiento para la construcción de viviendas. El costo de este financiamiento varía de acuerdo al estrato que atiende el desarrollo habitacional, ya que para los sectores de más bajos recursos están previstas tasas preferenciales.

### Legal

Se refiere a leyes y regulaciones que enmarcan las actividades vinculadas al desarrollo de proyectos habitacionales. Los subtemas y categorías emergentes se muestran en el cuadro 7.

*Ordenamiento jurídico:* son leyes, decretos, reglamentos, convenciones u otros (nacionales o locales) que regulan la construcción y aspectos conexos como financiamiento, venta, o cualquier otro vinculado a los proyectos habitacionales.

- *Cambios en el marco legal:* cambios en legislaciones que afectan a los promotores, constructores y compradores de viviendas (tasas preferenciales, subsidios, etc.). Estos cambios pueden impactar de manera positiva o negativa a cualquiera de los *stakeholders* (interesados) del proyecto.

*Actuaciones políticas:* si bien el Estado establece políticas para incentivar la construcción de desarrollos habitacionales, ocurre muchas veces que organismos involucrados en el área no están alineados entre ellos o con esas políticas y entorpecen la dinámica. En otras situaciones, antes que no tienen competencia en el área se arrogan atribuciones y generan situaciones irregulares.

- *Intromisión por parte del Estado:* actuaciones por parte de organismos que no tienen injerencia sobre determinados aspectos.

- *Inconsistencia en las actuaciones de órganos del Estado:* falta de lineamientos en las actuaciones de organismos sobre aspectos que son de su competencia.

Cuadro 7. Legal. Subtemas y categorías emergentes

Tema	Subtemas	Categorías	I (%)	
Legal	Ordenamiento jurídico	Cambios en el marco legal	100,00	
		Actuaciones políticas	Intromisión por parte del Estado	43,75
			Inconsistencia en las actuaciones de órganos del Edo.	37,50
			Intromisión por parte de otros	18,75

## LECCIONES APRENDIDAS

Se sintetizan y registran los aspectos aprendidos durante el desarrollo del proyecto. El aprendizaje organizacional se da en cualquier momento del proyecto, por lo que es importante realizar revisiones periódicas y al cierre registrar apropiadamente la información. Al respecto, en el cuadro 8 se muestran los subtemas y categorías emergentes.

*Formas de evaluación:* las evaluaciones realizadas durante el proyecto tienen diferentes objetivos. Las revisiones previas son para evitar repetir errores de proyectos anteriores, las realizadas durante la prosecución para tomar medidas correctivas y las de cierre para recapitular lo ocurrido y tomar previsiones a futuro.

- *Durante la prosecución del proyecto:* se va controlando el proyecto durante su ejecución y se toman las medidas correctivas necesarias cuando ocurre algún evento negativo.

*Fuentes de aprendizaje:* se refiere a las diferentes formas en que la organización puede aprender, formal o informalmente.

- *Cursos, seminarios, etc.:* los miembros de la organización asisten frecuentemente a cursos, seminarios, exposiciones, etc.

*Registro:* la información sobre la evaluación del proyecto debe ser registrada sistemáticamente para que pueda ser utilizada en el futuro de forma confiable. Atribuir esa responsabilidad a la memoria de los participantes puede ocasionar exageraciones o minimizaciones por parte de los involucrados, o que se pierda la información con la salida de algún miembro de la organización.

- *Apuntes durante la prosecución del proyecto:* se lleva nota del día a día del proyecto, registrando cualquier detalle que se considere necesario. Se utiliza sobre todo para llevar control de las medidas correctivas que se van tomando.

Cuadro 8. Lecciones aprendidas. Subtemas y categorías emergentes

Temas	Subtemas	Categorías	I (%)
Lecciones aprendidas	Formas de evaluación	Durante la prosecución del proyecto	60,00
		Evaluación propia	20,00
		Por expertos	10,00
		Ninguna	10,00
	Fuentes de aprendizaje	Cursos, seminarios, etc.	37,50
		Experiencia de otros promotores	25,00
		Fuentes internacionales	25,00
		Experiencia propia	12,50
	Registro	Apuntes durante la prosecución del proyecto	38,46
		Ningún registro	30,77
		Expediente del proyecto	15,38
		Memoria de cierre	15,38
	Información registrada	Desaciertos	30,00
		Dificultades en el proyecto	20,00
		Aciertos	10,00
		Cambios en el marco legal	10,00
Posibles mejoras		10,00	
Variaciones económicas		10,00	
Usos	Variaciones en obra	10,00	
	Insumo de proyectos posteriores	100,00	

- *Ningún registro*: no se lleva ningún registro, se confía en la memoria de los participantes.

*Información registrada*: son los aspectos que se consideran importantes registrar para un mejor control del proyecto y para el registro histórico de la organización. Generalmente se centra en los aspectos negativos, perdiéndose la oportunidad de repetir en proyectos futuros los aciertos logrados.

- *Desaciertos*: decisiones que fueron negativas para el proyecto, que generalmente requirieron cambios.

- *Dificultades en el proyecto*: dificultades que se presentaron durante el proyecto.

*Usos*: la información de los proyectos, bien sea registrada o que solo permanezca en la memoria, es utilizada a futuro como insumo de nuevos proyectos, lo que genera cierto aprendizaje en la organización. Ahora bien, en la medida en que este aprendizaje sea más explícito (se registre, sistematice y difunda) será más efectivo.

## EJES TRANSVERSALES ENTRE TEMAS EMERGENTES

Al relacionar los temas y subtemas emergentes se pueden notar aspectos que se complementan y/o inciden unos en otros, y que manejados desde la globalidad, pueden permitir mejorar las condiciones en las que se lleva adelante el cierre del proyecto para potenciar el impacto positivo que puedan tener sobre la organización y su aprendizaje. Los ejes transversales presentes son los siguientes (cuadro 9):

### Objetivos de la organización/mercado

- *Visión integral de la organización/comercialización*: las estrategias de comercialización se redefinen para lograr cumplir los objetivos de la organización.

- *Visión integral de la organización/producto*: adecuar el producto al nicho de mercado de la zona es parte importante del éxito del proyecto, además de que fortalece y da credibilidad a la organización.

Cuadro 9. Ejes transversales entre los temas

	Objetivos de la organización				
	Mercado	Técnico-constructivo	Económico	Legal	Lecciones aprendidas
Objetivos de la organización	3		5		
Mercado					
Técnico-constructivo	2		10		3
Económico	7				
Legal					
Lecciones aprendidas	1				

Los valores numéricos indican la frecuencia de aparición de los vínculos entre los temas emergentes

**Objetivos de la organización/económico**

- *Visión integral de la organización/rentabilidad:* la obtención de beneficios económicos permitirá que la organización pueda reinvertir en nuevos proyectos.

- *Visión integral de la organización/financiamiento y subsidios:* han existido a lo largo del tiempo diferentes políticas de Estado cuyo fin es incentivar la construcción y adquisición de viviendas. Esos beneficios deben ser aprovechados por la organización.

**Mercado/técnico constructivo**

- *Producto/servicios básicos:* la ubicación geográfica del proyecto en una zona con servicios básicos así como posibilidades de trabajo y esparcimiento, hacen más atractivas las viviendas para potenciales compradores.

- *Trato al cliente/defectos constructivos:* el proyecto debe estar pensado desde sus inicios en función del potencial cliente y en la satisfacción de sus necesidades. No se debe olvidar que quien adquiere una vivienda va a pasar allí una parte importante de su vida y, en el momento de venderla, espera que sea un trampolín para mejorar.

**Mercado/económico**

- *Comercialización/ingresos:* la forma de comercialización utilizada determina el momento, dentro del ciclo de vida del proyecto, en el que se generarán los ingresos por la venta de las unidades habitacionales. Esta información es muy importante para planificar otras formas de ingreso.

- *Comercialización/rentabilidad:* de acuerdo a variables económico-legales, los promotores asumen diferentes formas de comercialización buscando mayor rentabilidad y el menor riesgo posible en su inversión.

- *Comercialización/financiamiento y subsidios:* las formas de comercialización se adecuan a los estímulos que promueva el Estado, favoreciendo a los compradores para la obtención de tasas preferenciales o subsidios.

- *Trato al cliente/rentabilidad:* el trato al cliente incide en la credibilidad de la organización promotora y es además la mejor forma de mercadear la empresa y sus productos, incidiendo a mediano y largo plazo en la rentabilidad.

**Mercado/lecciones aprendidas**

- *Producto/información registrada:* el registro de las ventas de las tipologías desarrolladas en una determinada zona permite conocer el comportamiento del mercado y hacer los ajustes cuando sea necesario.

**Técnico constructivo/económico**

- *Control/egresos:* el control de la obra monitorea especialmente el avance de la ejecución y sus costos asociados, comparándolo con lo planificado.

- *Procura y contratación/egresos:* las dificultades para disponer de materiales para la construcción ocasionan retrasos en la obra y mayores egresos de los previstos por tener que recurrir a mercados paralelos.

- *Procura y contratación/rentabilidad:* manejar adecuadamente la procura y contratación, de acuerdo al sistema constructivo seleccionado, es indispensable para lograr la rentabilidad esperada. La baja disponibilidad de materiales y equipos, y la falta de mano de obra calificada disminuyen la rentabilidad.

- *Sistemas constructivos/egresos:* la selección de la tipología de vivienda y en consecuencia del sistema constructivo lleva asociados unos egresos vinculados a materiales, equipos y mano de obra necesarios para su construcción.

- *Tiempo/rentabilidad:* la inversión de recursos en un proyecto busca lograr cierta utilidad en el menor tiempo posible.

**Técnico constructivo/lecciones aprendidas**

- *Control/registro:* el control del proyecto, por más minucioso que sea, si no queda registrado adecuadamente poco puede aportar a la mejora continua de la organización.

- *Control/información registrada/usuarios*: el monitoreo constante del proyecto debe ser registrado formalmente para que exista una fuente de consulta confiable para futuros proyectos.

### COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE PROCESOS DE CIERRE DE LAS ÁREAS DE CONOCIMIENTO DEL PMI Y LOS TEMAS EMERGENTES

Como se mencionó anteriormente, la fase de cierre del proyecto comprende la entrega apropiada del producto y la evaluación del desempeño por parte de la organización con su consecuente aprendizaje, siendo este último aspecto el eje central de este reporte de investigación.

En el caso específico de los proyectos de construcción, el *Project Management Institute* presenta los procesos de cierre correspondientes a siete áreas de conocimiento, los cuales se

entrelazan con los temas emergentes, tal como se indica a continuación (cuadro 10).

*Gerencia de integración*: cierre del proyecto: “Cerrar el proyecto o la fase es un proceso que consiste en finalizar todas las actividades en todos los grupos de procesos de la gerencia de proyectos para completar formalmente el proyecto o una de sus fases”<sup>2</sup> (*Project Management Institute*, 2008, pág. 99).

- *Técnico-constructivo*: el monitoreo periódico y constante permite reportar al cierre del proyecto su prosecución y resultados. Dada la complejidad de la contratación y la procura, es vital hacer énfasis en la disponibilidad de materiales y equipos en la zona donde se construirá el desarrollo.

- *Económico*: las políticas de Estado referentes a estímulos para la construcción y adquisición de viviendas impacta la totalidad del proyecto desde su concepción. Para potenciar los efectos positivos de estas políticas es importan-

Cuadro 10. Comparación de resultados con los procesos de cierre de las áreas de conocimiento del PMI

		Temas emergentes				
		Mercado	Técnico-constructivo	Económico	Legal	Lecciones aprendidas
Objetivos de la organización						
Procesos de cierre de las áreas de conocimiento de proyectos de construcción	Gerencia de la integración: cierre del proyecto					
	Gerencia de recursos humanos: cierre del equipo (*)					
	Gerencia de comunicaciones: cierre administrativo (*)					
	Gerencia de procura: cierre de la procura					
	Gerencia de seguridad: administración y reporte (*)					
	Gerencia financiera: administración y reporte (*)					
	Gerencia de reclamos: resolución de reclamos (*)					

(\*) estos procesos de cierre son exclusivos de los proyectos de construcción

2 Original en inglés: *Close Project or Phase is the process of finalizing all activities across all of the Project Management Process Groups to formally complete project or phase.*

te verificar el impacto que han tenido en el proyecto, registrarlo y visualizar su manejo futuro.

- *Legal*: el ordenamiento jurídico y las condiciones políticas son variables que intervienen y afectan la prosecución de un proyecto. Si bien en muchos casos no son previsibles, se debe mantener un seguimiento constante del ordenamiento jurídico nacional, estatal y municipal.

- *Lecciones aprendidas*: el fin último de la evaluación de cierre de un proyecto es el aprendizaje organizacional; en la medida en que sea más explícito y fluya por toda la organización va a ser más efectivo, además, se deben generar por escrito informes que serán consultados en proyectos futuros. La existencia de esa información garantiza el acceso por parte de los miembros de la organización que lo requieran, hayan o no participado en proyectos anteriores y además evita que con el transcurrir del tiempo se distorsione.

*Gerencia de recursos humanos*: cierre del equipo. Generalmente el equipo no se mantiene durante todo el proyecto. Cuando van finalizando las responsabilidades los miembros son liberados (a) vuelven a su departamento de origen, (b) son asignados a otro proyecto o (c) se abren nuevamente al mercado laboral. Esto debe ser abordado por todos los miembros del equipo<sup>3</sup> (Project Management Institute, 2003a, pág. 62).

- *Objetivos de la organización*: el recurso humano como parte viva de la organización es el que aprende y mejora, por eso una baja rotación del personal hace que los procesos sean más fluidos.

- *Técnico-constructivo*: uno de los aspectos más importantes es la capacitación que tenga la mano de obra en una determinada zona para escoger el sistema constructivo, la baja capacitación genera retrasos y costos por defectos constructivos.

*Gerencia de comunicaciones*: cierre administrativo. Quizá ningún proceso es más importante en el diseño y la construcción de un proyecto debido a la cantidad y diversidad de sus involucrados, y porque es vital para el éxito que la comunicación de la información sea oportuna y exacta<sup>4</sup> (Project Management Institute, 2003a, pág. 65).

- *Mercado*: la comunicación fluida con el cliente lo hace partícipe directo del proyecto y genera confianza en la organización promotora. Esta condición se hace más importante cuando hay tanta inestabilidad en la promoción y construcción de viviendas.

*Gerencia financiera*: administración y reporte. Consiste en "diseñar y mantener una base de datos de almacenamiento/recuperación de información financiera para permitir un control financiero fluido"<sup>5</sup> (Project Management Institute, 2003a, pág. 118).

- *Rentabilidad*: los reportes del desempeño financiero permiten mantener una base de datos que puede ser actualizada con información presente o por fórmulas inflacionarias para proyecciones a futuro.

*Gerencia de reclamos*: resolución de reclamos. Los reclamos pueden surgir aún cuando se realicen esfuerzos concertados para evitar-

3 Original en inglés: *Usually the entire team will not stay together to the end of the project. As certain responsibilities are completed, those team members are released to (a) return to their source department, (b) be assigned to another (construction) project, or (c) be returned to their point of hire and the open job market. When the project is completed, all of the remaining team members.*

4 Original en inglés: *Perhaps no process is more important in the design and construction of a project because of the number and diversity of the key players, and because it is vital to the success of the project that the communication of information be timely and accurate.*

5 Original en inglés: *Designing and maintaining a financial information storage/retrieval database to enable financial control to proceed in a smooth way.*

los (...) el objetivo es resolver estas cuestiones lo más pronto posible y en las instancias más bajo de la organización. El proceso comienza con la negociación, tal vez en más de un nivel, antes de pasar a la mediación, arbitraje y litigio, dependiendo de los recursos que ofrezca el contrato<sup>6</sup> (Project Management Institute, 2003a, pág. 130)

- *Mercado*: la relación con el comprador no culmina al momento de la entrega de la vivienda. La organización, para lograr credibilidad y la recomendación boca a boca, debe dar un lapso razonable en el cual se reciban reclamos por problemas constructivos y darles respuesta oportuna.

## CONCLUSIONES

Del análisis de la información suministrada por los promotores participantes, se pudieron identificar aspectos relevantes sobre la forma en que manejan la fase de cierre del proyecto desde la perspectiva evaluativa y la visión que tienen sobre ella, en términos del aprendizaje organizacional y la mejora continua.

Los aspectos emergentes más resaltantes son el tema económico (vinculado a la inversión de capital esperando una utilidad), seguido del técnico-constructivo (correspondiente a la ejecución que es donde más recursos se consumen). Coincidentemente, el eje transversal económico/técnico-constructivo el que tiene mayor presencia. Si bien esto está vinculado con el fin último de obtener beneficios de la inversión, no se puede olvidar que el flujo de efectivo de un proyecto está conformado por

ingresos y egresos que, minimizando los primeros y aumentando los segundos se obtiene una utilidad mayor y eso solo es posible cuando la toma de decisiones está enfocada y alineada con los objetivos de la empresa, el conocimiento del mercado al cual se dirige el desarrollo, así como a la utilización de tipologías y/o sistemas constructivos apropiados.

Otro elemento importante en el que concuerdan los promotores entrevistados es que a raíz de la problemática de la vivienda (existente desde inicios del siglo pasado) y el interés que manifiesta el gobierno para solucionarlo, podría ser momento de grandes oportunidades. Sin embargo, lo que ha prevalecido es una serie de políticas inconexas, cambiantes e incluso incompatibles entre sí, que lo que han generado es mayor incertidumbre y en consecuencia una suerte de paralización por parte de los promotores. Esto hace indispensable que la organización mantenga su conexión consigo misma y con la realidad, y esté dispuesta a fortalecerse a través de un aprendizaje sostenido y reflexivo que fluya por todos los canales de la organización con el fin de ser utilizado en proyectos futuros.

Cuando se intenta establecer conexiones entre el día a día de la promoción de viviendas en Venezuela y los procesos de cierre correspondientes a las áreas de conocimiento de los proyectos de construcción, se observan coincidencias que deben potenciarse pero también muchas debilidades que deben minimizarse. Estas últimas están muy asociadas a la alta incertidumbre que perciben los promotores que rodea a la producción de viviendas en Venezuela.

6 Original en inglés: *Even with a concerted effort to prevent claims they still may arise (...) when this situation arises, there begins a step-by-step process to resolve these questions. It is axiomatic that the longer this process takes the more expensive and disruptive it is to both parties. Therefore, the goal is to settle these issues soon and at the lowest point in the organization as practicable. The process begins with negotiation, perhaps at more than one level, before moving on to mediation, arbitration, and litigation; depending on the remedies afforded by the contract.*



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. Cuarta edición. México DF: McGraw-Hill.
- Project Management Institute (2008). A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide-Fourth Edition. Pennsylvania.
- Project Management Institute (2003). Construction Extension to A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)-2000 Edition. Pennsylvania.
- Project Management Institute (2000). A Guide to the Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide, 2000 Edition. Pennsylvania.
- Sandoval Casilimas, C. A. (2002). Investigación Cualitativa. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ARFO Editores e Impresores Ltda. Bogotá.

**CONSTRUCCIÓN EN ALTURA: MECANISMO  
ECONÓMICO Y ACCIONES DE POLÍTICA**  
**(La "participación en plusvalías" y el "suelo creado")**  
**THE "PARTICIPACIÓN EN PLUSVALÍAS"**  
**("participation in betterment" and the "solo criado"**  
**("land created")**

**SAMUEL JARAMILLO**

Economista. PhD Urbanismo.  
Profesor titular e investigador del  
Centro de Estudios para el Desarrollo  
Económico CEDE y de la Facultad de  
Economía de la Universidad de los  
Andes. Bogotá

**RESUMEN**

En este texto, de naturaleza teórica, se avanza un esquema de interpretación desde la tradición del pensamiento económico marxista (algo que es relativamente excepcional) sobre los mecanismos subyacentes del mercado inmobiliario que modulan la edificación en altura y los precios del suelo. A la luz de este marco analítico se examinan dos instrumentos de captura de incrementos en el precio del suelo ligados al aumento en la densidad constructiva que se aplican en dos países de América Latina: la "Participación en Plusvalías por mejor aprovechamiento" de Colombia y el "Suelo Creado" de Brasil.

**Descriptores**

Suelo urbano, mercado inmobiliario, planificación urbana

**ABSTRACT**

*In this paper, with a theoretical nature, in the tradition of Marxist economic thought (which is relatively rare), is advanced a scheme of interpretation about the underlying mechanisms that modulate the use of high rising techniques in building and the urban land prices. With this analytical framework examines two instruments of capture of land price increases linked to augmentation in construction density that are used in two Latin America countries: the "Participación en Plusvalías" ("Participation in betterment") of Colombia and the "Solo Criado" ("Created soil") in Brazil.*

**Descriptors:**

*Urban land, real state market, urban planning, urban economics*



## CONSTRUCCIÓN EN ALTURA: MECANISMO ECONÓMICO Y ACCIONES DE POLÍTICA

### LA CONSTRUCCIÓN EN ALTURA: POTENCIALIDADES Y LIMITACIONES

Sin duda uno de los avances técnicos más notables en las ciudades contemporáneas es la construcción en altura. La ingeniería moderna ha hecho enormes progresos y hoy es posible multiplicar por un número muy grande de veces la cantidad de espacio construido que puede producirse en un mismo terreno. De hecho, los enormes rascacielos, con alturas casi inverosímiles, son un emblema de nuestra civilización y un símbolo del poder técnico y económico que ella ha conquistado.

Esta técnica ofrece potencialidades evidentes para racionalizar el uso del espacio: aumenta la accesibilidad y multiplica las posibilidades de interacción espacial; disminuye el tamaño y la frecuencia de los desplazamientos, reduciendo los costos de transporte tanto en términos temporales como monetarios; comprime los costos de suministro de infraestructura y de redes en comparación con formas de ocupación del espacio menos densas. Esto ha hecho que esta técnica prolifere y que sea además promovida por las políticas públicas pero hay que tener en cuenta que también tiene limitaciones, lo cual parece hacer necesaria y conveniente la acción pública al respecto.

Una de estas limitaciones es de tipo técnico-urbanístico. Librada a su desarrollo espontáneo en una economía de mercado esta técnica puede conducir a resultados negativos: más allá de cierto grado de densidad, los problemas de congestión de transporte se vuelven temibles, los espacios públicos se tornan insuficientes, la provisión de infraestructura aumenta sus costos, y surgen inconvenientes de asoleamiento, paisajísticos, de ruido, etc. que producen desasosiego y tensiones en el uso de la ciudad y dificultan su operación. Por sí mismo el mecanismo del mercado no parece poder prevenir

lo que podríamos denominar “hiperdensificación”: quienes obtienen los beneficios y quienes sufren las consecuencias de estos eventos no siempre son los mismos, los efectos se manifiestan con frecuencia con muchísimo retraso y la información al respecto es muy limitada. Por ello se justifica que el Estado establezca normas que regulen esta práctica y que le ponga límites en ciertas circunstancias. Lo cierto es que uno de los aspectos más pautados y codificados en las ciudades contemporáneas es la densidad constructiva: las normas urbanísticas determinan de manera bastante precisa y detallada las alturas máximas que pueden tener las edificaciones en los distintos sitios de la ciudad así como también –de manera indirecta– otras normas que en principio no tienen este propósito desembocan en límites para la densidad constructiva.

El fenómeno que nos ocupa tiene una implicación económica que suscita bastantes controversias. Existe una asociación clara entre la utilización de la construcción en altura y la magnitud de los precios de la tierra en las ciudades. En general los precios del suelo se tornan más elevados a medida que la densidad constructiva es mayor. Esto conduce a una percepción, cuya validez precisa vamos a discutir aquí, que señala que la autorización por parte de las autoridades urbanísticas de una mayor densidad favorece al propietario de los terrenos implicados, pues aumenta el precio de su propiedad. Pero de otro lado, para los organismos estatales locales encargados de suministrar la infraestructura urbana, es claro que en las áreas a las que se les autoriza una mayor densidad constructiva los costos de equipamiento se vuelven más onerosos: las redes de servicios deben tener allí mayor capacidad, la vialidad debe ser más amplia, etc. Si, como es lo más generalizado, estos últimos gastos corren por cuenta de entidades estatales, se presenta una nítida contradicción: una decisión de las auto-

ridades urbanísticas permitiendo que un área se desarrolle con mayor densidad le implica un aumento en los gastos fiscales, es decir una mayor contribución del conjunto de la población, pero también induce un beneficio, en este caso privado, a los propietarios de los terrenos implicados, con el agravante de que estos últimos tienen un papel absolutamente pasivo al respecto. En otras palabras, se trataría de un caso evidente de socialización de costos y de privatización de beneficios.

Esta paradoja es tan evidente que hoy en día, al menos en la teoría y en los principios, se difunde la noción de que esto es algo que debe corregirse; que estos beneficios que normalmente las autoridades otorgan de manera unilateral no deberían ser concedidos gratuitamente; que por los permisos de aumento de densidad se debe exigir al propietario alguna contraprestación para asumir los mayores costos fiscales tanto directos como indirectos que esto conlleva, sobre todo teniendo en cuenta que estos privilegios aumentan el patrimonio de esos propietarios.

Claro está que las medidas encaminadas a este fin despiertan también oposición y la adopción efectiva de instrumentos encaminados a obtener estas contraprestaciones para la comunidad, a través del Estado, es menos generalizada de lo que podría esperarse. En América Latina parece haber una amplia tradición que desconfía de que se impongan límites a la propiedad y en particular a la propiedad territorial, y por ello tal vez el grado efectivo de utilización de este tipo de medidas es aún más restringido.

Sin embargo, en las ciudades latinoamericanas las paradojas al respecto de la propiedad territorial son especialmente agudas. Nuestras ciudades han crecido y siguen creciendo a enormes velocidades y esto genera una enorme presión para ofrecer el equipamiento necesario para ampliar el área urbanizada. La debilidad fiscal de nuestros estados ha conducido a una aguda penuria de tierra urbana equipada lo

que condena a la precariedad a gran parte de la población y la empuja a prácticas informales que *a posteriori* aumentan aún más los costos fiscales. La incongruencia se magnifica si tenemos en cuenta que no solamente el crecimiento de las ciudades hace aumentar los precios del suelo, favoreciendo a sus propietarios sin que estos hayan hecho nada para ello, sino que la escasez de tierra urbanizada hace que los precios de los terrenos alcancen niveles aún más elevados. Digamos que las compensaciones de las que estamos hablando parecen ser aún más urgentes en nuestro medio.

Esta evidencia ha hecho que, a pesar de las dificultades, en algunos países comiencen a introducirse instrumentos que buscan precisamente dar algo de equidad a esta situación tan desequilibrada. Algunas de las herramientas con las cuales se ha experimentando apuntan precisamente a capturar por parte del Estado los incrementos en los precios del suelo suscitados por la construcción en altura y, más específicamente, por las autorizaciones de edificabilidad consignados en las normas urbanísticas. Entre las más visibles mencionemos el llamado "Suelo Creado" en Brasil y en Colombia, una de las variantes de la "Participación en Plusvalías", en este caso cuando la causal es "el mayor aprovechamiento".

Alrededor de ellas hay grandes discusiones. En principio la controversia se da entre los que están a favor y los que están en contra de utilizar estas herramientas. Pero incluso entre quienes son favorables a ellas no hay consenso sobre sus impactos, sobre la manera de instrumentarlos y sobre sus posibles obstáculos. Este debate tiene varias dimensiones, pero a nuestro juicio algunos de estos desencuentros surgen de una circunstancia específica: el conocimiento limitado sobre los mecanismos económicos que subyacen a este fenómeno, algo que con frecuencia conduce a equívocos. La mera intuición no es la mejor consejera en estos asuntos y el mercado de los suelos urbanos tiene pautas que no siempre coinciden con ella. Este tex-

to pretende contribuir a este debate mediante la presentación de un dispositivo de exposición que aspiramos sea útil para centrar la discusión, aclarar ciertos equívocos, y facilitar la búsqueda de herramientas operativas.

Nuestra reflexión se inscribe en la tradición del análisis marxista, que a nuestro juicio es particularmente fructífero para dar luz sobre ciertos aspectos del mercado del suelo que son decisivos en este debate. Hace parte de una investigación teórica sobre el funcionamiento del mercado de tierras que hemos venido desarrollando desde hace bastante tiempo, cuya formulación comprehensiva más reciente se presenta en un texto de 2009 (Jaramillo, 2009). Procuraremos reflexionar en un nivel de abstracción básico, con categorías que tengan el rigor del análisis económico, pero que puedan ser percibidas por personas que no necesariamente sean especialistas en Economía o en Economía Urbana.

## LOS DETERMINANTES DE LA CONSTRUCCIÓN EN ALTURA

### ¿Qué explica la construcción en altura?

Para empezar a reflexionar sobre el funcionamiento económico de la construcción en altura registremos dos hechos. El primero de ellos: no todo el espacio urbano se construye con la misma densidad de construcción. Algunos terrenos se construyen con edificios de muchas plantas, otros están ocupados por inmuebles de un solo nivel. El segundo es que existen ciertas pautas que trascienden la casuística de los predios individuales: la densidad de construcción parece estar modulada con magnitudes predominantes en ciertas áreas de la ciudad y en esto se presenta un cierto escalonamiento.

¿Cómo explicar esto? ¿Cómo explicar que en Nueva York el centro de Manhattan concentre algunos de los edificios más altos del mundo, mientras que otras áreas tienen una altura predominante más moderada, y en la perife-

ria de Long Island, por ejemplo, lo que abunda son viviendas unifamiliares en lotes de media hectárea?

Una primera tentación es atribuir esto a la misma regulación urbana. Las zonas de baja densidad lo son así porque está prohibido producir en altura, y las que exhiben alta densidad responden a que eso está permitido. Ello implicaría suponer que los promotores siempre construyen a la máxima densidad autorizada. Pero este no parece ser el caso: la heterogeneidad en la densidad de construcción entre diversas áreas y su gradación parecen existir aún en ausencia de regulación y con frecuencia las alturas predominantes son inferiores a las permitidas por las normas urbanísticas. La regulación eventualmente influye pero modificando un proceso que tiene su propia lógica.

Otra opción es atribuir estas diferencias en la altura de la construcción a la diversa capacidad económica de los constructores. Tiene una implicación subyacente y es que la producción en altura siempre es preferible (una forma de producción más avanzada y eficiente) y los constructores la usan en la medida en que su capacidad económica se lo permita (y que les sea autorizado reglamentariamente). Si en algunas áreas se construye con una altura menor que la permitida por las normas, esto se debería a que los promotores no tienen el capital suficiente para hacerlo. De nuevo, la disponibilidad de recursos de inversión es un asunto que eventualmente influye, pero parece existir una dinámica que va más allá de esto: de hecho los mismos capitales promotores construyen con diversa densidad en distintas secciones de la ciudad. No sería raro que una misma firma promotora produjera rascacielos en Manhattan y chalets unifamiliares en Long Island. No basta tener la capacidad de inversión necesaria para producir un inmueble en gran altura para que esta sea la técnica escogida.

Un promotor podría contestar a estas preguntas con un planteamiento que para él no reviste ningún misterio: se construye con mayor

altura en las áreas donde los precios del suelo son más altos. Se sustituye tierra por capital, dirían otros con mayor pretensión de sistematicidad, donde los precios del suelo son elevados. Indudablemente la referencia a los precios del suelo es valiosa, pero como explicación, tal como está formulada esta interpretación, es insuficiente. De una parte, se da por sentado, sin explicación, esta diversidad en la magnitud de los precios de la tierra. Se hace aparecer el precio de la tierra como un costo, algo que puede parecer evidente para la práctica individual del inversionista, pero que es una visión inadecuada para una interpretación global. Y adicionalmente, se podría decir que la dirección de la causalidad entre los dos elementos en cuestión podría invertirse, es decir, podría afirmarse que los precios del suelo son altos porque se construye en altura. De hecho las estadísticas eventualmente sugieren la existencia de una relación en este sentido.

#### Un mecanismo autorregulador: el mercado inmobiliario

Lo que aquí se plantea es que más que una causalidad simple en una u otra dirección entre precios del suelo y altura de construcción, existe en el mercado inmobiliario capitalista un dispositivo mercantil que articula fundamentalmente dos aspectos: el costo de producción de las técnicas de construcción en diversa altura, por un lado, y por el otro, los precios de venta del espacio construido, que alcanzan magnitudes diferentes en los distintos lugares de la ciudad. La interacción de estas dos variables modula de manera simultánea tanto el monto de los precios que alcanzan los terrenos como la altura o densidad constructiva predominante en las distintas zonas de la ciudad.

#### Los costos de la construcción en altura

A la pregunta de por qué se construye en altura se responde a veces con algo relacionado con los costos de la construcción: se plantea que se trata de una técnica más avanzada que la construcción en baja densidad y que por lo tanto la respuesta a esta inquietud es trivial: se usa porque es una forma de producir más eficiente. Pero la pregunta tiene pertinencia si tenemos en cuenta una circunstancia que no siempre es clara para muchos: independientemente de su complejidad técnica, la construcción en altura implica costos más elevados que la construcción horizontal<sup>1</sup>. En efecto, si el espacio construido no es edificado en una sola planta, sino que se decide hacerlo en altura, se incurre en costos adicionales que van creciendo a medida que aumenta el número de niveles (con una cierta discontinuidad, hay que advertir): la cimentación y la estructura deben ser más sofisticadas; a partir de cierta altura se deben usar aparatos para la circulación vertical y se debe destinar una parte considerable de espacio construido para este fin; y cuando se trata de rascacielos, en necesario tomar medidas antisísmicas, anti-deformantes, contra el viento, y complicados mecanismos de regulación del agua potable, de eliminación de desechos y aguas negras, entre otras. Además, para construir un inmueble en varios niveles el periodo de trabajo se prolonga de manera considerable.

#### La modulación espacial del precio del espacio construido

De otro lado, el precio de venta del espacio construido varía en el espacio urbano. Esto se da fundamentalmente por razones que no atañen a la producción del espacio construido,

1 A veces se confunde construcción en altura y economía de escala, o se piensa que lo primero implica siempre lo segundo. A lo que nos referimos aquí es que los costos de construcción aumentan con la altura para producir una misma cantidad de espacio construido.

sino a su consumo. Por su misma naturaleza el territorio de la ciudad tiene características diferenciales para el ejercicio de cada actividad urbana: existen lugares donde hay más afluencia de compradores y por lo tanto los comerciantes, en circunstancias similares, obtienen ganancias superiores. La competencia mercantil entre ellos determina que estén dispuestos a pagar precios superiores por el espacio construido en cada lugar. Algo similar puede decirse de la actividad de la vivienda, para la cual los terrenos pueden estar más o menos alejados de sus valores de uso complementarios, o pueden ofrecer una mayor o menor distinción social. O para las actividades industriales, que tienen distintos costos en diferentes localizaciones. Además, estas actividades compiten entre sí, imponiéndose, en principio, la que en cada lugar ofrezca un precio más elevado. Este fenómeno complejo es objeto de la mencionada reflexión sobre la Teoría de la Renta del Suelo Urbano, y esto en particular se conoce como Rentas Urbanas Secundarias (Jaramillo, 2009). No es preocupación central aquí examinar en detalle esta dinámica, por lo tanto retenemos solamente dos aspectos ya mencionados: el precio del espacio construido no es uniforme en el espacio, y su magnitud obedece fundamentalmente a aspectos atinentes no a su producción, sino a su consumo (a las actividades que se desarrollan sobre el espacio construido).

### La formación del Precio del Suelo

La articulación de las condiciones de producción y de consumo del espacio construido urbano, en presencia de las características espaciales del territorio de la ciudad (heterogeneidad, pautas colectivas de uso diferenciado de sus distintas secciones, etc.) determinan el surgimiento del Precio del Suelo Urbano. Haremos aquí una presentación esquemática muy simplificada, y nos apoyaremos en un ejemplo numérico sencillo que facilite su explicación.

Supóngase que se va a construir en un determinado lugar un cierto número de metros

cuadrados de espacio construido, a lo que llamaremos (M), y que supondremos que sean 100 m. Vamos a suponer una técnica constructiva, que por lo pronto es única, que implica una cierta densidad de construcción, es decir una relación entre esta superficie construida y una determinada magnitud de terreno, a lo que llamaremos (T), y que en nuestro ejemplo serán 100 metros cuadrados de tierra. A la relación  $M/T$  la llamaremos Índice de Construcción (IC), y aquí hemos supuesto que tiene una magnitud de 1, es decir que para construir un metro cuadrado de espacio construido se requiere un metro cuadrado de tierra. A esta relación también se le conoce como *Edificabilidad*.

Por otro lado, esta técnica tiene costos. Supóngase que para construir cada metro cuadrado de construcción el promotor debe gastar una unidad monetaria. A esto lo llamamos Costo Unitario (CU) que en nuestro caso lo vamos a hacer igual a 1,0. Para producir los 100 metros cuadrados de espacio construido, un promotor debería invertir 100 unidades monetarias, a lo que llamaremos Costos Totales o Capital (K). De otro lado en la economía existe un cierto nivel de remuneración a las inversiones considerado normal por los capitalistas. A eso lo llamamos Tasa de Ganancia Media ( $g'$ ) y en nuestro caso vamos a suponer que es del 20%. Si nuestro inversionista pudiera vender su producto a un precio que cubriera su capital más su ganancia media obtendría su remuneración normal, la misma que captaría en cualquier otra inversión. A esto lo llamamos Precio de Producción (PP) y sería igual al capital aumentado en la tasa de ganancia:

$$PP = k (1 + g')$$

En nuestro caso, dada la tasa de ganancia de 0,2, la magnitud del Precio de Producción sería de 120, de lo cual corresponde 100 al capital y 20 a lo que podemos llamar ganancia normal (G).

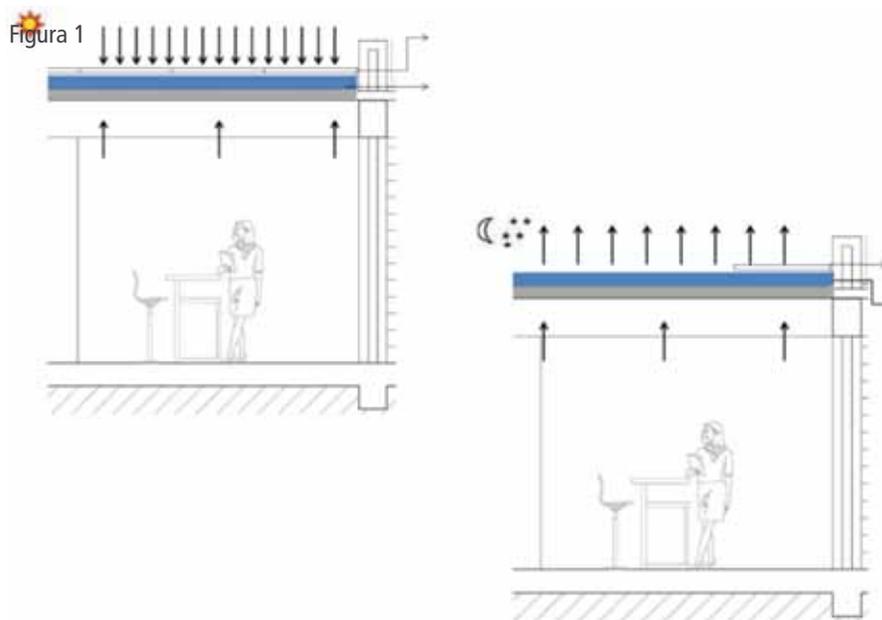
Por otro lado, el espacio construido tiene un precio de venta. Vamos a llamar Precio Unitario de Mercado (PUM) lo que se paga por

cada metro cuadrado de espacio construido, que como hemos dicho, no es uniforme en el espacio. Para ilustrar esto tomemos como referencia un caso hipotético de un uso único residencial y lotes que tienen diversas distancias a un centro único que concentra todas las actividades complementarias a la vivienda. A medida que el terreno es más alejado del centro, el consumidor debe pagar un Costo de Transporte (CT) mayor. Supongamos que el consumidor que está más alejado lo máximo que puede pagar para tener una vivienda es una magnitud igual al Precio de Producción de ella, y los Costos de Transporte que su localización implica. Desde luego que los consumidores que están más cercanos al centro y que tienen menos costos de transporte podrían disfrutar de su vivienda pagando por ello un costo total menor. Todos quisieran localizarse en los lugares más cercanos. La competencia entre ellos hará que los consumidores estén dispuestos a pagar por los lugares más cercanos un sobreprecio por encima del precio de producción. En el límite este sobreprecio será equivalente a la diferencia en los costos de transporte con respecto a la vivienda peor situada. Por ello el precio que se paga por la vivienda, incluyendo el Precio de Producción y este sobreprecio (dife-

rencia en costos de transporte) irá descendiendo a medida que las viviendas se alejan.

Pero para los promotores que construyen las viviendas en los lotes favorecidos, sus costos, incluyendo su ganancia normal, permanecen inalterados y son iguales a los que tienen quienes construyen en los lugares más alejados. El sobreprecio que pueden cobrar implicaría, en principio, que percibirían una ganancia extraordinaria. Todos los promotores quisieran construir en estos lugares. Pero como esta ganancia extraordinaria depende enteramente de la localización de los lotes, y no de ninguna circunstancia que sea del resorte de los mismos empresarios, quien controla esta virtualidad – el propietario de la tierra– mediante la competencia entre promotores, podrá cobrar esta sobreganancia como renta (R) que, en esta presentación simplificada, la haremos equivalente al Precio del Suelo (PS). La figura 1 ilustra gráficamente lo que acabamos de exponer.

Subrayemos que el precio de venta de los inmuebles no es el resultado de la acción unilateral de sus vendedores: depende de la competencia entre ellos y con los compradores. La renta, como se ve no es rigurosamente un costo, sino una sobreganancia. Otra cosa es que



Fuente: elaboración propia

al promotor le aparezca como costo porque el propietario la anticipa en la forma de Precio del Suelo al comienzo de la transacción, pero así como el vendedor no puede cambiar unilateralmente el precio del inmueble, el terrateniente no puede cobrar lo que quiera por su tierra y la competencia lo obliga a ceñirse a la sobre-ganancia que pueda surgir en su terreno dadas estas condiciones generales tanto en la producción como en la circulación.

Expresemos esto en cifras de nuestro ejemplo hipotético. Supongamos que en un terreno específico el Precio Unitario de Mercado es de 1,6 unidades monetarias. Eso quiere decir que si el promotor vende allí sus 100 unidades de espacio construido obtendrá en el mercado un total de 160 unidades. A esta magnitud la llamaremos Precio Total de Mercado (PTM)

$$PTM = PUM \times M = 1,6 \times 100 = 160$$

Ahora bien en este caso la Renta Total (R) (o Precio del Suelo Total) sería igual a la diferencia entre el Precio Total de Mercado y el Precio de Producción, ya que esta es la magnitud justamente de la eventual ganancia extraordinaria. En nuestro caso este monto sería de 40:

$$R = PTM - PP = 160 - 120 = 40$$

Llamaremos entonces Renta Unitaria (r) a lo que se paga por cada metro cuadrado de tierra, que sería la relación entre la Renta Total y el área del terreno, en nuestro caso 0,40 unidades monetarias:

$$r = R/T = 40/100 = 0,4$$

## CONSTRUCCIÓN EN ALTURA Y PRECIO DEL SUELO

### Un ejemplo numérico

Introduzcamos ahora con un ejemplo numérico la interacción entre costos de cons-

trucción y precios del espacio construido y veamos cómo ella regula tanto la técnica en altura empleada como el precio del suelo que resulta.

Supongamos que ahora tenemos dos técnicas de construcción. La primera es la que ya hemos mostrado en la ilustración anterior. Su Índice de Construcción es de 1 (muy esquemáticamente, se construye en un nivel) y su Costo Unitario es de 1. La llamaremos técnica de *Baja Densidad*. Pero vamos a suponer que existe una técnica en mayor altura, a la que llamaremos técnica de *Alta Densidad*, que puede producir el doble de espacio construido en la misma área de tierra (es decir, también de manera esquemática, se edifica en dos niveles). Es decir, su Índice de Construcción es de 2. Como hemos dicho, vamos a suponer que sus costos unitarios son mayores que en la técnica anterior, por ejemplo CU=1,2.

	IC	CU
Baja Densidad	1	1,0
Alta Densidad	2	1,2

Examinemos ahora las cifras correspondientes si se quisiera producir los mismos 100 metros cuadrados de espacio construido con una u otra técnica, en una situación inicial en la que el Precio Unitario de Mercado es de 1,6.

Para la técnica en Baja Densidad el precio del suelo resultante es el que hemos señalado antes. La diferencia entre Precio Total de Mercado y el Precio de Producción es de 40 unidades y como la Tierra son 100 metros, lo que se paga por metro cuadrado de tierra es de 0,40 unidades monetarias.

Si examinemos las cifras de la técnica en Alta Densidad, dado que sus costos unitarios son de 1,2 para producir los 100 metros cuadrados de espacio construido, se debe incurrir en gastos de 120. Para remunerar normalmente el 20% este capital debe obtener una ganancia normal de 24 unidades, por lo cual su Precio de Producción será de 144. Suponemos que el Precio Unitario de Mercado en ese lugar es el

mismo que para la otra técnica, es decir 1,6 y, como la cantidad producida es la misma, 100 m<sup>2</sup> de espacio construido, su Precio Total de Mercado será también como en la técnica alterna de 160. La Renta Total en este caso, la diferencia entre PTM y PP, será menor, igual a 16 unidades. Pero como emplea la mitad de tierra, es decir, 50 m<sup>2</sup> de terreno, la renta unitaria será de 0,32 por metro cuadrado de tierra.

Esta renta unitaria es inferior a la que puede pagar el promotor si utiliza una técnica de baja densidad. Es esperable que el terrateniente exija la renta más elevada que puede cobrar, en este caso 0,4 por m<sup>2</sup> de tierra. Si algún promotor insiste en usar la técnica más densa tendrá que pagar el lote a ese precio de 0,4 x m<sup>2</sup>. Para hacerlo tendría que sacrificar parte de su ganancia media. No sería por lo tanto una práctica estable. En estas condiciones, la técnica en alta densidad no sería viable económicamente y los promotores construirían en baja densidad.

Examinemos ahora este mismo asunto con una sola variación. El Precio Unitario de Mercado es ahora superior, y es igual a 2,0. Esto puede obedecer a que se trate de otro lugar de la ciudad con mejores condiciones para el uso del espacio construido, o porque estemos ante una evolución temporal del mismo lugar, donde la demanda por espacio construido se ha expandido y ahora se paga en ese mismo sitio este precio superior.

El Precio Total de Mercado para ambas técnicas ha crecido y los 100 metros cuadrados de espacio construido pueden venderse ahora en 200 unidades monetarias. Sus costos, incluyen-

do la ganancia media no han variado, así que la Renta Total para la técnica de Baja Densidad es ahora de 80, que es la diferencia entre su PTM de 200 y su PP de 120. Como en esta técnica se emplean 100 metros cuadrados de tierra, el precio del suelo unitario será de 0,8. El aumento en 25% en el Precio Unitario de Mercado del espacio construido (de 1,6 a 2,0) ha hecho duplicar el precio unitario del suelo.

Veamos ahora qué sucede con la técnica de Alta Densidad. La diferencia ahora entre el Precio Total de Mercado y el Precio de Producción es de 56 unidades que constituyen la Renta Total. Pero como en este caso solo se emplea un lote de 50 m<sup>2</sup>, con esta técnica se puede pagar 1,12 por cada metro cuadrado de tierra. Esto es superior a la renta que arroja la técnica de baja densidad. En estas circunstancias, la técnica que se impone es la de Alta Densidad. Un promotor que intente utilizar la técnica de baja altura tendría que pagar 1,12 por metro cuadrado de tierra, algo que sólo lo puede hacer sacrificando su ganancia media. Esta técnica se torna inviable. Cuando el Precio Unitario de Mercado supera un cierto límite, no solo se hace factible la mayor altura sino que la construcción en baja altura se vuelve impracticable.

Nótese además que este mismo fenómeno no solo aumenta la densidad de construcción predominante sino que hace crecer adicionalmente el precio del suelo. Hemos visto que sin cambiar de técnica, un aumento del PUM de 1,6 a 2,0 hace crecer lo que se paga de 0,40 a 0,80. Pero con el cambio de técnica, este aumento se amplifica y llega a 1,12.

	K	G	PP	M	PUM	PTM	T	R	r
Baja Densidad	100	20	120	100	1,6	160	100	40	0,40
Alta Densidad	120	24	144	100	1,6	160	50	16	0,32

	K	G	PP	M	PUM	PTM	T	R	r
Baja Densidad	100	20	120	100	2,0	200	100	80	0,80
Alta Densidad	120	24	144	100	2,0	200	50	56	1,12

**Presentación con una formalización sencilla**

Para examinar con mayor claridad algunos aspectos el asunto que nos ocupa, vamos a hacer una presentación con una formalización sencilla. Tratemos inicialmente de expresar la relación que puede existir entre Precio Unitario de Mercado y la renta unitaria para cualquier técnica.

Partamos de la definición inicial de Renta Total, para una técnica i:

$$R_i = PTM - K_i (1+g')$$

esto puede expresarse de la siguiente manera:

$$R_i = [PUM - CUi (1+g')] M$$

traduciendo esto a términos unitarios por área de terreno

$$r_i = R_i / T_i = [PUM - CUi (1+g')] M / T_i$$

Pero como  $M / T_i = IC_i$

$$r_i = - IC_i [CUi (1+g')] + IC_i PUM$$

Destaquemos inicialmente que la gráfica que describe la relación entre  $r$  y PUM es una recta ascendente cuya pendiente es justamente el Índice de Construcción de la respectiva técnica.

De otro lado, si vemos cuál es el valor mínimo del Precio Unitario de Mercado para que la renta unitaria sea cero, lo que nos muestra el intersección de la recta anterior con el eje de las X, tenemos la siguiente expresión:

$$PUM (0) = CUi (1+g')$$

Es decir que la curva arranca en el eje de las x con un valor mínimo que sería el precio de producción unitario de la respectiva técnica. La figura 2 ilustra este asunto.

Si como en la figura 3 expresamos simultáneamente esta relación entre  $r$  y PUM para las dos técnicas, encontramos que para la técnica de Baja Densidad tendremos una curva que parte en un punto más cercano al origen en el eje de las X que el de la Alta Densidad, pero que tiene una pendiente menor. A la izquierda

Figura 2



Fuente: elaboración propia

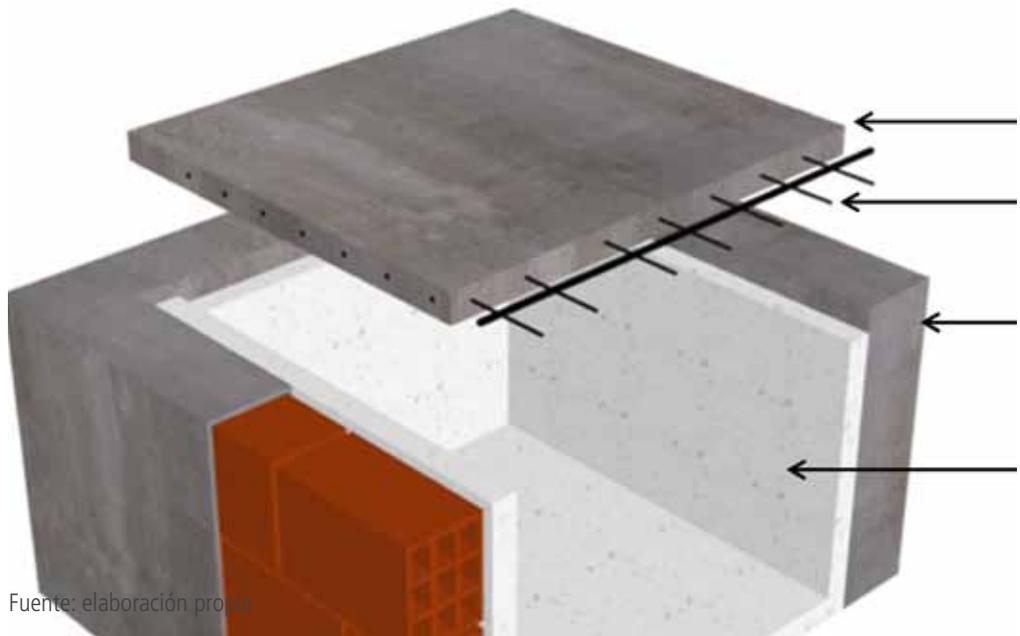
del punto X12 donde las dos curvas se cortan, la técnica en Baja Densidad arroja una renta unitaria mayor que la técnica de Alta Densidad, y será la que se imponga en el mercado en este rango de precios unitarios del espacio construido más bajos. Cuando este precio unitario de espacio construido rebasa esta magnitud X12 (que en nuestro ejemplo numérico es 1,68) la técnica en Alta Densidad arroja una renta mayor y es ella la que se impone en este rango de precios unitarios de espacio construido más altos.

Puede verse además que a partir de X12 la renta unitaria crece más rápidamente ante incrementos en el Precio Unitario de Mercado del espacio construido.

Este análisis podría reiterarse agregando varias técnicas con densidades aún mayores. Vamos a ampliar nuestro ejemplo numérico con una tercera técnica aún más densa, porque esto nos permite introducir algunas nociones adicionales.

Supongamos que existe una técnica aún más intensiva que denominaremos de *Altísima*

Figura 3



Fuente: elaboración propia

	K	G	PP	M	PUM	PTM	T	R	r
Baja Densidad	100	20,0	120,0	100	1,6	160	100,0	40,0	0,40
Alta Densidad	120	24,0	144,0	100	1,6	160	50,0	16,0	0,32
Altísima Densidad	144	28,8	172,8	100	1,6	160	33,3	-12,8	-0,38

	K	G	PP	M	PUM	PTM	T	R	r
Baja Densidad	100	20,0	120,0	100	2,0	200	100,0	80,0	0,80
Alta Densidad	120	24,0	144,0	100	2,0	200	50,0	56,0	1,12
Altísima Densidad	144	28,8	172,8	100	2,0	200	33,3	-12,8	0,81

	K	G	PP	M	PUM	PTM	T	R	r
Baja Densidad	100	20,0	120,0	100	2,5	250	100,0	130,0	1,30
Alta Densidad	120	24,0	144,0	100	2,5	250	50,0	106,0	2,12
Altísima Densidad	144	28,8	172,8	100	2,5	250	33,3	77,2	2,31

*Densidad* y que tendría como Índice de Construcción 3. Es decir, se construye en tres niveles y en un metro de tierra se pueden edificar tres metros de espacio construido. Pero los costos de construcción son aún más elevados que en las técnicas anteriores: vamos a suponer que para construir un metro de espacio con esta técnica se necesita invertir 1,44 unidades monetarias. A continuación agregamos las cifras de esta tercera técnica a lo que ya hemos presentado para los niveles de Precio Unitario de Mercado del espacio construido de 1,6 y 2,0 y añadimos un tercer nivel de precio de 2,5.

Cuando el Precio Unitario de Mercado es de 1,6, como hemos visto, la técnica que genera la renta más alta es la de Baja Densidad. La de Alta Densidad arroja una renta más reducida que la anterior, y por lo tanto no se manifiesta en el mercado. La técnica de Altísima Densidad, en tres niveles en el ejemplo, genera una renta aún más baja, en realidad negativa. Cuando se pasa a un Precio Unitario de Mercado de 2 la técnica que arroja la renta más elevada es la de dos niveles que supera la de un solo nivel. Observemos que para este precio la técnica en tres niveles induciría una renta menor que la técnica de dos niveles, y por lo tanto ni es viable económicamente ni se manifiesta en el mercado. En nuestro ejemplo esto último ocurre solamente con el Precio Unitario de Mercado del espacio construido de 2,5. Para ese precio lo que se manifiesta en el mercado es la técnica en tres niveles que induce la renta más elevada por metro cuadrado de tierra. De hecho lo que ha sucedido es que así como para pasar de uno a dos niveles se atravesó el umbral de 1,68 en el PUM, para pasar de dos a tres niveles se atravesó otro umbral, que en nuestro ejemplo es igual a 2,3.

De esta manera llegamos a una representación simplificada que ilustra el fenómeno de la gradación simultánea de las rentas y de las técnicas constructivas. En las áreas de la ciudad que tienen un precio de 1,6 se utilizarán técnicas de un nivel. La renta que allí se gene-

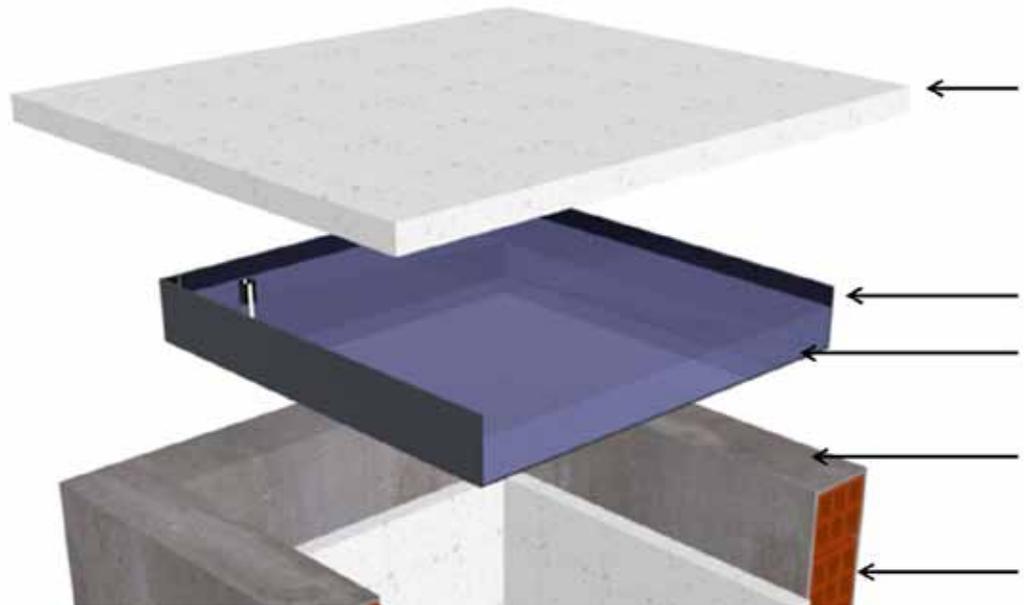
ra es de 0,4 por metro cuadrado de tierra. La inversión sobre cada metro cuadrado de tierra es de 1. En las zonas de la ciudad que tienen un precio de 2 por metro cuadrado de espacio construido, se construye en dos niveles. La renta por metro cuadrado que emerge en el mercado es de 1,12 para una aplicación de capital sobre la tierra de 2,4 unidades de capital por cada metro cuadrado de tierra. Las zonas que tienen un precio del espacio construido de 2,5 se edifican en tres niveles, arroja una renta por metro cuadrado de 2,39 y se aplica 4,32 unidades de capital por metro cuadrado de tierra. El resultado final es una relación directa entre la densidad constructiva (el Índice de Construcción) y el precio unitario del suelo ( $r$ ) pero esto es el efecto, como hemos visto, de la interacción entre los costos unitarios de las distintas técnicas y el precio unitario del espacio construido producido con ellas.

PUM	IC	CU	K/T	r
1,6	1	1,00	1,00	0,40
2,0	2	1,20	2,40	1,12
2,5	3	1,44	4,32	2,39

Introduzcamos esta tercera técnica en nuestra representación gráfica, la figura 4. El punto X23 sería el punto de quiebre entre la segunda y la tercera técnica, a partir de la cual esta última se impondría arrojando lo que llamamos Altísima Densidad. Esta presentación con una tercera técnica da una información adicional que quisiéramos destacar. Para el rango de precios que está entre los puntos X12 y X23 hemos visto que la técnica 2 arroja una renta unitaria mayor que la técnica 1 y será preferida a esta última. Pero observemos lo siguiente: en este tramo la técnica 2 no solamente genera una mayor renta que en la técnica de menor densidad, sino que también arroja una renta mayor que en la técnica de densidad superior. Allí la técnica 2 será preferible no sólo a la técnica 1, sino también a la técnica 3.

De aquí podemos sacar una conclusión muy importante. Si como lo hacemos en la figura 5

Figura 4



Fuente: elaboración propia

relacionamos la edificabilidad con la renta unitaria, encontramos que para un precio unitario de espacio construido, hay un primer rango en que a medida que aumenta la edificabilidad aumenta el precio del suelo. Pero esto tiene un punto culminante. Más allá de él el precio del suelo deja de subir y en realidad bajaría. Como es poco probable que los propietarios de la tierra reduzcan la renta exigida a los capitalistas porque estos aumenten su densidad de construcción, lo que esto quiere decir es que a partir de ese punto máximo la renta deja de subir, aunque tampoco baja: los promotores no utilizarán técnicas aún más intensivas. A este punto máximo lo llamamos Edificabilidad Económica (EE) y nos diría que para cada rango de precios hay una técnica de altura máxima que le conviene a los capitalistas. Es por ello que la densidad de construcción de las ciudades tiene un tope y no se vuelve infinita.

De nuevo, si esto lo reiteramos y presentamos simultáneamente lo atinente a varios rangos del Precio Unitario de Mercado del espacio construido, como hacemos en la figura 6, llegamos a la siguiente representación: a medi-

da que aumenta el nivel del Precio Unitario de Mercado, la Edificabilidad Económica es más elevada (el máximo de altura que los promotores están dispuestos a construir) y así mismo lo es la renta máxima que arroja su operación. De esta manera podemos decir que otra vez arribamos a la visión que nos proponíamos inicialmente: la interacción entre costos de construcción de las distintas técnicas de altura y el monto del Precio Unitario de Mercado del espacio construido arroja un escalonamiento concomitante de la altura predominante en las distintas zonas de la ciudad y del monto del precio del suelo en ellas.

### El papel de las normas urbanísticas

Hemos dicho que si bien las normas urbanísticas no son el origen de esta modulación de los precios del suelo y de las densidades constructivas de las distintas secciones de la ciudad, ellas eventualmente afectan el mecanismo que hemos descrito. Examinemos qué papel juegan en esto.

Se ha anotado que los planificadores urbanos a menudo establecen límites a la edifica-

bilidad de los terrenos atendiendo a razones técnicas. Esto se hace a través de varias vías, como la regulación directa de un máximo de edificabilidad, pero también con otras disposiciones, como topes a la altura de los edificios,

la exigencia de retrocesos, el establecimiento de límites en la densidad de unidades de habitación por área, etc. A esto lo llamaremos Edificabilidad Normativa, y se refiere al máximo autorizado en el Índice de Construcción que resulta de estas regulaciones.

Figura 5



Fuente: elaboración propia

Figura 6



Fuente: elaboración propia

Pues bien, la noción fundamental al respecto es la siguiente: la normatividad urbana tiene una incidencia en las pautas de construcción y en los precios del suelo en la medida que inhiban la acción del mercado que presentamos antes. Esto quiere decir que este impacto tiene lugar siempre y cuando la Edificabilidad Normativa concomitante con la reglamentación sea inferior la Edificabilidad Económica. Si no es así, y la Edificabilidad Normativa supera la Económica, el mercado operará como si no existiera la norma en cuestión.

La figura 7 ilustra esto gráficamente. Para una zona que tiene un Precio Unitario de Mercado determinado (PUMi) su Edificabilidad Económica le hace arrojar un precio del suelo igual a PS0. Si los planificadores ponen un tope a esta densidad constructiva y establecen una edificabilidad normativa inferior a la económica, por ejemplo en el punto de la Edificabilidad Normativa 1 en la figura, el precio del suelo que generará el mercado será PS1, que es inferior al que surgiría en ausencia de norma. Si se quisiera relajar esta restricción y de manera paulati-

na se va autorizando una mayor edificabilidad, el precio del suelo irá subiendo hasta alcanzar el nivel de la Edificabilidad Económica cuando el precio de la tierra vuelve a ser PS0. Si se va más allá, y se otorga una edificabilidad normativa mayor a la económica, por ejemplo el punto de Edificabilidad Normativa 2 en la figura, el precio del suelo no aumentará más allá de PS0. En efecto, para estos niveles de edificabilidad superiores a la edificabilidad económica los promotores no estarán en disposición de remunerar su capital y pagar ese nivel de renta. Tendrían que ofrecer un precio menor, lo cual obviamente no será aceptado por los terratenientes que podrían vender sus lotes a promotores que no excedieran la edificabilidad económica. Por lo tanto, aunque legalmente se pueda construir con una edificabilidad mayor que la edificabilidad económica, los agentes en el mercado no lo harán. En otras palabras, aquí se ilustra lo expresado inicialmente: cuando la Edificabilidad Normativa supera la Edificabilidad Económica, los agentes se comportan como si no existiera ninguna reglamentación.

Figura 7



Fuente: elaboración propia

Esto mismo puede ser visualizado de otra forma utilizando la otra modalidad de representación gráfica de estas relaciones que hemos utilizado precedentemente, como lo hacemos en la figura 8. Allí expresamos el nivel de precio del suelo que arroja cada técnica constructiva de acuerdo al precio unitario del espacio construido. La operación libre del mercado haría que cuando el precio del espacio construido supera el punto X12, la técnica en alta densidad, que implica una mayor edificabilidad es la que se impone. Pero si la norma establece que los terrenos que enfrentan precios entre X12 y X13 no permite construir en alta densidad, pues solo podrán hacerlo con la técnica alternativa de Baja Densidad, el precio del suelo será el correspondiente a esta técnica, que en este rango es inferior al que se formaría construyendo en Alta Densidad. Si la norma varía y se permite una mayor edificabilidad, obviamente el precio subiría en ese rango de precios. Pero si hago lo mismo, y para el punto X11 autorizo una Edificabilidad Normativa mayor, es decir,

permite la edificación en Alta Densidad, no se va a encontrar ninguna respuesta en el mercado: allí espontáneamente los agentes edificarán en Baja Densidad aunque puedan legalmente hacerlo en Alta Densidad.

### MECANISMOS PARA CAPTURAR LOS AUMENTOS EN EL PRECIO DEL SUELO LIGADOS A UNA MAYOR EDIFICABILIDAD

Vamos a revisar brevemente las características de los dos instrumentos que hemos mencionado encaminados a percibir alguna contraprestación de los propietarios de los terrenos favorecidos con aumentos de precios ligados a la mayor edificabilidad. Examinamos inicialmente la manera como está formulada su operación. Intentaremos posteriormente interpretar esos dispositivos con el esquema de análisis que hemos avanzado, y a partir de allí discutiremos algunos puntos que son objeto de debate.

Figura 8



Fuente: elaboración propia

## La formulación de los instrumentos

### *La Participación en Plusvalías en Colombia*

En Colombia, la Ley 388 de 1997 faculta a los organismos estatales locales para exigir al propietario que se beneficie de un incremento del precio del suelo asociado a alguna acción urbanística oficial que ceda al Estado una parte de este incremento. La figura se conoce como Participación en Plusvalías. La noción básica que está detrás de ella es la de que estos aumentos en el precio son el resultado de la acción conjunta de múltiples actores y de la comunidad de una ciudad, y que es equitativo que sus beneficiarios directos, los propietarios de los terrenos, compartan estos beneficios con la comunidad. Estas facultades están limitadas al caso de una acción específica de los organismos estatales con los cuales se pueda asociar de manera nítida este incremento. La ley habla de “acciones urbanísticas” y como tal entiende tanto inversiones públicas, como cambios en la reglamentación urbana.

Aquí nos interesa lo que tiene que ver con el aumento de la edificabilidad. Y efectivamente, uno de los causales que contempla la ley para cobrar una porción del incremento en el precio del suelo es precisamente cuando en el Plan haya un cambio en la normatividad que permita una densidad mayor (“aumenta el aprovechamiento” en el lenguaje de la Ley). La Ley y su reglamentación establecen procedimientos para calcular el crecimiento posible del precio de los terrenos involucrados y de esta magnitud estimada, los organismos locales podrán exigir entre el 30% y el 50% (según determinación del cabildo municipal) como participación a la comunidad. El cobro efectivo se da cuando los terrenos se vayan a edificar (cuando se pida una licencia de construcción) o cuando haya una transacción de la propiedad. (Barco de Botero y Smolka, 2000)..

### *El “Suelo Creado” en Brasil*

En las ciudades brasileñas existe una figura, el Cobro Oneroso de los Derechos de Construcción, que se conoce como “Suelo Creado”, que ha sido incorporada en el “Estatuto de la Ciudad” de 2001 y que justamente pretende el objetivo de recuperar para el Estado la parte del precio del suelo que puede ser adscrita a la autorización de una edificabilidad mayor a la normal. Existen algunas variantes en su operación pero el mecanismo básico consiste en lo siguiente: en el Plan se establece un nivel de edificabilidad mínimo, o Edificabilidad Básica, a la cual se considera que el propietario de los terrenos tiene derecho por el mero hecho de la propiedad y/o por el pago del impuesto general de la propiedad o impuesto predial. Hay variaciones en la magnitud de esta Edificabilidad Básica reconocida por los municipios que usan el instrumento. Como algo intuitivo originalmente, y algunos municipios conservan esta práctica, se estableció que esta edificabilidad básica debería corresponder a un Índice de Construcción igual a 1 (es decir, por cada metro cuadrado de tierra se permite la construcción de un metro cuadrado de espacio construido). Otros municipios han considerado que esta es una edificabilidad básica muy elevada que impide la operación del instrumento y reconocen como edificabilidad básica la correspondiente a Índice de Construcción más bajo. Así mismo, originalmente se planteaba que esta Edificabilidad Básica debería ser uniforme para toda la ciudad, pero hoy en día muchos municipios establecen niveles diferentes para diversas partes de la ciudad. De otra parte, y como es la práctica usual, el Plan determina una Edificabilidad Máxima, que es fijada de acuerdo a criterios técnicos para cada una de las secciones de la ciudad. Entonces, el propietario o el promotor tiene derecho a construir su terreno con la Edificabilidad Básica, pero si quiere superar este límite (sin traspasar la Edificabilidad Máxima) podrá hacerlo,

pero no de manera gratuita: tendrá que pagar una contribución al municipio por hacer uso de esta edificabilidad adicional.

Tampoco es muy preciso el monto de esta contribución, pues hay muchas variantes en los diferentes municipios. Sin embargo, el principio intuitivo es el siguiente: si existe un determinado precio del suelo en un área, y un propietario quiere construir una cierta cantidad adicional de área construida por encima de lo que le permitiría la Edificabilidad Básica, se calcula cuanto terreno debería comprar para producir este espacio construido con esta edificabilidad básica. Este sería el “Suelo Creado” virtualmente por la mayor edificabilidad, de allí la denominación del instrumento. Al propietario se le cobra entonces lo que él tendría que pagar si adquiriera el terreno para producir el espacio construido adicional. Recientemente muchos municipios estiman que este es un monto excesivo que ha trabado la utilización del instrumento y proponen un monto menor, pero siempre como una proporción del precio de este “suelo creado” (Furtado de Oliveira y Silva, 1999).

### La representación formalizada de estos instrumentos

#### *El análisis general sobre la imposición a la renta de la tierra*

Uno de los aspectos más controversiales alrededor de este tipo de instrumentos, y una de las principales objeciones para su implementación, es la noción de que este gravamen repercutirá en el precio de los inmuebles, afectará por lo tanto fundamentalmente a los consumidores y agravará problemas como el de la escasez de vivienda. Este es un punto que tienen en común las dos herramientas que hemos mencionado y, aún más, es una inquietud que se extiende a todo impuesto o contribución sobre la tierra urbana. Pero además, la dilucidación de este tópico es vital para sustentar la utilización del cuadro de análisis que hemos visto en los ins-

trumentos que analizamos: por lo tanto vale la pena discutirlo inicialmente.

La idea de que un impuesto (o una contribución) aplicado a la tierra sea trasladado al precio del inmueble que se construya sobre él es una noción que parece más bien razonable e intuitiva. De hecho es algo que se discute y eventualmente se acepta cuando se habla de la mayoría de las mercancías. Y sin embargo, parece que en este caso la mera intuición no es la mejor consejera. Distintas tradiciones teóricas sostienen exactamente lo contrario: cuando se grava la propiedad territorial, el oferente no puede transmitir esta imposición al comprador. La totalidad del impuesto lo paga el oferente, y el precio del bien, en este caso de los inmuebles, no se altera. Por lo tanto, la totalidad de la contribución que percibe el Estado se descuenta en su totalidad del precio de la tierra. El efecto será entonces más bien que el precio de la tierra baja en la misma cantidad del impuesto aplicado. Es esto lo que se conoce como “neutralidad” de los impuestos sobre la tierra y que son una característica muy excepcional de estos gravámenes. Frente a una contribución de este tipo los consumidores no se verían afectados porque siguen consumiendo la misma cantidad de bien al mismo precio. Tampoco se afectarían los inversionistas propiamente productivos, que seguirían produciendo los mismos bienes y percibiendo la misma ganancia normal por su inversión. Los únicos afectados serían los terratenientes, que verían reducir sus rentas en el monto del impuesto, pero estas rentas serían una transferencia unilateral y pasiva hacia esos agentes.

#### *El análisis neoclásico*

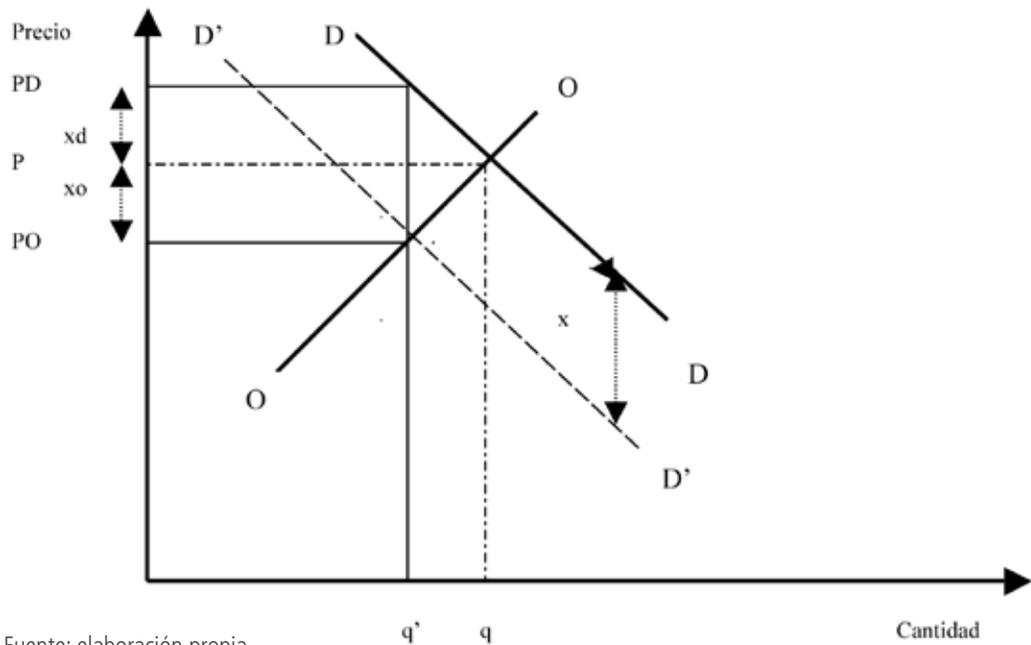
En la tradición neoclásica esto se sustenta a partir de la denominada elasticidad de la oferta de tierras. En términos generales para cualquier bien, la proporción del impuesto que puede trasladarse al consumidor es inversamente proporcional a la elasticidad de oferta de ese bien, y esta elasticidad, entendida como la propor-

ción en que el precio del bien aumenta ante un cambio en la cantidad ofrecida, depende sobre todo de aspectos técnicos en la producción de ese bien, es decir de las características de su "función de producción". Entre más inelástica sea la oferta, menos se podrá trasladar el gravamen al consumidor. Pues bien, la tierra no es un bien que sea producido. No tiene por lo tanto "función de producción". La cantidad ofrecida no puede responder a variaciones en el precio. La oferta de tierras está siempre dada, independientemente del precio que se pague por ella. La oferta sería infinitamente inelástica. La totalidad del impuesto la asume el oferente, en este caso el propietario de la tierra, pues no puede disminuir su oferta si por ella obtiene menos ingresos (lo que sí puede hacer un oferente productivo, pues si este agente ve menguar sus ingresos puede producir una cantidad menor de bienes, reduciendo su escala de producción a un nivel donde sus ganancias son mayores, entendiendo que existen rendimientos decrecientes de escala). De esta manera un impuesto sobre la

tierra lo absorbe totalmente el propietario de la tierra y hace disminuir el precio de la tierra en la misma proporción del impuesto (Hagman y Mischynski, 1978; Prest, 1981).

Si examinamos gráficamente este análisis, que es el más difundido y aceptado al respecto, en la figura 9 presentamos el impacto de un impuesto en un bien normal. Originalmente el precio resultaría de la interacción de una curva de demanda DD, que es descendente en la gráfica (ya que existe una relación inversa entre el precio que los demandantes están dispuestos a pagar y la cantidad del bien que están dispuestos a comprar) y una curva de oferta OO que es creciente, debido precisamente a los rendimientos decrecientes de escala. En ausencia de impuestos, el precio que resulta es el correspondiente a la intersección entre estas dos curvas p, y la cantidad producida y transada es q. Ahora supongamos que se introduce un impuesto de una magnitud igual a x. Una forma de representar esto es trazando la curva D'D' que podría denominarse la curva de demanda para el oferente. Cada punto de ella

Figura 9



Fuente: elaboración propia

es la sustracción de lo que paga el demandante (es decir la curva DD) menos el impuesto  $x$ : eso es lo que recibe el oferente del precio que paga el comprador. Como se reduce lo que recibe el productor, él reduce la cantidad ofrecida para ubicarse en un tramo de su función de producción con menores costos que compensen el impuesto. Pero esta reducción en la oferta induce una elevación en el precio que deben pagar los demandantes. Así el nuevo punto de equilibrio tendrá una cantidad transada y producida menor, que ahora será  $q'$  y lo que pagará el comprador será un precio más elevado, PD (Precio del demandante). Si se le descuenta el impuesto, lo que recibe el oferente será PO (Precio del oferente), que será inferior al precio inicial  $P$ . De esta manera la cantidad vendida por los productores y comprada por los demandantes será, como hemos dicho,  $q'$  que es menor que cuando no había impuesto. El precio que paga el demandante será mayor que antes y el que recibe el oferente será menor. Así, de la totalidad del impuesto pagado, puede decirse que una parte "la

paga el demandante" y será igual a la sección  $xd$  es decir la diferencia entre PD y  $P$ . La otra parte del impuesto  $x$  "la pagará el oferente" y será igual a la sección  $xo$  es decir la diferencia entre  $P$  y PO. La proporción en  $x$  de  $xo$ , es decir, la parte del impuesto "que paga el oferente" dependerá, si no hay cambios en la demanda, de la pendiente de la curva de oferta OO que es precisamente lo que se conoce como elasticidad. Cuanto más pronunciada esa pendiente, la proporción entre  $xo$  y  $xd$  aumentará.

El caso extremo es cuando la pendiente de la curva de oferta es completamente inelástica como se ilustra en la figura 10. Este sería el caso de la oferta de tierras, donde la cantidad ofrecida no puede variar con los precios pues la cantidad de tierras que potencialmente está en el mercado está dada, porque es un bien que no es producido. Si el precio baja, el oferente no puede reducir la cantidad ofrecida. Como se ve en la figura, el impacto del impuesto determina que el precio transado no cambie y sigue siendo  $q$ . Como la cantidad ofrecida no cambia, el Precio del Demandante tampoco se altera y

Figura 10



Fuente: elaboración propia

sigue siendo igual al precio original  $P$ . En cambio el precio del oferente sí se reduce a  $PO$  en una cantidad exactamente igual al impuesto  $x$ . Como se ve, el propietario no puede “trasmitir” ninguna parte del impuesto al demandante: la totalidad del gravamen la paga él, y ni el precio que paga el demandante se altera ni la cantidad transada. Si lo que aparece en las transacciones de compraventa de tierras es el Precio del Oferente (el comprador de una tierra paga por ella en lo que cree que la puede vender, pero descontando el impuesto que debe pagar) podría decirse que para esa transacción inicial el precio de la tierra en realidad baja y no sube.

Esta explicación de la microeconomía en la tradición neoclásica es la más expandida y parece internamente coherente desde el punto de vista lógico. Sin embargo, su adaptación a los rasgos del mercado de tierras despierta algunas dudas. En efecto, se trata de una reflexión de corto plazo, cuyas generalizaciones se extienden al largo plazo de manera poco justificada. Así mismo se razona en términos individuales y se proyectan las conclusiones a nivel general, suponiendo un procedimiento de agregación dudoso, como es suponer que lo que ocurre a nivel individual se mantiene a nivel global con la mera multiplicación del “agente típico”, lo que en realidad implica subestimar la interacción entre los agentes y omitir la consideración de mecanismos cruciales de la competencia. Por ejemplo, el que la curva de oferta sea creciente es algo que parece evidente para el productor individual, pero en el caso más general de competencia perfecta, cuando se trata del largo plazo y en términos agregados, debe ser horizontal. Tal vez el punto más problemático al respecto es la noción de que la oferta de tierra está determinada y es inmodificable. Esto es indiscutible para un agente individual. Si él tiene un pedazo de tierra sólo tiene dos opciones: o la ofrece en el mercado o no la ofrece. En este último caso debe resignarse a no cobrar ninguna renta. En la primera opción debe contentarse con el precio que obtenga en el mercado no

importando las variaciones. Esto último parece ser la opción normal salvo casos muy excepcionales, y por lo tanto puede pensarse que la cantidad de tierra no se modifica con el precio. Pero lo cierto es que a nivel agregado esto no es tan evidente. Aunque las tierras que existen en el planeta probablemente están determinadas por la Providencia desde siempre, lo cierto es que la cantidad de tierras utilizadas en el mercado no es esa totalidad. Puede aumentar, incluso disminuir, y se habla de escasez de tierras. Esto es más evidente cuando se habla de tierras urbanas: estas se pueden ampliar convirtiendo tierras rurales a urbanas y es concebible que haya escasez de tierras y que esta escasez eventualmente se alivie.

#### *El análisis marxista*

Presentamos aquí una reflexión sobre este tópico en la tradición del análisis económico marxista que pretende obviar estos obstáculos. Pero las conclusiones son muy similares al análisis neoclásico. De la imposición a la propiedad territorial, siempre y cuando no supere el límite del mismo precio del suelo, y en ciertas circunstancias que examinaremos, puede esperarse un efecto muy similar al que vaticina el análisis neoclásico: el impuesto no eleva el precio de los bienes, por el contrario reduce el precio del suelo en la misma magnitud del impuesto.

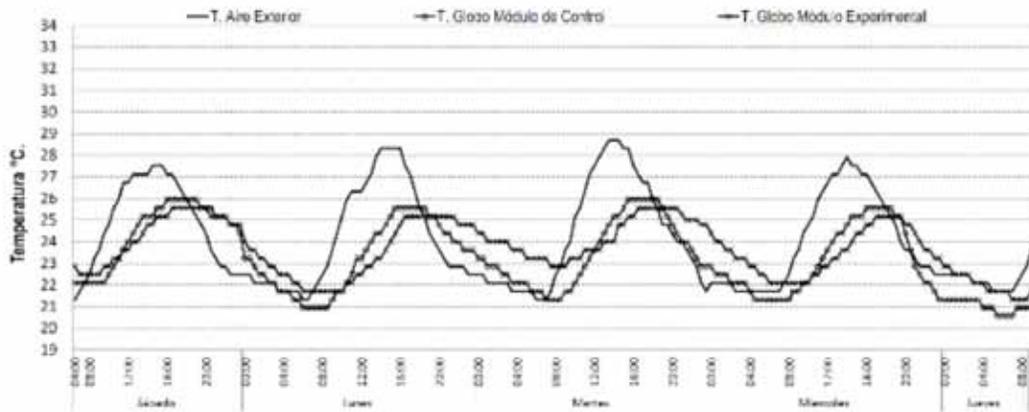
La aproximación marxista en la formación de los precios del suelo los concibe como un resultado de un fenómeno agregado. Y de otra parte el precio del suelo (o la renta) es concebido no como un mercado directo, sino como un mercado derivado: se ofrece y se demanda tierra para producir espacio construido en ella, y para usar este producto en alguna actividad. Por lo tanto, el precio del suelo debe ser visualizado haciéndolo emerger del mercado del espacio construido. Adicionalmente, el precio del suelo –como hemos visto– no es un costo sino un sobreprecio, y como tal debe ser formalizado.

De las líneas que anteceden se desprende que los precios no se forman obedeciendo a

la acción unilateral de un solo agente. Por ello no es concebible que un productor de espacio construido, o un propietario del suelo, puedan elevar sus precios respectivos de manera unilateral, independientemente de que se haya aplicado un impuesto. De hecho, si un agente es capaz de incrementar su precio, lo haría antes de que se le aplicara un gravamen: a este último no se le puede responsabilizar de esa elevación. En la figura 11, a partir de la figura 1 en la que habíamos mostrado la formación del precio inmobiliario en presencia de renta, se observa lo que debería esperarse que ocurra de una elevación unilateral del precio. Empecemos por decir que si esta iniciativa es individual, lo que arriesga el oferente es simplemente que no pueda vender. Es decir, que la competencia haga que algún émulo lo reemplace en el mercado y él no pueda realizar su mercancía, algo que tiene bien claro cualquier participante en un mercado. Pero supongamos que todos los oferentes deciden subir el precio, y esto podría esperarse razonablemente si esta acción parte de la introducción de un impuesto que cubre

a todos. En la figura 11 esto implicaría que del precio  $P$  se pase al precio  $P'$ . Como los costos de transporte no cambian esto implica trascender la línea  $DD$ : esa curva describe el comportamiento agregado de los demandantes frente al precio. Esto implicaría que los demandantes reaccionarían reduciendo la cantidad demandada hasta el punto  $q'$ . Pero a menos que algo externo permita mantener esta restricción en la cantidad ofrecida, la competencia volverá a hacer ampliar la producción. En efecto, con la restricción en el punto  $q'$  los productores de espacio construido y/o los propietarios de los terrenos que siguen siendo explotados gozarán de esta alza del precio (o esta alza del precio compensará el impuesto eventual). Pero eso hace que los productores que construían entre  $q'$  y  $q$  sean expulsados del mercado. Los promotores no podrán obtener sus ganancias normales y los propietarios de esos lotes tendrían que resignarse a una renta nula. Si los propietarios de estas tierras que se quedarían sin rentas tienen la posibilidad de ofrecerlas cobrando por ellas una renta o un precio que sea positivo, es

Figura 11



Fuente: elaboración propia

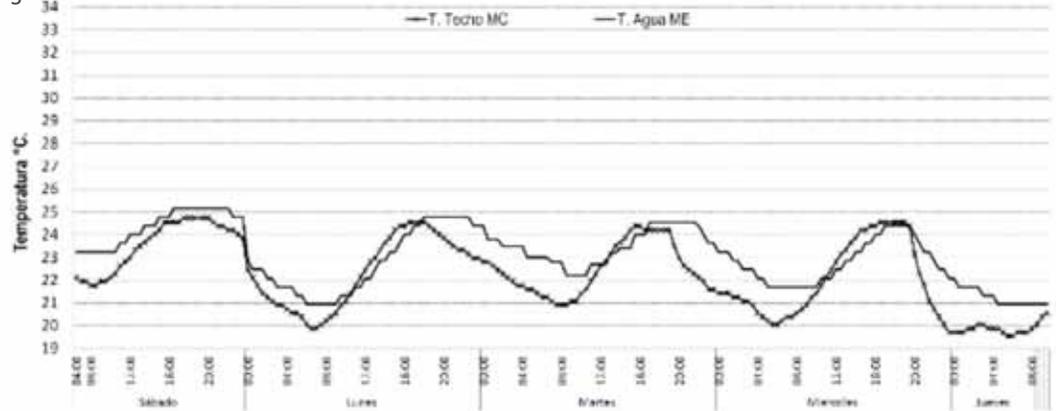
decir, si no hay ninguna barrera económica o extraeconómica que se lo impida, lo harán, pues como se ha dicho, su alternativa es un ingreso nulo. Esto ampliará de nuevo la oferta y el precio descenderá de  $q'$ , y se abrirá una dinámica que conducirá de nuevo a que se tienda al precio  $p$  y a la cantidad  $q$ .

En estos términos, si el monto del impuesto es menor que la renta, es decir, si una vez descontado el impuesto el terrateniente sigue obteniendo una renta positiva (a pesar de que sea menor de la que recibía cuando no se cobraba el gravamen), el terrateniente no variará su decisión de ofrecer sus tierras en el mercado. En esas circunstancias, ni la cantidad ni el precio del bien se modifican, lo que hará que este impuesto sobre la renta se traducirá solamente en que de la sobreganancia que antes se convertía íntegramente en renta, ahora una parte de ella va a parar al erario público. El demandante paga por los bienes inmobiliarios el mismo precio y se transa la misma cantidad, pero de la sobreganancia, la parte que

captura el Estado se descuenta del precio con el que se transa el terreno. La figura 12 ilustra esta operación, que es especialmente nítida si la base del impuesto es la renta (o el Precio del Suelo): el impuesto es por definición una proporción del precio del suelo. En la gráfica se puede ver que esto implicaría que ni el precio del inmueble, ni la cantidad ofrecida tendrían ninguna afectación.

Esta representación nos permite visualizar que sí existen eventualidades en las que el impuesto a la renta afecta el precio de los bienes inmobiliarios, es decir, que en ciertas circunstancias no se puede seguir sosteniendo la existencia de la neutralidad del impuesto. Esto se da cuando el impuesto no es solamente una porción de la sobreganancia que puede convertirse en renta sino que la supera. En ese caso, el pago del impuesto implica que los terrenos que están sometidos a esta imposición no pueden edificarse porque el promotor que lo hiciera no podría pagar una renta positiva o incluso nula y al mismo tiempo obtener una ganancia

Figura 12



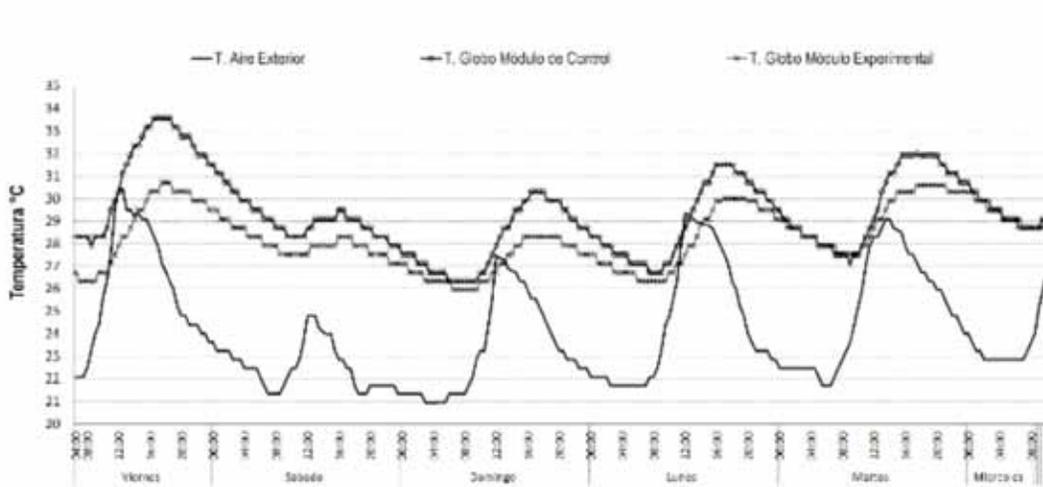
Fuente: elaboración propia

normal, por lo tanto, no construirá. El propietario solo podría tener rentas negativas y por lo tanto los lotes sometidos a esta consideración ni serían explotados ni probablemente serían apropiados individualmente. Es esperable que la eliminación de terrenos para la edificación haga contraer la cantidad de inmuebles ofrecidos globalmente en el mercado y eso hará subir el precio.

Para representar esto gráficamente debemos considerar que tal como hemos enunciado,

el gravamen, cuyo monto sería una proporción de la renta, en ese caso es muy poco probable que el evento del que hablamos ocurra. Esto sólo podría suceder por un error en la estimación del gravamen. Si este error es sistemático en la proporción (es decir que se cobre un impuesto superior al 100% de la renta, que sería la base), pues esto afectaría a la totalidad de los terrenos y la producción no podría tener lugar. Pero cuando el monto del impuesto se fija de otra manera, por ejemplo como una propor-

Figura 13



Fuente: elaboración propia

ción del precio total del inmueble (es decir, no solo sobre el precio del suelo sino sobre el precio del edificio, lo que es usual en los impuestos prediales), o si es una suma fija, sí puede presentarse el hecho de que el impuesto supere la renta potencial en algunos terrenos: estos no serían explotados, el precio de los bienes inmobiliarios aumentaría. En la figura 13 mostramos una posibilidad de esto, con un impuesto fijo. Cuando no existe impuesto, la cantidad producida es  $q$  y el precio es la línea oblicua PD. La renta es el triángulo PP-A-PD el cual trasladamos a la parte inferior de la gráfica que relaciona las rentas con los terrenos y su distancia al centro. Cuando se cobra un impuesto de  $X$  uniforme para todos los terrenos, este es superior a la renta de los terrenos más alejados. Ellos por lo tanto dejan de ser explotados y su renta desaparece. Pero por efecto de esta salida de terrenos en explotación, la cantidad de inmuebles se contrae y el precio sube. El último terreno que puede explotarse es aquel que con la subida del precio logre abonar exactamente la suma de su precio de producción y el impuesto: esto determina el nivel de producción será  $q'$  y el precio la línea oblicua PD'. La renta será entonces el triángulo (PP+X)-B-PD'. Trasladada su representación a la parte inferior de la gráfica, se ve que la renta disminuye para todos los terrenos (pasa de  $r$  a  $r'$ ). La diferencia es inferior al monto del impuesto: o sea que aquí también puede decirse que una parte del impuesto "lo pagan los terratenientes" (su renta disminuye) y otra parte "la pagan los compradores de los inmuebles" (el precio del demandante aumenta). La proporción entre uno y otro componente depende en este caso de la elasticidad de la demanda (la pendiente de la curva DD).

#### *Los gravámenes al incremento en el precio del suelo por mayor edificabilidad*

Digamos que los instrumentos de gestión del suelo que nos ocupan consisten en contribuciones que tienen como base no el precio del

suelo en general, sino una parte de este precio de la tierra, aquella que puede asimilarse al impacto que tiene la mayor edificabilidad. Examinemos a continuación cómo se podría traducir esto al marco analítico que venimos utilizando.

Desde luego que la preocupación por la neutralidad del impuesto también se aplica aquí. Se tiene la inquietud de que este impuesto se traslade al precio final del inmueble y de esta manera se vea afectado el consumidor. De acuerdo a lo que hemos visto, esto es muy poco probable en el sentido de que para que esto ocurra se requiere que el impuesto sea superior a la renta total. Dado que, como se ha dicho, en estos gravámenes la base es solamente una porción del precio del suelo, las posibilidades de volver nula la renta total son muy remotas.

Sin embargo, cuando se habla de gravámenes sobre el incremento en el precio del suelo por edificabilidad, la noción de neutralidad del impuesto adquiere un sentido adicional: se tiene la preocupación de que la presencia de una contribución de este tipo inhiba la utilización de la producción en altura. Es decir, que ante la exigencia de tener que pagar una contribución por utilizar una técnica de mayor densidad, el promotor prefiera seguir construyendo en baja densidad. Esto puede ser un resultado inconveniente y no buscado desde el punto de vista de la planificación de la ciudad. Pero también puede afectar el precio de los inmuebles, aun si es de una manera muy indirecta y atenuada: la utilización de bajas densidades constructivas aumentará la demanda por tierras que hacen crecer las rentas diferenciales y eventualmente, si hay problemas de disponibilidad de tierras equipadas, la renta absoluta urbana. La neutralidad del gravamen en este caso implicaría que su presencia no haga variar el comportamiento de los promotores con respecto a la técnica constructiva utilizada, y que sigan construyendo con la misma densidad que lo harían en ausencia del impuesto.

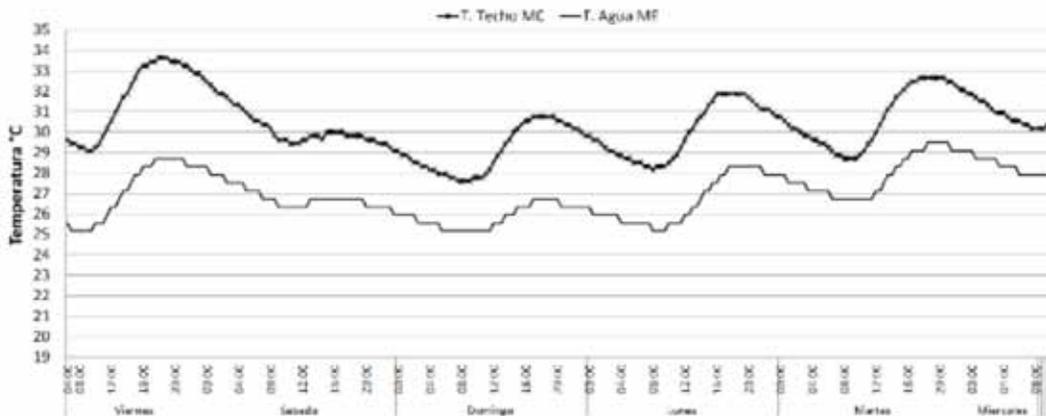
Pues bien, adaptando el análisis que se ha hecho sobre el principio general a esta modalidad particular, digamos que la “neutralidad” del gravamen en el sentido aludido solamente se pierde en la medida en que el monto de la contribución supere su base, es decir, cuando la contribución exigida sea superior al incremento del precio del suelo que se deriva del aumento en edificabilidad.

Esto en términos intuitivos es muy claro. Supóngase que un propietario puede capturar una renta de determinada magnitud si sus terrenos se edifican en una densidad baja. Si existe la posibilidad de construir en una mayor densidad pero al hacerlo se tiene que pagar una contribución que es mayor que el aumento en el precio del suelo que se deriva de esta decisión productiva, esta última no tendrá lugar. Para que al promotor le convenga o le sea indiferente producir en mayor altura, en este caso tendría que pagar menos renta, algo que el propietario no aceptará. Se seguiría produciendo con la técnica inicial. En cambio, si lo que se cobra por producir en mayor edificabilidad es menor que el aumento en el precio, al propietario le

conviene ceder sus terrenos para esta técnica: de hecho percibe una renta menor que la que recibiría si no existiera la exigencia de esa contribución, pero su renta sería mayor que si se construyera en baja densidad.

Desde esta perspectiva miremos lo que ocurre con la Participación en Plusvalías. Como se ha dicho, esta contribución tiene como base la diferencia en el precio entre un nivel de edificabilidad previo y uno nuevo, más alto, que se autoriza. Lo que debe pagarse es una fracción de esta diferencia. Por definición, y si las estimaciones sobre estas magnitudes están bien calculadas, esta imposición no afecta la decisión de construcción en altura, y su impacto se limita a que el propietario ve reducir una parte del incremento en el precio de sus terrenos que se derivan de la mayor edificabilidad, ya que esa parte va a parar al Estado. Esto se ilustra en la figura 14. A partir del precio unitario de mercado representado por X12 se justificaría producir en alta densidad lo cual generaría una renta superior representada en la línea de “Alta Densidad”. El impuesto se define como una fracción de la diferencia entre las líneas de

Figura 14



Fuente: elaboración propia

Alta Densidad y Baja Densidad. De este total que antes del impuesto iba íntegramente al terrateniente, se descuenta el impuesto, representado por  $X$ . El terrateniente recibe ahora  $r$  (la renta que recibiría por baja densidad)  $r'$  (una parte del incremento por mayor edificabilidad) pero la otra parte  $X$  va a parar al Estado como impuesto. Obsérvese que el punto X12 no se modifica y se sigue produciendo con las mismas pautas constructivas que en ausencia de impuesto. En estos términos, como está diseñada la Participación en Plusvalías se garantiza su neutralidad.

En términos de nuestro ejemplo numérico, supongamos que nos encontramos en un área en la que el Precio Unitario de Mercado del Espacio Construido es 2,0. Supongamos que la Edificabilidad Normativa es de 1, es decir que este es el Índice de Construcción autorizado. En un lote de 100 metros cuadrados de tierra, solo puede producirse 100 metros cuadrados de espacio construido. Dados nuestros datos, el precio del suelo que arroja allí el mercado, dada esta restricción, es de 0,8 por metro cuadrado de terreno. Pero sabemos por otro lado que la Edificabilidad Económica allí es de 2: si no existiera la norma mencionada se construiría en dos plantas, es decir que en ese lote se podrían edificar 200 metros construcción y el precio de la tierra sería de 1,12 por metro cuadrado de manera que si la autoridad local decide aumentar la edificabilidad permitida de 1 a 2, el propietario vería aumentar el precio de cada metro de su tierra de 0,8 a 1,12, es decir en 0,32. Si para fijar la tasa se utiliza una proporción del 40% de este incremento, se le exigiría al propietario una contribución de 0,128 por metro cuadrado. Como resultado, si su lote es edificado en dos plantas, el propietario obtendría como ren-

ta unitaria, después de pagar la contribución, 0,992, que es mayor que 0,8, lo que podría exigir si se edificara en una sola planta. De esta manera, el precio del bien sigue siendo el mismo, 2 unidades monetarias por metro cuadrado de construcción, y el Índice de Construcción sigue siendo el que aparecería si no existiese ni norma restrictiva ni contribución.

Sin embargo, las eventuales dificultades aparecen cuando no hay precisión en la determinación de las magnitudes involucradas. Efectivamente, en la implementación de estos instrumentos nos encontramos ante estimaciones sobre fenómenos que no se conocen positivamente y se puede incurrir en equivocaciones de cálculo por distintos motivos. Si se subestima el incremento en el precio del suelo lo que ocurre, desde luego, es que se recupera para el Estado y la comunidad una cantidad monetaria menor de la que podría haberse obtenido. Pero puede haber equivocaciones en el sentido contrario: puede calcularse que el incremento derivado de la autorización de construir con una mayor edificabilidad sea mayor de lo que efectivamente ocurre. Si lo cobrado por este cálculo errado no trasciende la magnitud del incremento efectivo, lo único que acontece es que se le cobra más de lo planeado a los propietarios de los terrenos involucrados. Pero desde luego, eventualmente, el monto de la contribución exigida puede ser superior al total del aumento en el precio del suelo. Una fuente importante de errores de este tipo tiene su origen en que con frecuencia los funcionarios que manejan estas medidas no tienen la noción de Edificabilidad Económica que aquí hemos presentado. Por lo tanto entienden que toda autorización de una mayor edificabilidad normativa genera forzo-

IC	CC	K	G	PP	T	M	PUM	PTM	R	r	x	r'	
													r-x
1	1,0	100	20	120	100	100	2	200	80	0,80	0,000	0,800	
2	1,2	200	48	288	100	200	2	400	112	1,12	0,000	1,120	
2	1,2	200	48	288	100	200	2	400	112	1,12	0,128	0,992	

\*R y r son respectivamente la Renta Total y la Renta Unitaria antes de la contribución, x es el impuesto por m<sup>2</sup> de tierra y r' es la renta unitaria después de la contribución

samente un incremento del precio del suelo y que este aumento es siempre proporcional a la ampliación de la edificabilidad permitida. Hemos visto que esto no es cierto y por lo tanto, en determinadas circunstancias, este equívoco puede conducir al *impasse* mencionado.

Sobre la operación de la norma de la Participación en Plusvalías “por mayor aprovechamiento” existen varias interpretaciones que conducen a resultados diferentes en cuanto a su impacto en la eventualidad de un cobro superior al incremento efectivo del precio del suelo. Para algunos, la autorización de una mayor edificabilidad, y de manera concomitante, la exigencia de una determinada contribución no implica una obligación de pagar el gravamen sino en el caso en que el promotor o el propietario hagan uso efectivo de esta edificabilidad adicional. Si el propietario o el promotor construyen con la edificabilidad inicial, no estarían en la obligación de pagar el gravamen. Incluso se piensa que si construyen con una edificabilidad intermedia, lo que tendrían que pagar sería solamente la parte proporcional a la edificabilidad adicional realmente utilizada<sup>2</sup>. Si la norma se interpreta de esta manera, un error en el cálculo de la contribución por “participación en plusvalías” superior al incremento del precio del suelo conduce a que el propietario no haga uso de la autorización de construir con mayor densidad. Se inhibe la construcción en altura pues se edifica con un Índice de Construcción inferior al de la Edificabilidad Económica. Esto, además de

las implicaciones urbanísticas, puede generar alguna decepción entre las autoridades locales que no percibirán ningún ingreso fiscal por la implementación de este instrumento.

En el ejemplo anterior, todo gravamen que supere 0,32 por metro cuadrado de terreno tendrá este efecto: si por ejemplo se cobra 0,4 la renta total después del gravamen si se construye en dos niveles (0,72) es inferior a lo que resultaría de construir en un nivel y no pagar ninguna contribución (0,8). Se edificará con menor densidad que en el caso de que no existiera el gravamen.

Vamos a poner un ejemplo en el que se tiene un resultado peculiar si se retiene la interpretación de que el promotor paga el gravamen de manera proporcional a la edificación adicional que decida utilizar. En determinadas circunstancias el impuesto reduce la edificabilidad efectivamente usada por debajo de la Edificabilidad Económica pero por encima de la Edificabilidad original. Con esto queremos ilustrar que los efectos de estas medidas no son tan sencillos como pudiera pensarse intuitivamente.

Tomemos en nuestro ejemplo el caso en que el precio unitario del espacio construido es 2,5. La edificabilidad económica en ausencia de impuestos en ese caso es de tres niveles. El precio del espacio construido construyendo en esa densidad sería 2,316 x m<sup>2</sup>, lo cual es superior al precio que arrojaría la construcción en un solo nivel, que sería de 1,30 x m<sup>2</sup>, es decir una diferencia de 1,16. Todo gravamen que supere esa magnitud hará que se produzca con menos intensidad que la Edificabilidad Económica. Si se

IC	CC	K	G	PP	T	M	PUM	PTM	R	r	x	r' r-x
1	1,0	100	20	120	100	100	2	200	80	0,80	0,0	0,800
2	1,2	200	48	288	100	200	2	400	112	1,12	0,0	1,120
2	1,2	200	48	288	100	200	2	400	112	1,12	0,4	0,720

2 Existen argumentos respetables para sustentar esta interpretación de la norma. Además de que esto previene de que, precisamente, errores de cálculo afecten de manera discriminada a algunos propietarios, se señala que esta disposición discrecional de usar la edificabilidad adicional autorizada previene de efectos de remoción (deliberada o accidental) de ocupantes y propietarios de uso, riesgo que aparece muy nítido en otros instrumentos, particularmente la Contribución de Valorización, muy usada en Colombia.

cobra 1,6 como contribución, el precio del suelo después de impuestos sería de 0,716, inferior a la edificación en un solo nivel. Pero miremos lo siguiente: si un promotor hace uso parcial de la autorización de edificación adicional, y en vez de construir en tres niveles lo hace en dos, se puede argumentar que utiliza la mitad de la edificabilidad adicional por lo tanto podría decirse que debe pagar la mitad de la contribución. En

este caso pagaría 0,8 x m<sup>2</sup>. Como puede verse en la tabla, en este caso producir en dos niveles y pagando la mitad de la contribución, es decir 0,8, arrojaría el precio del suelo después de imposición más alto: 1,320, que es superior a producir en un nivel. Esta sería la opción que se impone en el mercado: una edificabilidad inferior a la económica pero superior a la edificabilidad normativa original.

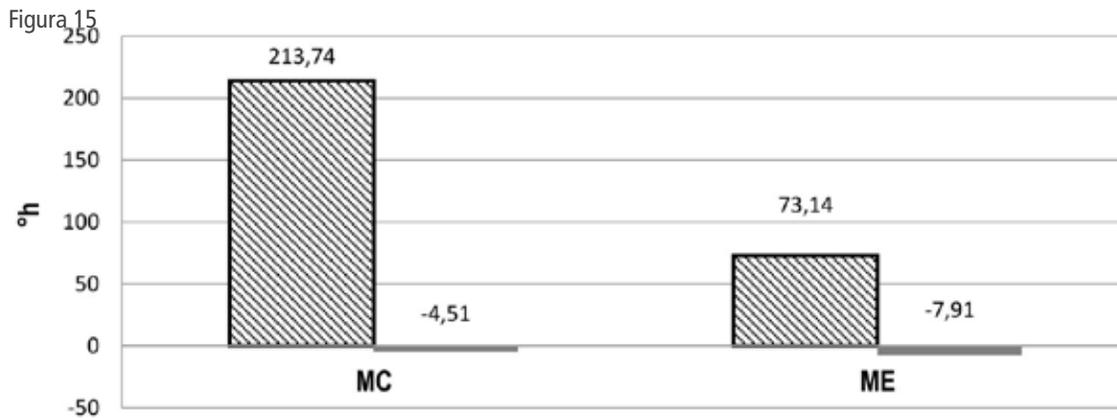
IC	CC	K	G	PP	T	M	PUM	PTM	R	r	x	r' r-x
1	1,00	100	20,0	120,0	100	100	2,5	250	130,0	1,30	0,0	1,300
2	1,20	200	48,0	288,0	100	200	2,5	500	212,0	2,12	0,0	2,120
3	1,44	300	86,4	518,4	100	300	2,5	750	231,6	2,31	0,0	2,316
2	1,20	200	48,0	288,0	100	200	2,5	500	212,0	2,12	0,8	1,320
3	1,44	300	86,4	518,4	100	300	2,5	750	231,6	2,31	1,6	0,716

Como hemos señalado, existe otra interpretación sobre el sentido que se le debe dar a la norma: se afirma que cuando se autoriza una mayor edificabilidad el pago de la contribución decretada no es opcional sino obligatoria. Aun si se construye con menor intensidad que la autorizada se debe pagar el gravamen completo. Se plantea que esto racionaliza el uso del suelo e inhibe la subutilización del equipamiento urbano. En estas circunstancias, la contribución calculada, que puede ser superior al incremento del precio del suelo por la autorización de una mayor edificabilidad normativa, grava todas las opciones técnicas de construcción. En estas circunstancias las relaciones entre las rentas que arrojan las técnicas constructivas en diversa altura no se alteran porque se imponga la contribución: en este sentido sería neutra la medida aunque lo cobrado supere el incremento. Pero tiene un efecto que puede ser de alguna relevan-

cia, sobre todo en términos de viabilidad política del instrumento; el precio original de la tierra, en lugar de aumentar, disminuye. Este descenso será igual a la diferencia entre lo que se cobra y el aumento potencial del precio del suelo por gozar de una edificabilidad mayor.

En el ejemplo numérico que acabamos de examinar, si el gravamen de 1,6 por cada metro cuadrado de tierra se cobra independientemente de qué técnica constructiva se utiliza, esta magnitud se sustrae de la renta que arrojan todas las técnicas: la que genera una renta mayor sigue siendo la de tres niveles, es decir, la correspondiente a la Edificabilidad Económica, pero con la contribución el precio del suelo cae de 2,316 a 0,716. (Los niveles de precio críticos del espacio construido que determinan el paso de una técnica a otra, pueden variar ligeramente dependiendo de las pendientes relativas de las curvas de renta de cada técnica).

IC	CC	K	G	PP	T	M	PUM	PTM	R	r	x	r' r-x
1	1,00	100	20,0	120,0	100	100	2,5	250	130,0	1,30	0,0	1,300
2	1,20	200	48,0	288,0	100	200	2,5	500	212,0	2,12	0,0	2,120
3	1,44	300	86,4	518,4	100	300	2,5	750	231,6	2,31	0,0	2,316
1	1,00	100	20,0	120,0	100	100	2,5	250	130,0	1,30	1,6	-0,300
2	1,20	200	48,0	288,0	100	200	2,5	500	212,0	2,12	0,8	1,320
3	1,44	300	86,4	518,4	100	300	2,5	750	231,6	2,31	1,6	0,716



Fuente: elaboración propia

A pesar de que el instrumento del “Suelo Creado” en el fondo es muy similar a la Participación en Plusvalía, su forma de operación tiene algunas diferencias y esto hace que la manera como es percibido por funcionarios y contribuyentes también varíe. Miremos cómo se puede interpretar con el referente analítico aquí mencionado.

El Suelo Creado reconoce una edificabilidad básica sobre la cual no se cobra. Pero se impone un gravamen por la cantidad de metros cuadrados adicionales que se construyan. En este sentido opera como la variante discrecional de la Participación en Plusvalías. Pero el monto del gravamen no está relacionado con el incremento en el precio del suelo concomitante con la mayor edificabilidad, algo que no se calcula en el procedimiento, sino que lo que se exige es una suma fija por cada metro cuadrado de construcción adicional que se edifique por encima de la edificabilidad básica. Existen variantes pero la modalidad más extendida consiste en estipular una suma fija por cada metro cuadrado adicional. Se confía que con esto se es equitativo: quien quiere

construir con mayor intensidad paga más a la municipalidad y produce más área construida adicional gravada.

La aplicación de este mecanismo puede desembocar en situaciones que no son muy perceptibles a la luz de la mera intuición. Una magnitud que es clave para nuestro razonamiento, la diferencia en el precio del suelo que arroja una técnica más intensiva que otra, no es uniforme en el espacio. De hecho depende de la cuantía del precio del espacio construido. Una tarifa fija por la construcción adicional puede que inhiba la construcción en altura en los terrenos de precios más bajos, y que no lo haga y que solo genere un ingreso fiscal en los terrenos donde los inmuebles tienen precios más altos.

Miremos esto en el ejemplo numérico. Supongamos que en la ciudad se va a cobrar 0,7 unidades monetarias por cada metro cuadrado de construcción adicional a la Edificabilidad Básica, que en este caso vamos a suponer que corresponde al Índice de Construcción igual a 1. Es decir que para construir el terreno en 2 plantas, y por lo tanto producir 100 metros cuadrados adicionales, se paga 70 unidades. Si lo

traducimos al pago por unidad de tierra sería de 0,7. Cuando el precio del espacio construido es 2 la diferencia en el precio del suelo entre la técnica en un nivel y en dos niveles es de 0,32. Si se cobra por producir en dos niveles 0,7 el pago de la contribución haría más onerosa la producción en alta densidad que en baja densidad: si se produce en dos niveles y se paga el impuesto, la renta se reduciría a 0,42 mientras que la producción en baja densidad daría un precio del suelo de 0,8. Aquí se inhibe la construcción en altura.

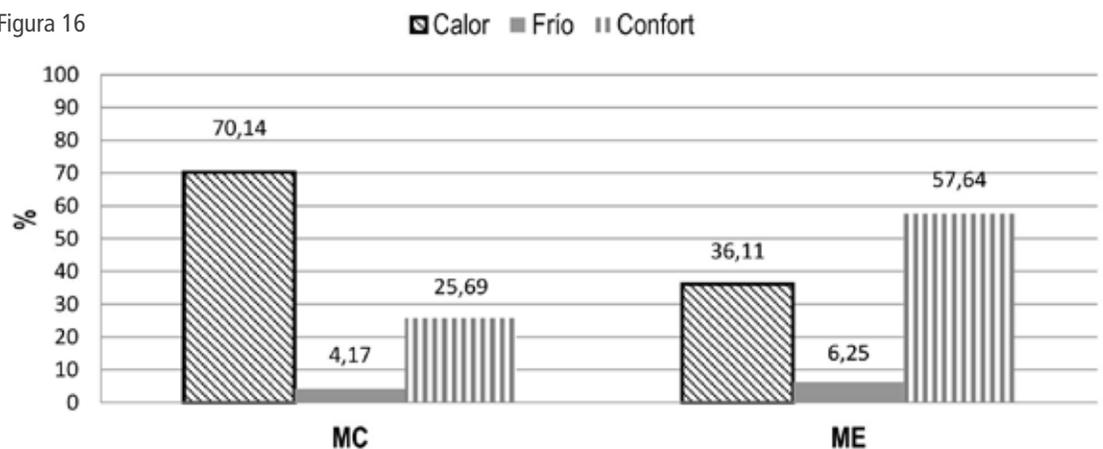
Pero si examinamos el mismo gravamen cuando el precio del metro de espacio construido es de 2,5 encontramos que la diferencia en el precio del suelo resultante entre la producción en baja y alta densidad es de 0,0,83.

Si se produce en baja densidad sin pagar ningún gravamen el precio del suelo sería de 1,3 por metro cuadrado, pero si se construye en dos niveles, después de pagar el impuesto, la renta unitaria sería de 1,42.

En otras palabras, el gravamen uniforme inhibe la construcción en altura en las zonas de precios inmobiliarios bajos y solo comienza a rendir fiscalmente cuando el precio es más elevado. La figura 16 ilustra esto: el gravamen hace que en la zona de precios entre X12 y X12' que sin impuesto sería edificada con alta densidad, con el gravamen se construye con baja densidad. Solamente a partir del precio X12' se sigue construyendo en la densidad alta y se paga efectivamente el gravamen.

	IC	CC	K	G	PP	T	M	PUM	PTM	R	r	x	r' r-x
	1	1,0	100	20	120	100	100	2,0	200	80	0,80	0,0	0,800
	2	1,2	240	48	288	100	200	2,0	400	112	1,12	0,0	1,120
	2	1,2	240	48	288	100	200	2,0	400	112	1,12	0,7	0,420
	1	1,0	100	20	120	100	100	2,5	250	130	1,30	0,0	1,300
	2	1,2	240	48	288	100	200	2,5	500	212	2,12	0,0	2,120
	2	1,2	240	48	288	100	200	2,5	500	212	2,12	0,7	1,420

Figura 16



Fuente: elaboración propia

## CONCLUSIONES

- Los instrumentos de captación de incrementos de los precios del suelo debidos al aumento en la edificabilidad autorizada, como la Participación en Plusvalías colombiana y el Suelo Creado brasileño, son herramientas útiles y eficaces para canalizar hacia la comunidad y hacia el Estado porciones de valor que pueden entrar a compensar los costos de urbanización y que de otra parte serían monopolizados de manera unilateral y pasiva por los propietarios.
- En las circunstancias más extendidas, estos gravámenes no afectan ni el precio de los inmuebles ni las densidades constructivas y sólo se traducen en una contracción del precio del suelo (en la primera transacción). Pero existen circunstancias en las que sus efectos no son tan evidentes: en algunas ocasiones las medidas son inocuas y no permiten atraer ningún recurso fiscal, en otras pueden afectar las densidades constructivas.
- Para una buena aplicación de estas herramientas parece importante comprender los mecanismos económicos subyacentes y tener dispositivos eficaces de estimación cuantitativa de estos impactos, algo que no siempre parece estar presente en los procesos de implementación de estas medidas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barco de Botero, Carolina y Smolka, Martim "Desafíos para la implementación de la Participación en Plusvalías en Colombia" en *Land Lines* Lincoln Institute of Land Policy Cambridge. Ms, Mayo 2000.
- Furtado de Oliveira e Silva, Fernanda *Recuperação de mais-valias fundiárias urbanas na América Latina: debilidade na implementação, ambigüidades na interpretação* Tese de Doutorado Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1999.
- Hagman, Donald y Misczynski, Dean *Winfalls for wipeouts: land value capture and compensation* Planners Press. American Planning Association. Washington D:C- Chicago 1978.
- Jaramillo, Samuel *Hacia una teoría de la renta del suelo urbano*. Uniandes-IGAC. Bogotá 1994.
- Jaramillo, Samuel "Consideraciones Teóricas sobre la Propuesta de Participación de los Municipios en las Plusvalías Urbanas" en *Desarrollo Urbano en Cifras* No 4 Febrero-Mayo Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá 1998.
- Jaramillo, Samuel "La experiencia colombiana en recuperación de plusvalías" en Fernanda Furtado y Martin Smolka Editores: *La recuperación de plusvalías en América Latina* Universidad Católica de Chile Lincoln Institute for Land Policy Santiago de Chile. 2001.
- Jaramillo, Samuel *Precios inmobiliarios y método residual de estimación del precio del suelo*. Documento CEDE 41-2007 Universidad de los Andes. Bogotá 2007.
- Maldonado, María Mercedes y Smolka, Martim "Las Plusvalías en beneficio de los pobres. El proyecto Usme en Colombia. *Land Lines* Lincoln Institute of Land Policy, abril 2003.
- Prest, A.R. *The taxation of urban land* Manchester University Press 1981.
- Smolka, Martim y Furtado, Fernanda (editores) *La recuperación de plusvalías en América Latina* Universidad Católica de Chile/Lincoln Institute of Land Policy. Santiago de Chile 2001.
- Smolka, Martim y Mullahy, Laura (editores) *Perspectivas Urbanas. Temas críticos de suelo en América Latina*. Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, 2007.

## COMPARACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SUB-HÚMEDO: EL ANTES Y DESPUÉS DE SU TRANSFORMACIÓN EN EL TIEMPO

### THERMAL COMPARISON OF SOCIAL HOUSING IN SUB-HUMID WARM WEATHER: THE BEFORE AND AFTER PROCESSING IN TIME

#### GABRIEL CASTAÑEDA NOLASCO

Arquitecto, Universidad Autónoma de Chiapas, México, 1991. Maestro en Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1995. Doctor en ciencias de la Ingeniería Ambiental, Universidad de San Pablo, Brasil, 2008. Profesor titular de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas. Miembro del cuerpo académico Componentes y Condicionantes de la Vivienda (COCOVI). Línea de investigación: transferencia tecnológica para la vivienda bioclimática; vivienda contexto y sustentabilidad. gnolasco1@hotmail.com

#### KARLA I. OVANDO LÓPEZ

Arquitecta, Universidad Autónoma de Chiapas, México, 2010. Maestrante en Arquitectura y Urbanismo, Universidad Autónoma de Chiapas, México. Línea de investigación: transferencia tecnológica para la vivienda bioclimática; vivienda, contexto y sustentabilidad. jjjimenez67@hotmail.com

#### JOSÉ LUIS JIMÉNEZ ALBORES

Ingeniero Arquitecto, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. 1981. Maestro en Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2009. Profesor titular de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas.

#### RESUMEN

Se expone como caso de estudio el comportamiento térmico de dos viviendas de interés social en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (México). Las condiciones térmicas se evaluaron bajo dos indicadores: prototipos originales y transformados con el fin de conocer el efecto energético que se suscita aplicando sistemas pasivos alternos con respecto a la tipología constructiva original. El análisis experimental, basado en la Climatología Dinámica (Vecchia, 1997), permitió determinar un período representativo de verano e identificar el día de excepcional calor. Los datos de temperaturas se obtuvieron con registradores automáticos de la marca Hobo-08. Los resultados demuestran que los sistemas pasivos originales y adoptados en las construcciones no se integran con su contexto climático por su constitución formal y material, impidiendo beneficios térmicos al habitante, situación que se puede mejorar con un diseño apropiado.

#### Descriptor

comportamiento térmico, vivienda de interés social, sistema pasivo.

#### ABSTRACT

*Exposed as a case study, the comparing two thermal units of social housing in Tuxtla Gutierrez, Chiapas; thermal conditions were evaluated under two indicators: original and transformed prototypes; to meet the energetic effect that arises by applying alternating passive systems with respect to the original building typology. The experimental analysis based on the Dynamic Climatology by Vecchia (1997), revealed a representative summer day period and identify the exceptional heat, temperature data were obtained with automatic recorders brand Hobo-08. The results show that the original construction and adopted passive systems do not integrate with its climatic context for its formal constitution and equipment, preventing thermal benefits to residents, a situation that can be improved with proper design.*

#### Descriptors:

*thermal behavior, social housing, passive system*

## COMPARACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDA SOCIAL EN CLIMA CÁLIDO SUB-HÚMEDO: EL ANTES Y DESPUÉS DE SU TRANSFORMACIÓN EN EL TIEMPO

El proyecto de investigación se establece alrededor del estudio de las viviendas de fraccionamientos de interés social con superficie construida menor a 90m<sup>2</sup> en Tuxtla Gutiérrez. El nivel de demanda que existe actualmente por construcciones habitacionales es alarmante y constantemente éstas se perfilan como un área de oportunidad de negocio que conduce a veces a que las intenciones por satisfacerla lleven a la industria a ofrecer viviendas seriadas sin reconocer beneficios en el ámbito de control ambiental, es decir, presentando propuestas económicas y en poco tiempo con espacios mínimos habitables, de tal manera que su venta sea rápida. Ello genera espacios carentes de bienestar térmico que impiden la permanencia y apropiación por parte de los habitantes, principalmente en época de calor, cuando se alcanzan temperaturas por arriba de los 37°C. Ante este hecho, los métodos inmediatos que se utilizan para contrarrestar tal efecto energético según la economía del habitante van desde el uso de sistemas de climatización artificial hasta la modificación del diseño de la envolvente original.

El objetivo central de este trabajo es mostrar si el diseño de los sistemas pasivos adaptados a la vivienda original y modificada cumple con los parámetros de calidad térmica requeridos para el contexto de Tuxtla Gutiérrez. Para evaluar el grado de adecuación al clima, primero se describieron los elementos de la envolvente de cada prototipo (orientación Sureste y Suroeste), continuando con los sistemas pasivos empleados en sus transformaciones tales como: elementos para el control de la radiación solar, orientación para el tratamiento de la ventilación, color de la superficie exterior del techo, color de la superficie exterior de los muros, altura interior y número de niveles, piso exterior en superficie del terreno, pavimentos, uso de vegetación y árboles.

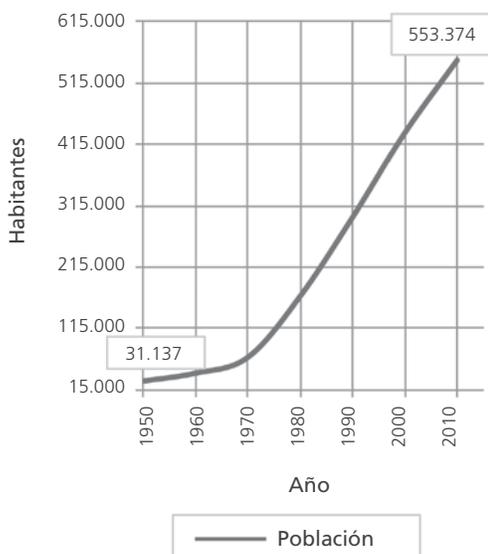
Posteriormente se explica la aplicación de la Climatología Dinámica en el contexto de estu-

dio, que definió el periodo de calor adecuado para realizar la fase experimental con los casos ya mencionados. Una vez evaluados los aspectos cuantitativos de cada vivienda, se procedió a dar respuesta a los datos obtenidos para finalmente exponer las conclusiones del trabajo.

### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Tuxtla Gutiérrez, una de las zonas urbanas que presenta mayor demanda de vivienda, ha tenido en las últimas seis décadas un mayor y rápido crecimiento poblacional multiplicándose el número de habitantes casi dieciocho veces (ver gráfico 1). Esta zona suele experimentar un ambiente con altas temperaturas durante casi todo el año a causa de la extensión de su territorio y población, alcanzando en casos excepcionales hasta 42°C.

Gráfico 1. Crecimiento poblacional de Tuxtla



Fuente: elaboración propia, con datos del INEGI, 2010.

Actualmente, la industria está sujeta a comercializar una tipología formal y constructiva utilizando concreto y acero en su construcción, materiales que por sus características termofísicas almacenan energía radiante durante el día liberando gran parte de ella por la noche, lo cual no permite otorgar condiciones principalmente de habitabilidad térmica (Castañeda y Vecchia, 2007). No obstante, el componente que altera en gran medida las condiciones térmicas al interior de las viviendas en serie es el techo, constituido por una placa de concreto armado de 10 cm de espesor, siendo un sistema constructivo convencional predominante con un porcentaje de uso de 70% según INEGI (2010), y el cual puede alcanzar una temperatura superficial de 45°C con respecto a la del aire exterior de 37°C (gráfico 2).

El comportamiento térmico modifica la energía calorífica de los materiales como el concreto armado al almacenar ganancia térmica y a su vez permitir una cesión de calor produciendo una variación en su temperatura, por lo cual se desarrollan una serie de fenómenos en los elementos de la envolvente, los cuales se originan principalmente por la radiación solar directa sobre la superficie del techo, o se producen por intercambios de calor (conducción, radiación y convección) entre los materiales de la cubierta y el aire, la lluvia, etc.

En el contexto climático de la ciudad, este factor condiciona a habitar en espacios con temperaturas interiores por arriba del rango de confort 31°C y 34°C (Alluciens y Szokolay, 1999), al extremo de sufrir estrés térmico asociado a problemas de salud y productividad, principalmente en términos de impacto energético debido al consumo de energía eléctrica por climatización activa en la vivienda durante su ocupación, favorecido por el desempeño térmico inadecuado.

## METODOLOGÍA

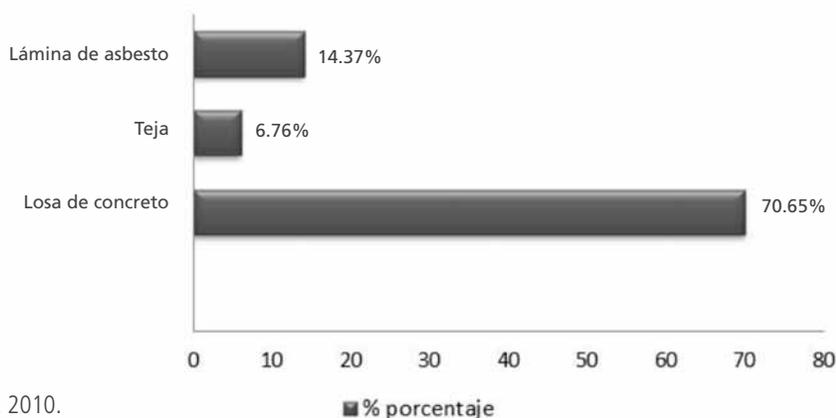
### El contexto

Tuxtla Gutiérrez se localiza en la zona centro del estado de Chiapas, a 16° 45' 11" longitud Norte, a 93° 06' 56" longitud Oeste y a una altitud de 550 msnm. La evaluación térmica se realizó en la zona Norte-Oriente de la ciudad, en el fraccionamiento Vida Mejor.

### Descripción del caso de estudio

Fueron seleccionadas dos viviendas orientadas al Sureste y Suroeste (ver fig. 1; fotos 1 y 2) realizando la primera evaluación térmica en el año 2010 con los prototipos originales. Posteriormente el año 2012 se realizó la segunda evaluación con dichas viviendas ya modifica-

**Gráfico 2. Porcentaje de materiales predominantes en el sistema de techo de las viviendas de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.**



Fuente: INEGI, 2010.



das, dispuestas en los lotes regulares de 7,00 m x 15,00 m, con las siguientes características:

- Prototipo original:
- El techo es de concreto armado de 12 cm de espesor con impermeabilizante color terracota, plafón interior de mortero cemento-arena de 1 cm espesor.
  - Muros de block hueco de 15 cm x 20 cm x 40 cm, de 15 cm de espesor, asentado con mortero cemento-arena de 1 cm.
  - Piso de concreto armado recubierto con mosaico de 5 cm de espesor.
  - En ventanas vidrio simple de 3 cm y puerta de lámina metálica de 3 cm.

- Prototipo transformado:
- Ampliaciones de techos con concreto armado de 12 cm de espesor con impermeabilizante color blanco y terracota, plafón interior de mortero cemento-arena de 1 cm espesor.

- Ampliaciones con muros de block hueco de 15cm x 20 cm x 40 cm, de 15 cm de espesor, asentado con mortero cemento-arena de 1 cm.
- Piso de concreto armado recubierto con mosaico de 5 cm de espesor.
- En ventanas vidrio simple de 3 cm y puerta de lámina metálica de 3 cm.

### Equipo de medición

Los datos se obtuvieron a través de registradores automáticos de la familia HOB0-08 y PRO V2, procesados mediante el programa de cómputo HOBOWARE PRO que permitió graficar la información directamente en el programa o exportándolo a una hoja de cálculo dentro del programa Excel, señalando el período de medición y los registros de temperaturas máxi-

Figura 1. Planta arquitectónica de la vivienda-tipo del fraccionamiento Vida Mejor.

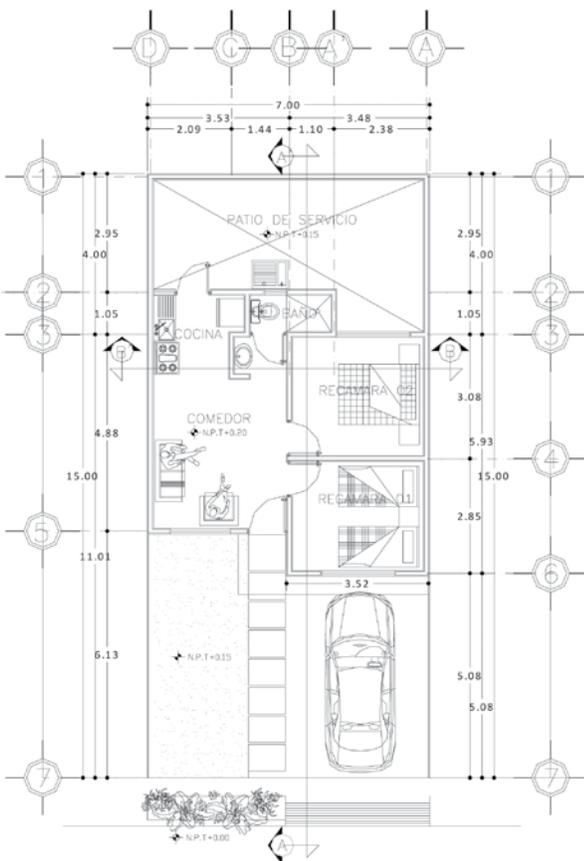


Foto 1. Prototipo original de la vivienda del fraccionamiento Vida Mejor, orientación Sureste.



Fuente: Ovando, 2010

Foto 2. Prototipo original de la vivienda del fraccionamiento Vida Mejor, orientación Suroeste.



Fuente: Ovando, 2010

mas, mínimas y promedios durante ese periodo, los cuales se confrontaron con la temperatura superficial de la piel de 31°C a 34°C de acuerdo a Auluciems y Szokolay (1999).

### Método de análisis térmico

La fase experimental se apoyó en la Climatología Dinámica (Vecchía, 1997). Se determinó un periodo representativo de calor mediante la identificación de la época más calurosa en el contexto de Tuxtla Gutiérrez, con base en el análisis de las normales climatológicas del lugar (1981-2000), determinando como periodo a estudiar el rango comprendido a partir de la mitad del mes de abril hasta la mitad del mes de mayo, debido a la recurrencia de temperaturas altas, humedad y radiación solar durante el año. Así, este lapso permite obtener el día experimental de máximo calor aun cuando pueda ocurrir un evento de masa de aire frío en el contexto.

Para evaluar las condiciones climáticas del contexto en estudio se midieron las temperaturas superficiales interiores en muros y techos de las dos viviendas, la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. Con respecto al ambiente exterior se midió la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa para ambos casos.

### El día experimental de máximo calor

Posteriormente se definió un día experimental, es decir, aquel día de máximo calor ocurrido en el mes de abril del año 2010 y del mes de mayo de 2012, en comparación con la temperatura media de las máximas de las Normales Climatológicas de Tuxtla Gutiérrez de los últimos 20 años que registró 35,6 °C. Dichas temperaturas pueden considerarse más frecuentes en época de calor en la ciudad, como se aprecia en los gráficos 4 y 5.

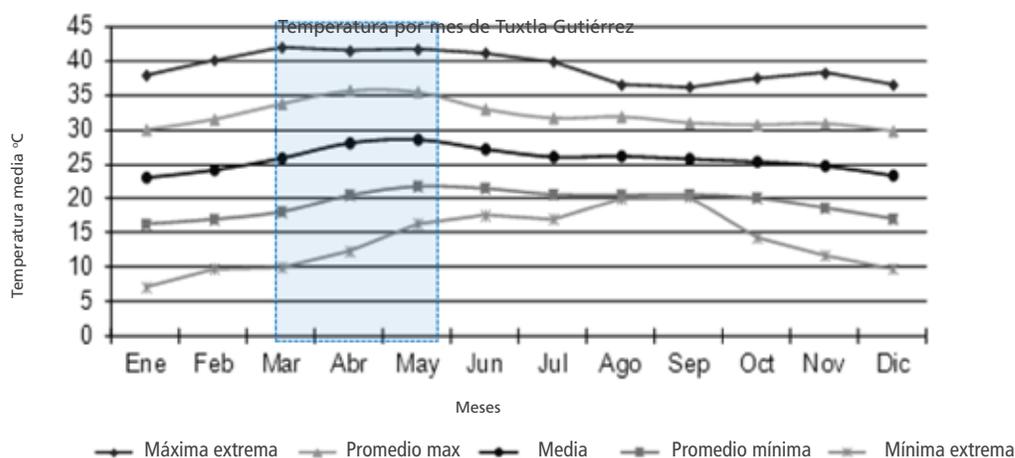
### DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS PASIVOS EMPLEADOS

Se analizó la configuración de las viviendas transformadas para identificar si los elementos integrados a las mismas cumplen o no con las condiciones adecuadas de ventilación y sombreado ante la incidencia de radiación solar directa.

### Orientación para el control de la radiación solar

En la foto 3 se observa la vivienda con fachada sureste, la cual recibe asoleamiento durante toda la mañana aproximadamente desde las

Gráfico 3. Período representativo de las temperaturas mayores en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.



Fuente: elaboración propia, con datos de las Normales climatológicas (1981-2000).

7:00 am a las 3:00 pm, adquiriendo ganancias térmicas en un lapso de 8 horas en todo el año. Por su parte, la vivienda con fachada suroeste permanece expuesta a la radiación solar durante toda la tarde a partir de las 12:00 p.m. Esta vivienda se diferencia de la anterior por ser de dos niveles y manejar elementos pasivos como volados (foto 4). En clima cálido sub-húmedo una vivienda tiene orientación adecuada para el control de la radiación solar si existen dispo-

sitivos de control solar en las ventanas, techos y muros que permitan bloquear tal fenómeno.

### Orientación para el tratamiento de la ventilación

Las ventanas de la fachada sureste no presentan una adecuada ventilación porque no cuentan con suficientes aberturas y debido a su emplazamiento no propician la ventilación

Gráfico 4. Registro de la temperatura del aire exterior con equipo Hobo, fraccionamiento Vida Mejor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

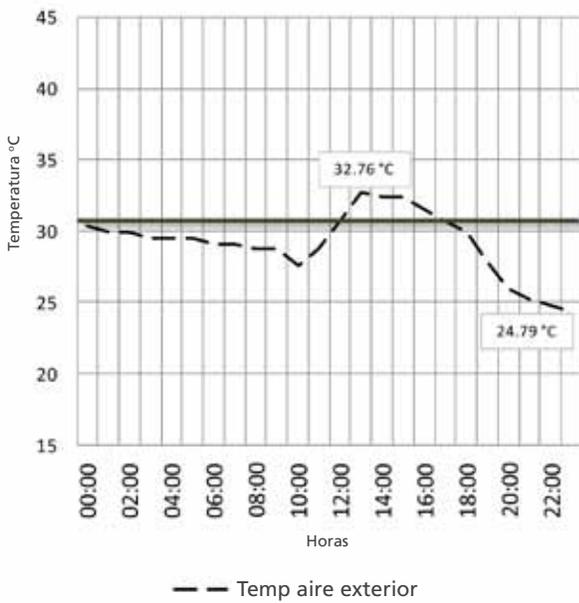


Gráfico 5. Registro de la temperatura del aire exterior con equipo Hobo, fraccionamiento Vida Mejor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

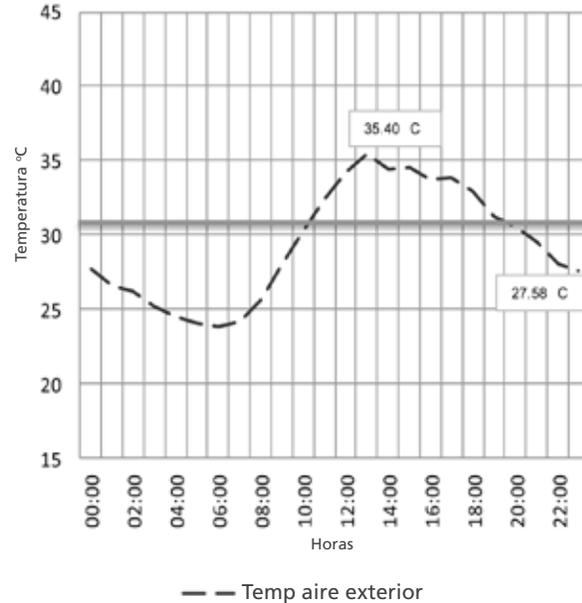


Foto 3. Vivienda modificada con orientación sureste y soluciones pasivas por el habitante, fraccionamiento Vida Mejor



Fuente: Ovando, 2012

Foto 4. Vivienda modificada con orientación suroeste y soluciones pasivas por el habitante, fraccionamiento Vida Mejor



Fuente: Ovando, 2012

cruzada en los espacios interiores de la vivienda. Para el caso de la vivienda fachada suroeste, se presenta el mismo efecto.

a) Color de la superficie exterior en muros

El color que tiene la fachada orientada al sureste, siendo el blanco un color de alta reflexión a la radiación solar y económicamente viable, es aceptable, no así en el caso de la vivienda con orientación suroeste debido ya que el color terracota tiene mayor índice de absorción solar.

b) Altura interior y número de niveles

Ambos casos presentan una altura interior conveniente no menor a 2,65 m, contemplando que el aire más cercano al techo es más caliente en comparación a la altura de los ocupantes. Se considera factible la construcción a dos niveles, presumiendo que las ganancias térmicas principalmente adquiridas por el techo se reducen en los espacios de la planta baja.

c) Piso exterior en la superficie del terreno

El piso exterior de la vivienda sureste y suroeste no se adecua al contexto de Tuxtla; el pavimento de concreto es un material de alta absorción y reflexión de energía solar si se compara con pisos permeables con pasto.

d) Vegetación y árboles

El uso de árboles y vegetación se aprecia en la vivienda con fachada sureste, permitiendo sombrear la ventana y regular el flujo del aire. En este caso, cuanto más alto crezcan más podrán disminuir la ganancia térmica al sombrear el techo.

## RESULTADOS

Se explican los resultados de la comparación térmica entre la vivienda orientación sureste y vivienda orientación suroeste a partir de las mediciones de las temperaturas superficiales de los techos y muros.

### Ganancias térmicas del techo (orientación sureste)

En el gráfico 6 se muestran las temperaturas superficiales del techo de concreto armado,

las cuales se incrementan a partir de las 9:00 am, y a partir de las 11:00 am superan los 30°C, permaneciendo dicha temperatura durante 13 horas continuas. La máxima registró 46,40°C a las 4:00 pm y la mínima 24,79°C a las 7:00 am, por lo tanto su amplitud térmica fue de 21,61°C en el día. Mientras tanto, la vivienda ampliada con el mismo sistema de techo (concreto armado de 10 cm de espesor) presentó similar comportamiento térmico para el mes de mayo (gráfico 7), registrando una temperatura superficial interior el techo de 43,91°C con una diferencia de 2,49°C a la misma hora respecto al prototipo, teniendo una amplitud térmica de 18,24°C durante el día. A partir de las 10:30 am supera los 30°C que se prolongan durante casi 13 horas continuas hasta la madrugada provocando estrés térmico al usuario.

### Ganancias térmicas del muro (orientación sureste)

En la vivienda tipo, las temperaturas superficiales del muro (block 12 cm x 20 cm x 40cm) con orientación hacia el sureste permanecieron por arriba de 30°C durante un lapso de 12,5 horas en el día, iniciando a las 11:00 am como se aprecia en el gráfico 2. La máxima fue de 36,13°C a las 4:30 pm, superando la temperatura exterior de 30,71°C a la misma hora y las temperaturas más bajas son durante el amanecer, siendo la menor de 26,34°C entre 7:00 am y 9:00 am. Posteriormente la vivienda transformada (año 2012) resultó más crítica debido a que la TSI del muro con la misma orientación permaneció en todo el día por encima de 30°C (gráfico 7); su mínima osciló entre 29,90°C a las 9:30 am y la temperatura máxima alcanzó los 36,57°C.

### Ganancias térmicas del techo (orientación suroeste)

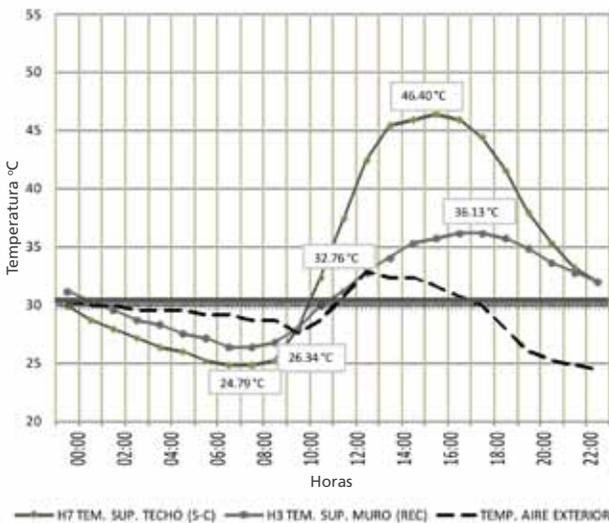
El primer análisis de la vivienda con orientación suroeste se basó en las temperaturas superficiales del techo de teja de barro el cual obtuvo una

temperatura mínima a las 7:00 am de 23,24°C (gráfico 8), ampliando su temperatura alrededor de las 10:00 am con una diferencia de 4,67°C, pues registró a esa hora 27,91°C. Los 30°C los alcanzó a las 10:30 am y su máxima temperatura llegó a 38,77°C a la 1:00 pm aumentando en ese lapso de casi 3 horas 11°C más, teniendo entonces una amplitud térmica de 15,53°C.

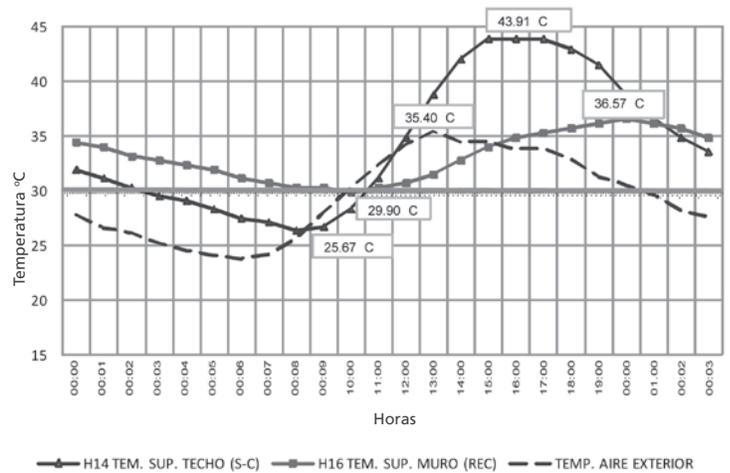
Por otra parte, la vivienda se amplió a dos niveles utilizando el sistema de techo de concre-

to armado en losa de entrepiso y azotea eliminando la cubierta de teja; el sistema alternativo registró una temperatura superficial máxima de 43,91°C y una mínima de 26,73°C a las 8:00 am, obteniendo una amplitud térmica de 17,18°C (gráfico 9). Las temperaturas por encima de los 30°C iniciaron a las 10:30 am, permaneciendo a más de 40°C en el lapso de 1:00 pm a 6:00 pm comparada con la temperatura exterior máxima de 35,40°C.

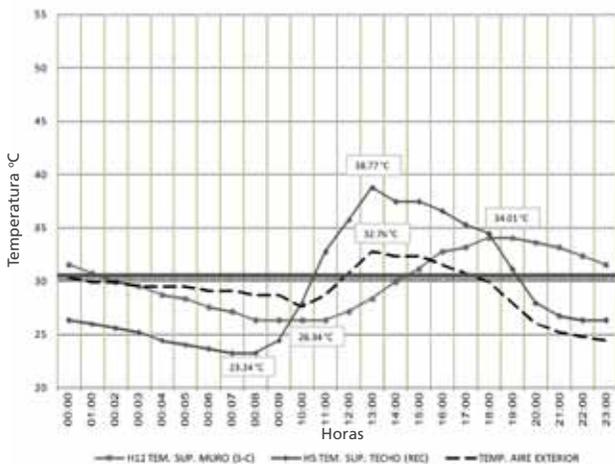
**Gráfico 6.** Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-tipo con orientación sureste, durante el día 8 de abril de 2010.



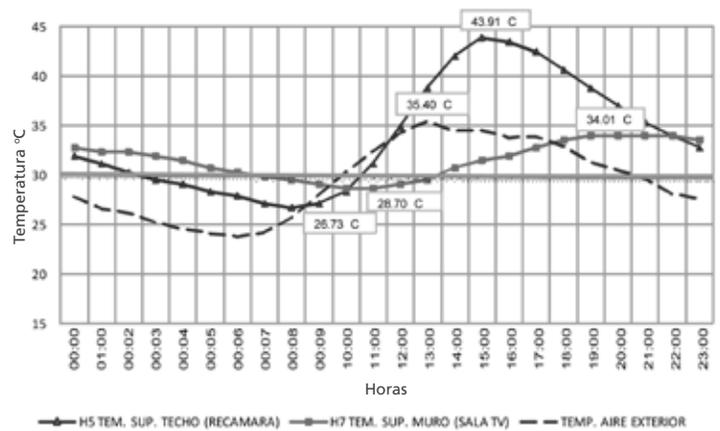
**Gráfico 7.** Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-transformada con orientación sureste, durante el día 4 de mayo de 2012.



**Gráfico 8.** Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-tipo con orientación suroeste, durante el día 8 de abril de 2010.



**Gráfico 9.** Comparación de la temperatura del aire exterior con la temperatura superficial de techo y muro, vivienda-transformada con orientación suroeste, durante el día 4 de mayo de 2012.



### Ganancias térmicas del muro (orientación suroeste)

En el gráfico 4 se aprecian las temperaturas superficiales del muro (block 12 cm x 20 cm x 40cm) con orientación fachada suroeste. La temperatura más baja se registró a las 10:00 am con 26,34°C, incrementándose alrededor de las 2:00 pm a 29,90°C, es decir, en un lapso de 3 horas. Las temperaturas por encima de 30°C iniciaron a la 2:30 pm y se mantuvieron durante 10 horas continuas, descendiendo a partir de las 12:00 am. La máxima estuvo en 34,01°C a las 6:30 pm, cuando la temperatura exterior era de 29,10°C a la misma hora.

En la segunda etapa de evaluación se analizó un muro con iguales características físicas y misma orientación. Su comportamiento térmico mostró una temperatura superficial máxima de 34,01°C alrededor de las 7:00 pm, mayor a la temperatura del aire exterior de ese momento; su mínima fue de 28,70°C y se mantuvo por encima de los 30°C casi 15 horas continuas.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

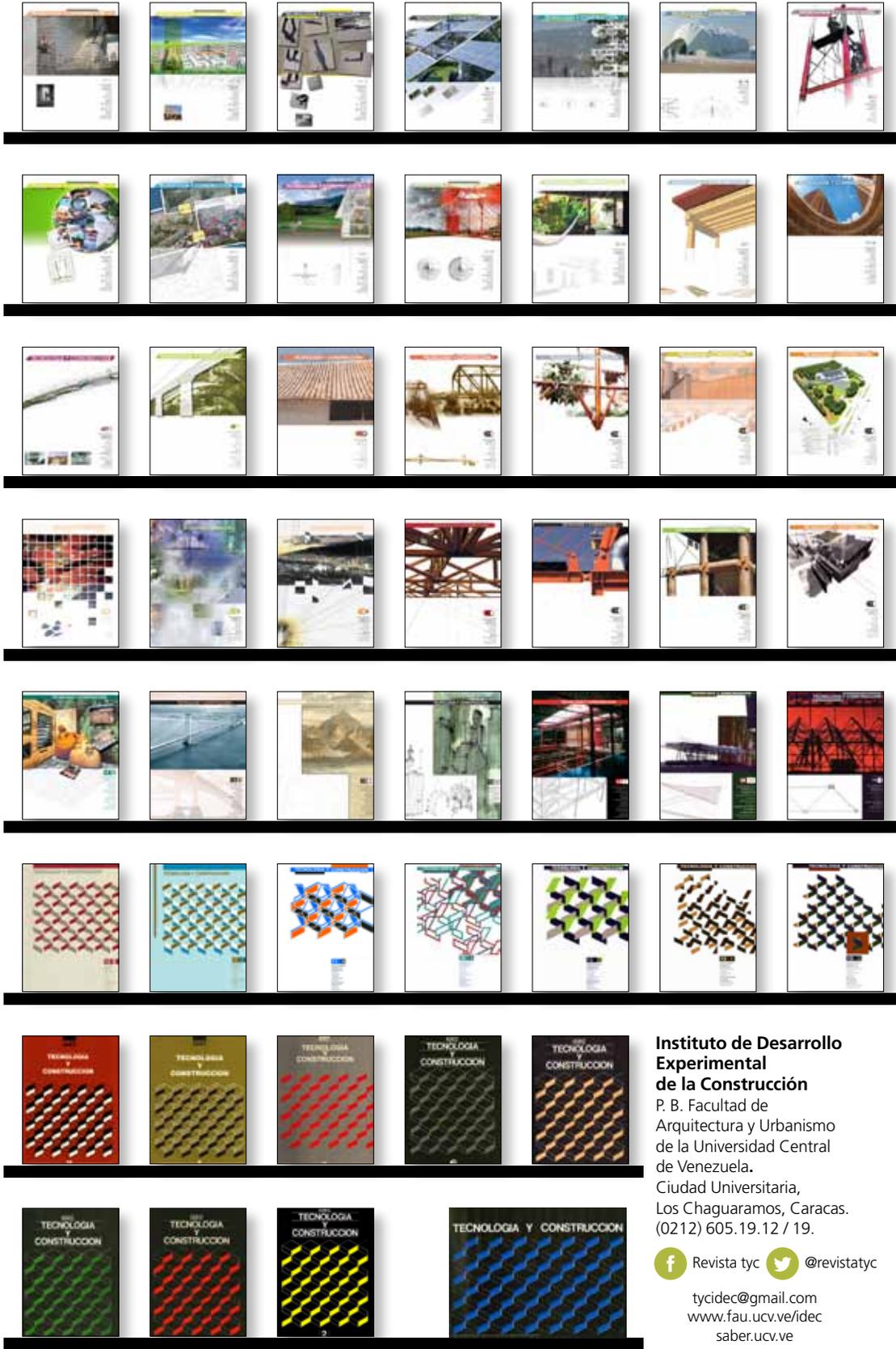
El análisis general expuesto advierte que los desarrollos inmobiliarios limitan consideraciones de adecuación al clima en la construcción

de las viviendas de interés social devastando su calidad térmica principalmente en época de calor. Ante este hecho, el usuario se sumerge en la búsqueda inmediata de sistemas pasivos para el control de la radiación solar tales como: protecciones de aleros horizontales o verticales en ventanas, ampliación hasta dos niveles, uso de vegetación, entre otros; no obstante, dichos elementos son seleccionados y dispuestos de forma intuitiva, lo que impide un mejoramiento de las condiciones constructivas y habitables. Un importante aspecto térmico se demostró con las temperaturas del techo de teja de barro, porque no sobrepasaron los 40°C debido a su baja densidad y volumen. Esto significó que liberaron en menor tiempo la energía radiante obtenida en el día comparado con el techo de concreto armado que alcanzó temperaturas extremas por encima de 40°C y por más de 12 horas, superando el límite de la temperatura superficial de la piel 31°C a 34°C (Alluciens y Szokolay, 1999). Sin embargo, El sistema de techo de teja pierde rápido el calor radiante captado, principalmente por convección, debido al efecto de la filtración constante de aire a través de las múltiples rendijas existentes entre estas, favoreciendo su aplicación en regiones de clima cálido en general, lo que puede contribuir al ahorro de energía utilizada en climatización.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aulliciens y Szokolay. S.V. 1999. "Thermal confort". PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture. University of Queensland.
- Castañeda, N. G. y Vecchia, F. 2007. "Sistema de techo alternativo para vivienda progresiva en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México". Ingeniería, Revista académica de la FI-UADY, 11-2, 21-30.
- Comisión Nacional del Agua y el Sistema Meteorológico Nacional. Página web: <http://smn.cna.gob.mx>.
- Olgay, V. 1998. "Arquitectura y clima". Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Edit. Gustavo Gilli. Barcelona.

# TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN



**Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción**  
 P. B. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas. (0212) 605.19.12 / 19.

f Revista tyc    @revistatyc  
 tycidec@gmail.com  
 www.fau.ucv.ve/idec  
 saber.ucv.ve

REVISTA  
**TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN**  
 1985 | 2013

**28**  
**AÑOS**  
**ININTERRUMPIDOS**  
**DIVULGANDO**  
**EL CONOCIMIENTO**

## LA MADERA LAMINADA DE PINO CARIBE DENTRO DEL PROCESO DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CONSTRUCCIÓN. CASO DE ESTUDIO: ARCOS BI Y TRIARTICULADOS

THE GLUED LAMINATED TIMBER (GLULAM) OF CARIBBEAN PINE WITHIN THE PROCESS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION. CASE OF STUDY: BI AND THREE-HINGED ARCHES

### RAFAEL GERARDO PÁEZ

Arquitecto, (Universidad Veracruzana, México, 1992). Magíster Scientarium en Desarrollo Tecnológico de la Construcción (IDEC-FAU-UCV, 2002). Doctor en Arquitectura (2013, Facultad de Arquitectura y Urbanismo-UCV). Investigador A-1 del PEI-ONCTI (2014). Profesor Instituto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía-campus Maracay, UCV. arkiteconiko@gmail.com

### RESUMEN

Los bosques de Uverito, con aproximadamente 560 mil hectáreas, ubicados en el oriente venezolano, son la mayor reserva de pino Caribe en América. Este artículo se enmarca en el campo del desarrollo tecnológico sustentable de la construcción, mediante análisis de antecedentes, conocimientos geométricos-espaciales y estructurales, para aprovechar esta especie maderable. La metodología empleada permite un estudio comparativo de experiencias internacionales de aplicaciones de configuración curvilínea. Los resultados obtenidos logran definir una propuesta de sistemas estáticos de arcos bi y triarticulados con madera laminada, estructura a flexocompresión para cubrir grandes luces en un rango aproximado a los cincuenta metros sin apoyos intermedios.

### Descriptores

Arcos bi y triarticulados, conocimientos geométricos-espaciales, desarrollo tecnológico sustentable, madera laminada, pino Caribe.

### ABSTRACT

*Uverito forests, with about 560 thousand hectares, located in eastern Venezuela, are the largest reservoir of Caribbean pine in America. This article falls within the field of sustainable construction technology development through background analysis, geometric-spatial and structural knowledge to take this timber species. The methodology allows for a comparative study of international experiences curvilinear configuration applications. The results fail to define a given static arc systems and bi triarticulados with laminated wood structure flexocompresión lights to large cover approximately fifty meters without intermediate supports range.*

### Descriptors:

*Sustainable technology development, geometric-spatial knowledge, bi and three-hinged arch, Caribe pinewood, glued laminated timber.*



## LA MADERA LAMINADA DE PINO CARIBE DENTRO DEL PROCESO DE DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA CONSTRUCCIÓN. CASO DE ESTUDIO: ARCOS BI Y TRIARTICULADOS

“Después de la columna las predilecciones del Arte han sido para el arco: ese arco que nunca duerme según reza el proverbio árabe”.

Eduardo Torroja

Desde hace siglos los artesanos encolaron y unieron piezas de madera para producir muebles, partes de barcos, instrumentos musicales y artículos deportivos. Mas no fue sino hasta comienzos del siglo XX cuando se utilizó por primera vez el glulam (*glued laminated timber* o madera laminada) para resolver elementos estructurales de grandes secciones para edificios. Esa experiencia sentó las bases tecnológicas para fabricar componentes constructivos que resisten condiciones de equilibrio estable a las que no pueden someterse con facilidad el acero, el concreto armado, el aluminio y la madera maciza.

Se demostró así que salvar distancias de 40, 60, 100 metros o más también es posible uniendo pequeñas láminas de madera con adhesivos estructurales de altas condiciones físicas y mecánicas, para generar un producto forestal derivado que responde con mayor eficiencia a los esfuerzos y sollicitaciones de las edificaciones. Además de que, con esa tecnología, se obtienen formas curvas que son difíciles de lograr con la madera maciza.

Venezuela ha quedado rezagada de los grandes avances en esta técnica constructiva. Para 2013 no existía en todo el país alguna construcción relevante en ejecución que

empleara. No existe en el país alguna construcción relevante en ejecución que emplee la madera laminada con miembros curvilíneos para salvar grandes luces sin apoyos intermedios en su propuesta estructural.

El *Pinus caribaea* Morelet, variedad *hondurensis*<sup>1</sup>, en lo sucesivo pino Caribe, con más de 560 mil hectáreas sembradas en los bosques de la Orinoquia venezolana (ubicados en la parte sur de los estados Monagas y Anzoátegui) constituye la principal reserva forestal en América y el mundo de esta especie.

Este artículo se enmarca en el campo del aprovechamiento de los recursos forestales para aplicaciones e innovaciones constructivas y define, mediante análisis del conocimiento geométrico-espacial y la configuración de sistemas estáticos curvilíneos, fabricados con madera laminada de pino Caribe; una propuesta de componentes estructurales para simplificar las labores de producción, transporte, preensamblado, montaje, aprovechamiento, deconstrucción y transformabilidad que justifique los principios de desarrollo tecnológico sustentable.

Se estudia el caso particular de los arcos bi y triarticulados (estructuras a flexocompresión) con un predimensionamiento aproximado del peralte de su sección transversal  $H=L/50$  (siendo L la distancia horizontal entre sus apoyos), con el cual, en experiencias internacionales, se ha logrado cubrir distancias medianas y grandes dentro de un rango de 50-120 metros sin requerir de apoyos intermedios al piso.

Como objetivo general se plantea definir

1 La clasificación realizada por John Francis discrimina tres variedades diferentes del *Pinus Caribaea* Morelet, que son: *hondurensis*, (h), *bahamensis* (b) y *caribaea* (c). Los datos referenciales de Hábitat, Ciclo vital, Usos y Genética del pino Caribe se hallan recopilados en el libro de Francis (1992).

una propuesta geométrico-espacial para un elemento estructural constructivo basados en la aplicación de la madera laminada de pino Caribe mediante la utilización de los arcos bi y triarticulados, para cubrir grandes distancias dentro de un rango de 50-120 metros sin apoyos intermedios.

### LA MADERA LAMINADA CON CALIDAD ESTRUCTURAL DE PINO CARIBE PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS EDIFICATORIOS

El empleo de la madera laminada en procedimientos edificatorios (también se designa como madera laminada con calidad estructural) está fundamentada en un principio que demuestra y establece que varias piezas débiles y pequeñas –procedentes, en muchos de los casos, del desperdicio de los procedimientos para la obtención de cortes comercializables de madera maciza– al unirse forman una porción más grande y resistente.

Los elementos estructurales basados en la implantación de arcos, con base en esta tecnología, no pueden ser concebidos como componentes monolíticos, lo cual entraría en contraposición con el principio de la madera laminada como tal.

Es posible proponer la conformación de un elemento curvo, seccionado y preensambla-

do con lo que se facilitarían las labores posteriores de manejo, transporte y montaje de los componentes estructurales de madera laminada en el sitio de obra, además de favorecer las tareas de deconstrucción y reutilización de las secciones del arco, sin que se produzcan desperdicios con lo cual se estaría en presencia de un sistema constructivo acorde con los postulados de desarrollo sustentable de los procesos de construcción.

Al requerir salvar grandes distancias entre los apoyos de una estructura sin emplear soportes intermedios que permitan disminuir las luces, los materiales más comunes –dentro de los procesos de la manufactura de la construcción en Venezuela– son: el acero (foto 1), el concreto armado (foto 2) el plástico y el aluminio, resultando estos excesivamente costosos para su aplicación, debido a los valores que adquieren los dimensionamientos de la sección transversal. A su vez estos productos, para su obtención, por ser altamente industrializados, emplean excesivas cantidades de energía primaria la cual es vertida a la naturaleza contaminando el medio ambiente.

El problema que se plantea consiste en la necesidad de proponer un análisis basado en la aplicación geométrico-espacial y estructural de arcos bi y triarticulados, para cubrir distancias de  $\pm 50$  metros, fabricados con la madera laminada estructural del pino Caribe.

**Foto 1.** Vigas de acero de gran peralte para la construcción del Tren Puerto Cabello-La Encrucijada.



Fuente: <http://www.skyscrapercity.com/>

**Foto 2.** Arcos de concreto armado del Viaducto N° 2 de la Autopista Caracas-La Guaira.



Fuente: El Universal, Caracas.

## ESTADO DEL ARTE DE LA MADERA LAMINADA

La técnica mediante la cual se aserraban y cepillaban pequeñas piezas de madera para posteriormente unir las y formar elementos de mayor sección es practicada desde hace muchos siglos. La unión se realizaba con tarugos de la misma madera en forma de taquetes semicónicos. Posteriormente surgieron los clavos metálicos y más tarde los tornillos “tirafondos”, los cuales permitieron que las uniones mejoraran, alcanzando su auge a partir de la aparición de la caseína. Sin embargo, de acuerdo con Heinrich Schmitt (1978), no fue sino hasta 1909, en Suiza, cuando “...el carpintero Heltzer de Weimar (1846-1911) tuvo la idea de encolar las tablas corrientes con el fin de obtener unas grandes secciones macizas y emplearlas luego como estructuras de carga. Con su trabajo Heltzer facilitó las bases para la producción de elementos encolados de madera”<sup>2</sup> (Schmitt, 1978: 458).

Mientras tanto la madera laminada era utilizada cada vez más, de manera espontánea, en los países de Europa. “El primer país donde este producto tuvo un espectacular desarrollo fue Suiza. En 1920 existían más de 200 edificios con viga o arcos de tipo Hetzer” (Rhude, 1996:1).

De acuerdo con Pérez Galaz, “en Estados Unidos, la primera estructura fue erigida en el año 1934, y fue un edificio para el Laboratorio de Productos Forestales en Madison, Wisconsin, constituido en su parte estructural por marcos triarticulados.” (Pérez Galaz, 1992:3). Más tarde, en los años de la Segunda Guerra Mundial, entre otras muchas consecuencias, surgió la importancia de la cual empezó a gozar la madera laminada. Por una parte, la guerra

agudizó la desaparición de los recursos forestales que abastecían de especies maderables a los países beligerantes y, por otra, la carrera armamentista logró que los ejércitos de Hitler desarrollaran “...una nueva arma, la mina magnética, la cual originó a su vez el barreminas de casco de madera, desarrollado por los americanos. Su quilla, cuadernas y gran parte de otros elementos estructurales se hacían de encina laminada. En vista de las severas condiciones de exposición a que estaban sometidas las juntas encoladas durante su servicio en el océano, fue necesario emplear colas a prueba de agua” (Pérez Galaz, 1992:4).

### La madera laminada en el mundo

La aplicación de la madera laminada estructural en la construcción a partir de la Segunda Guerra Mundial hasta nuestros días recoge un sinnúmero de importantes edificaciones construidas a través de diversas investigaciones sobre la innovación tecnológica del aprovechamiento de los productos resultantes de los procesos mecánicos de obtención de maderas macizas de uso estructural. Especialmente de las provenientes de coníferas más que de las latifoliadas (Pérez Galaz, 1992:17).

Las piezas de madera laminada quedan agrupadas en las siguientes categorías: la que puede ser encolada, atornillada o simplemente clavada e incluyen también las innovaciones tecnológicas del parallam® o PSL (*parallel strand lumber*), producto patentado por la empresa canadiense MacMillan Bloedel, que está compuesto por tiras logradas del corte de chapas de madera orientadas en la dirección longitudinal, encoladas y prensadas y el intrallam o LSL

2 “La madera laminada encolada nació al principio de este siglo cuando Karl Friedrich Otto Hetzer (1846-1911) de Weimar (Alemania) obtuvo su primera patente para este método de construcción. La patente suiza de 1901 se refería a vigas rectas compuestas de varias láminas unidas entre sí con adhesivo. Las primeras aplicaciones de este sistema datan del año 1890 en la construcción del edificio del Reichstag en Berlín donde se emplearon vigas de 10 metros de longitud. En 1906 Hetzer patentó en Alemania la construcción de piezas curvas de madera laminada, iniciando el desarrollo de los arcos de madera laminada” (Rhude, 1996).

(*Laminated Strand Lumber*) que son tableros conformados por virutas de madera encoladas con un adhesivo hidrófugo.

### Experiencia venezolana

En Venezuela no existen aplicaciones relevantes de los conocimientos de fabricación de madera laminada estructural, ya que no hay un empresariado seriamente interesado en su fabricación, ni un mercado capaz de absorber en estos momentos dichos productos. Esto aunado a la presencia de un Estado indiferente ante el reto de desarrollar las tecnologías de punta en lo que respecta a los procesos de extracción, transformación y manufactura de elementos maderables, mediante el aprovechamiento del recurso procedente de la explotación de los bosques.

No se puede hablar en Venezuela de una industria forestal de tipo extractivo para suplir de materia prima a las empresas de construcción con estructuras de madera laminada. No se conocen ejemplos demostrativos del dominio de una tecnología nacional que dé respuesta a las exigencias espaciales que hoy día amerita la población. De cualquier manera, algunas prácticas se han realizado de forma aislada y se corresponden con el recuento que se hace a continuación.

La primera experiencia se remonta al año 1963 cuando Van der Slooten fabricó las vigas para la sede del Laboratorio Nacional de Productos Forestales LNPF-Mérida, dependencia adscrita a la Universidad de Los Andes. Owen y Contreras, en 1999, señalaban que: "Para el año 1970, una empresa de madera laminada inició su fase de producción en Valencia, estado Carabobo, aplicando la técnica de madera laminada, utilizando la caseína como pegamento base, encontrando un pronto fracaso" (Owen y Contreras, 1999).

La urbanización San José en el estado Mérida aplicó cubiertas de madera laminada que al día de hoy han tenido que ir siendo sustituidas debido a que los elementos han perdido su

adherencia original. Igualmente, también en el estado Mérida, el hotel Páramo La Culata posee sus techumbres con vigas de madera laminada, experiencia en la que interviene el Laboratorio Nacional de Productos Forestales;..." (Owen y Contreras, 1999).

Un elemento tipo parallam de madera laminada estructural fue realizado con tiras de leño juvenil del pino Caribe por los investigadores Owen y Contreras (1997). Las condiciones físicas y mecánicas del componente fabricado resultaron superiores a las establecidas en el Manual de Normas Canadienses y en las Tablas de Esfuerzos para Maderas Latifoliadas del Instituto Forestal Latinoamericano.

En 1997 el Prof. Jesús Conejos diseñó y fabricó en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales (Mérida) arcos laminados con pino Caribe, preservados con sales de CCA y adheridos con cola blanca, los cuales fueron empleados en la restauración de la cúpula del Teatro Municipal de Caracas (Barrios, Sosa y Contreras, 2007).

En diciembre de 1999 la empresa universitaria Estran del IDEC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, implantó un modelo de cubierta tensil para un local comercial, ubicado en un centro comercial de Caracas, con una estructura de arcos biarticulados (foto 3) con laminados de madera de zapatero (*Hyeronima alchorneoides*), los cuales fueron fabricados en la sede de la Estación Experimental Jaime Henao Jaramillo, en El Laurel, municipio Guaicaipuro, estado Miranda.

### Evolución de los adhesivos

El avance tecnológico en la fabricación de componentes estructurales con madera laminada ha sido una consecuencia directa de la evolución en la obtención de los adhesivos la cual resultó lenta al principio.

Para el año 1900 se obtuvo la caseína, un adhesivo elaborado con base en el procesamiento de productos lácteos. Es económico, resistente al agua y duradero pero hoy día está

en desuso debido a que se inició la utilización de la cola de resina sintética, “cola blanca” o PVA (acetato de polivinilo), introducida en 1912. Ésta, debido a su hidrosolubilidad, posee un uso limitado para ambientes expuestos a las condiciones atmosféricas pero logra dar como resultado un laminado económico, llegando a emplearse para construcciones protegidas.

Para piezas de madera laminada sometidas a ambientes húmedos se aplicó, a partir de 1930, la cola sintética de urea formaldehído, la cual no funciona para climas extremos entre lo muy cálido y lo húmedo.

Con la evolución de la tecnología de los adhesivos se creó una cola sintética de formaldehído de resorcina, en el año 1943, con presentación en dos partes: una base y un catalizador, que al unirse da lugar a su proceso de fraguado pero crea porciones de desperdicio. Este adhesivo era de aplicación en caliente (aproximadamente 50-80°C) y requería de hornos tan grandes como los elementos laminados que se fabricaban, lo cual encarecía el proceso.

Por último, el fenol formaldehído rompe con esta limitante pudiendo aplicarse en frío, hasta aproximadamente 30°C, o en caliente para temperaturas entre 50-80°C, dependiendo de la especie maderable. Una de las ventajas de su utilización fue mencionada por Schmitt en 1978: “El encolado a temperaturas entre 80-130°C, reduce los tiempos de endurecimiento o de prensado de 20 a 2 horas” (Schmitt, 1978:459).

Foto 3. Arcos con laminados de madera fabricados por Estran (IDEC, FAU-UCV).



La fase de encolado constituye una de las etapas que presenta mayor dificultad para la producción de la madera laminada. Aplicando la madera laminada en elementos estructurales para fines edificatorios se presenta el riesgo ante el uso de los adhesivos o colas que al ser resistentes ante los efectos de la humedad causan un deterioro irreversible para los restantes elementos de la naturaleza ante los cuales quedarán expuestos.

Además del proceso en sí de la industrialización de las colas, los residuos que el adhesivo produce son eventos altamente contaminantes que no permiten que la producción de la madera laminada, en los países donde ésta se ha desarrollado, pueda ser más compatible con las medidas de conservación y mejoramiento medio-ambiental. Ambos factores constituyen obstáculos ante los cuales pueden quedar expuestos los fabricantes de madera laminada.

En Venezuela hay un escaso desarrollo de la industria de adhesivos con aplicaciones en la manufactura de madera laminada encolada para usos estructurales principalmente debido a la falta de un mercado que demande estos productos, además de que se requiere para su elaboración de materia prima, maquinarias y tecnologías importadas y una mano de obra altamente especializada.

La industria nacional de adhesivos, para pegar piezas de madera, elabora la “cola blanca” (designación química de homopolímero de vinil acetato). Dos grupos industriales abastecen el mercado con esta modalidad: Menequím C.A. con la marca comercial Enchapeg D50®, y el grupo empresarial Hércules, C.A., que elabora un producto similar, el adhesivo Cola blanca Blan-col 330®.

La industria venezolana elabora algunos productos que pueden aplicarse en la manufactura de madera laminada estructural, pero que a falta de demanda son empleados para otros procesos destacando los fabricados por la empresa Resimón, C.A., ubicada en Valencia estado Carabobo, con los siguientes adhesi-

vos: el producto Resifén®. la familia química de las resinas fenólicas, empleado principalmente para suplir la industria de fabricantes de láminas aglomeradas de fibras de madera, y el producto Resamín®, de la familia química de la resina de urea-formaldehído en solución acuosa, que se utiliza para tableros de maderas aglomerada y contraenchapada.

### *Los preservantes*

Es imprescindible para generar un buen elemento laminado, sobre todo si es de coníferas, que la madera esté seca (en un promedio de 4% de contenido de humedad relativa) y preservada. Éste último proceso es quizás el más contaminante de los que se conocen en los restantes eventos de producción de la madera laminada. Comparada con producciones de otros elementos constructivos como el acero, el aluminio, el asfalto y el concreto armado, aun cuando no arroja partículas sólidas a la atmósfera, su nivel de riesgo es bastante alto dentro de las fases de elaboración de los componentes estructurales laminados.

A mediados del siglo XX se determinó la importancia de crear un producto forestal derivado completamente inmune a los ataques de termitas. Fue así como en paralelo la industria químico-farmacéutica, para la elaboración de pesticidas, desarrolló para la industria de transformaciones madereras, el pentaclorofenol, una combinación de agentes químicos en forma de cristales que por más de 50 años protegía la madera de tales insectos que atacan principalmente a las maderas blandas, especialmente a las coníferas, creando colonias que llegan a multiplicarse de forma rápida y que ocasionan un grave deterioro de las condiciones físico-mecánicas de la madera.

El pentaclorofenol fue retirado del mercado. A pesar de sus bondades como preservante era uno de los productos más peligrosos que la humanidad haya conocido. Los procesos de elaboración para disolver los cristales sólidos en un líquido, en el cual pudieran sumergir-

se durante un tiempo determinado las secciones de madera, implicaban pasos tan peligrosos como hervir el thinner a fuego lento y dejarlo enfriar hasta la homogenización con otros componentes no menos peligrosos como la bencina y el diesel. Como consecuencia: el producto resultó cancerígeno; obligando a autoridades sanitarias y ambientales a legislar en contra de su utilización.

Posteriormente, en las últimas décadas, se genera otro producto—las sales de CCA (cobrocromo-arsénico)—cuyas consecuencias adversas a la conservación del medio ambiente no tardarán en demostrarse. Estas han pasado a ser el producto preservante para especies maderables, reconocido por los institutos internacionales encargados de verificar y acreditar la calidad de las construcciones con madera. No está lejos el momento en que acepten su lamentable error. Esa combinación de sustancias químicas posee una cualidad innata: la de proteger contra insectos voraces y, simultáneamente, de ataques fúngicos que deterioran la madera. Es cierto que el arsénico está presente, pero en cantidades muy reducidas y su aplicación ya no se hace por inmersión sino por procesos de evaporaciones gaseosas para que el producto quede depositado en los niveles celulares de la madera. Las materias primas para su elaboración no sólo son peligrosas sino que contribuyen a la dependencia económica, principalmente respecto a países de Europa y Norteamérica encargados de producir este dañino veneno. Exigiendo, además, que a sus mercados de consumo no ingresen elementos maderables que no estén acordes con la normativa—creada por ellos mismos—que exige la preservación con estos métodos.

### *Ventajas y desventajas en el uso de la madera laminada*

Cuando se utiliza la madera laminada se encuentran las siguientes ventajas:

- aprovechamiento del desperdicio resultante del proceso de producción de la made-

ra –según Owen y Contreras es más del 30% en el caso de las coníferas y en el caso del pino Caribe venezolano este porcentaje resulta incrementado en 5% (Owen y Contreras, 1997)– con lo que se puede establecer la compatibilidad de este sistema con los procesos de desarrollo sustentable de la manufactura de la construcción;

- obtención de formas curvas imposibles de obtener cuando se emplea madera maciza, lo cual le da un alto valor estético. Esbeltez de los elementos y por ende una significativa disminución de las cargas y su consecuente ahorro en fundaciones;
- finalmente, ante la propuesta de fabricar laminados de pino Caribe, se plantea el aprovechamiento de un recurso natural renovable que ya existe en Venezuela (aproximadamente de 560 mil hectáreas de bosques y un volumen aproximado de madera comercial de 12 millones de m<sup>3</sup>).

Cuando se planea trabajar construcciones con madera laminada estructural se presentan dificultades por la manera acertada de combinarla con conectores metálicos entre si misma y con las fundaciones de concreto armado. En ello inciden, particularmente en Venezuela, diversos factores como: la escasez de mano de obra realmente preparada para los eventos de supervisión y clasificación de la materia prima que se empleará; problemas de espacio para la generación de los elementos estructurales de tamaño no convencional para lo cual se requieren de grandes parques industriales para su elaboración; dificultades de transporte terrestre y de vías de circulación vehicular amplias y en buenas condiciones por las que puedan ser conducidos, una vez terminados, los componentes laminados a los sitios de montaje.

#### El pino Caribe. Su explotación

En Venezuela el Ing. J. J. Cabrera Malo (foto 4) planteó, en 1961, la siembra de árboles de

la especie de pino Caribe como solución al problema de erosión en la Mesa de Guanipa. El 6 de junio de 1966, tras conseguir apoyo político y financiero, comenzaron a ser cultivadas plantaciones experimentales en Cachipo, estado Monagas, bajo el fomento de la Dirección de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Cría.

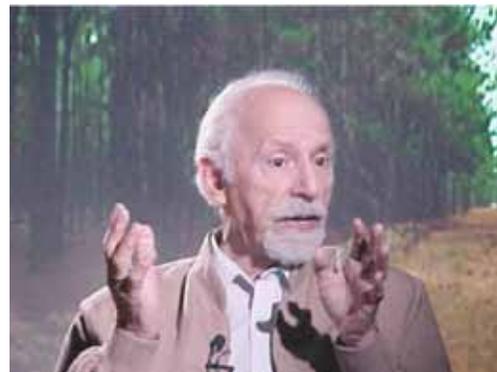
En sus inicios los bosques de la Orinoquia se plantaron para su empleo como materia prima en la industria de extracción de pulpa, hasta hoy tal cometido ha sido imposible de alcanzar.

La Compañía Nacional de Reforestación (CONARE) fue creada el 23 de agosto de 1975 y el 26 de febrero de 1988 se fusiona con la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) fecha en que nace CVG- PROFORCA encargada de administrar los bosques de pino Caribe.

El 6 de marzo de 2012, en la Gaceta Oficial N° 39.877, se publicó el decreto presidencial N° 8.824 que dictaminó el surgimiento de la Empresa de Propiedad Social Maderas del Orinoco C.A. (Maderas del Orinoco C.A.), que estaría adscrita al Ministerio del Poder Popular para las Industrias.

Hasta el año 2013 no se conocen planes de explotación del pino Caribe venezolano para suplir a la industria de la construcción de la materia prima que pueda ser empleada para la fabricación de arcos bi y triarticulados con madera laminada.

Foto 4. Ing. José Joaquín Cabrera Malo (1921- ).



Fuente: [www.azulambientalistas.org/](http://www.azulambientalistas.org/)

Las empresas que administran las concesiones más importantes de los bosques de Uverito son: la empresa Kondor C.A., ubicada en la ciudad de Puerto Ordaz, en el estado Bolívar, que explota una concesión de la Corporación Venezolana de Guayana y su filial Productos Forestales de Oriente (CVG-PROFORCA), para utilizar las maderas del pino caribe de la plantación de Uverito, con manejo sostenible en aras de preservar la flora y la fauna a través de santuarios ecológicos. La empresa Kondor C.A. creó la firma comercial Asesorías Técnicas en Madera-ASETECMA, encargada de la fabricación de elementos de madera laminada de pino Caribe de secciones pequeñas para viviendas de bajo costo. Para ello propusieron un sistema de cerchas de 70 mm x 140 mm, conectados con piezas metálicas, lo cual genera la estructura para un estilo de viviendas que ellos denominaron “*casa estilo americano*”.

La Empresa Forestal Soledad, ubicada en la zona industrial Soledad del estado Anzoátegui, también posee una concesión para aprovechar los árboles de pino Caribe de Uverito, produciendo madera maciza en tres presentaciones: listón, tablón y tablas. También realizan uno de los procesos mecánicos de la madera para obtener tableros de madera de alta densidad conocidos como *hardboard* el cual se encuentra en el mercado con el nombre comercial de Chapaforte®.

Otra de las empresas que tuvo derecho de explotar y administrar determinadas cantidades de maderas blandas para surtir la industria papelera fue la Corporación Forestal Imataca, hoy Manpa, C.A., hasta 2001, año en el cual vendieron toda su división forestal que había alcanzado para 1976 unas 74 mil hectáreas de bosques de pino Caribe (Manpa, 2013).

Según declaró el presidente de Proforca, Wilfredo Franco, en el año 2000, el grupo Terranova, de capital suizo-chileno, tenía en avance la instalación de un aserradero con capacidad de 150 mil m<sup>3</sup> de madera aserrada, así como la conformación de una planta industrial para

producir tableros de fibras de mediana densidad (MDF) y de alta densidad *harboard*, aspirando a comenzar su actividad en pleno para junio de dicho año. Por otra parte el grupo Trillium comenzaría a absorber 1,3 millones de metros cúbicos de madera por año de la producción de Proforca. Ambas inversiones –para la fecha– sumaban más de 250 millones de dólares (Franco, 2000).

En la última década Proforca ha planteado el desarrollo de cinco proyectos: Pulpaca empresa para obtención de pulpa de papel; Prodefor III que consiste en un programa de procesamiento forestal para incrementar el crecimiento de los bosques en un número de 100 mil hectáreas en un período de 5 años; una planta de tableros de fibras orientadas; una planta para el procesamiento bioenergético de pequeñas partículas madereras para obtención de combustible (*pellets*) y, finalmente, intentando satisfacer las necesidades sociales de las comunidades, una propuesta de construcción de 50 mil viviendas con madera.

Para abril de 2013 el consorcio de origen chileno Masisa® centra su actividad inversionista en Venezuela donde posee su mayor cantidad de bosques (unas 86 mil hectáreas). Esta firma mantiene presencia en los bosques desde 2002, año para el cual inició sus operaciones de la mano de la forestal Terranova. La empresa Masisa® es propietaria de una planta industrial donde fabrican tableros de MDP (*Medium Density Particle*), PB (*Particle Board*), MDF (*Medium Density Fiberboard*), además de cortes comerciales y machihembrado, todos ellos empleando como materia prima el pino Caribe, y supliendo al mercado venezolano mediante una red de 45 locales propios identificados como Placacentros®.

Los bosques de Uverito han mermado su crecimiento. De un ritmo de “...23 mil hectáreas por año, siendo la cosecha óptima de 2,3 millones de metros cúbicos” (Franco, 2000) han disminuido a 17.352 hectáreas para el año 2008. En sus inicios Proforca comenzó con una

explotación de 35 mil m<sup>3</sup> anuales. En 1998 subió a 350 mil y en 1999, pese a la crisis, extrajo 700 mil m<sup>3</sup>. El alza de la demanda se debió a que la producción de pino Caribe cubría para ese entonces 50% de la demanda nacional.

### *Aplicabilidad de la tecnología sustentable*

Se ha visto en la mayoría de los países que la actividad de la construcción y demolición de edificaciones e infraestructuras representan un problema desde el punto de vista del impacto ambiental, por la enorme cantidad de residuos sólidos que produce. Se estima que “60% de los residuos sólidos se producen en la construcción y deconstrucción de los edificios: 1,3 Tm por persona/año”<sup>3</sup> (Casanovas, 2009:1).

Es importante recalcar que en el proceso de fabricación de los elementos laminados se presentan fases altamente contaminantes, como son las de encolado y fraguado y la de preservación de las piezas de madera.

Por otra parte, la energía primaria contenida en los materiales de construcción tradicionales (concreto, acero, PVC y aluminio, cuadro 1), es muy superior a la que se libera al momento de convertir la madera rolliza en madera aserrada (Nevado, 1999:22). Por años se ha pre-

senciado la modificación del medio natural con edificaciones que poseen cortos períodos de vida útil y que luego al ser demolidos se convierten en chatarra y escombros por los cuales nadie se hace responsable.

### *¿Puede el pino Caribe venezolano convertirse en la materia prima para construir estructuras de arcos bi y triarticulados?*

La madera laminada estructural posee importantes ventajas para el aprovechamiento de los residuos vegetales de las especies maderables. Sin embargo, en el caso del pino Caribe venezolano, las autoridades encargadas de la siembra y mantenimiento de los bosques de la Orinoquia no han logrado una aplicación que pudiera ser de provecho para la economía del país, desarrollando productos que abastezcan el mercado de insumos para la construcción y que, además, sean elaborados con tecnología de punta.

Para que la madera del pino Caribe sea considerada como un material de construcción es menester considerar los principios estructurales y geométrico-espaciales que determinan la aplicabilidad de este recurso forestal con base en una tecnología sustentable. A continuación se desarrolla un análisis de estos conocimientos.

### *Los elementos estructurales curvilíneos con madera laminada como aplicaciones de una tecnología sustentable*

Con madera laminada se logran fabricar elementos estructurales de formas infinitas, sin mayores limitantes, debido a que la unión de las piezas de madera encoladas permite desarrollar piezas con cualquier tipo de curvatura simple o doble y distintas concavi-

**Cuadro 1. Energía contenida de algunos materiales que se emplean en la construcción**

Madera maciza estructural	3,0 MJ/Kg
Cemento	7,2 MJ/Kg
Acero	43,0 MJ/Kg
PVC	80,0 MJ/Kg
Aluminio	160,0 MJ/Kg

Fuente: Rodríguez y Becker, 2004:22.

3 Casanovas establece que los datos mencionados por él en referencia a la cuantía de residuos sólidos procedentes de la construcción y demolición de edificaciones deben ser considerados como valores con validez internacional a pesar de “...que en diferentes países, con diferentes normativas, con materiales y sistemas constructivos muy diversos, los consumos y los impactos no son los mismos. En todo caso, hay un cierto consenso respecto a algunos datos que son realmente preocupantes” (Casanovas, 2009).

dades. La aplicabilidad geométrica de los elementos estructurales curvilíneos con madera laminada pueden conceptualizarse como un arco que responde en su configuración formal a los diagramas de momento flector máximo que producen las vigas rectas. Esta relación ya había sido resuelta por los fabricantes de estructuras con acero.

Los sistemas estáticos curvilíneos, que trabajan sometidos a esfuerzos de flexocompresión tienen mejor respuesta ante un pre-dimensionamiento estructural al compararse con aquellos conformados por sistemas ortogonales (viga y columna). Este es el caso de los arcos: su analogía con los diagramas de momento flector máximo, que se producen –sólo por citar dos ejemplos usuales– en las vigas rectas con carga uniformemente repartida ( $w$ ) simplemente apoyada en los extremos de una longitud ( $L$ ):

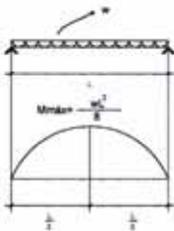
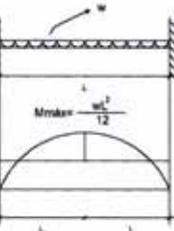
$$M_{flex} = \frac{wL^2}{8},$$

y esa misma viga, esta vez empotrada en ambos extremos responde a la siguiente ecuación:

$$M_{máx} = \frac{wL^2}{12},$$

En ambos casos los diagramas de momentos son parábolas (ver cuadro 2) que al ser considerados para configurar un sistema estático curvilíneo le conceden a los arcos su enorme capacidad de resistencia para salvar grandes distancias sin apoyos intermedios; además, con un peralte muy por debajo de los que requieren los elementos rectos horizontales, lo cual incide en una reducción del peso total de la estructura y en un ahorro en el costo total de la construcción (Páez: 2002).

**Cuadro 2. Analogía entre algunos Diagramas de Momentos en vigas rectas de concreto armado y representación análoga de ejemplos constructivos de estructuras curvilíneas con acero**

Tipos de vigas	Diagramas de Momentos	Ejemplos constructivos
Horizontal simplemente apoyada	 <p data-bbox="776 1417 1063 1470">Fuente: elaboración propia con base en Parker, 1982: 56.</p>	 <p data-bbox="1112 1375 1453 1543">Puente de Mérida (construido en acero y concreto armado por Calatrava, 1988-1992). Fuente: Extraída con fines didácticos de <a href="http://www.viajeuniversal.com/portugal/blogs/blogsalopez1.htm">http://www.viajeuniversal.com/portugal/blogs/blogsalopez1.htm</a></p>
Horizontal empotrada	 <p data-bbox="776 1816 1063 1869">Fuente: elaboración propia con base en Parker, 1982: 57.</p>	 <p data-bbox="1112 1743 1453 1848">Puente de Bayonne. Construido en acero por Ammann &amp; Cass, en 1931. Fuente: Extraída con fines didácticos de <a href="http://upload.wikimedia.org/">http://upload.wikimedia.org/</a></p>

Fuente: elaboración propia.

Los sistemas curvilíneos con madera laminada obedecen de un modo eficiente en su lógica formal a las deformaciones que se presentan en las vigas rectas de concreto armado y de acero. Obsérvese que una viga simplemente apoyada con un voladizo a partir de uno de sus extremos y con carga uniformemente repartida, presenta deformaciones que pueden ser aplicadas a una estructura con madera laminada conservando ésta las condiciones de equilibrio estable. Esto es: lo que en el concreto armado, el acero, el aluminio y otros materiales representa una deformación por someter al elemento a sus estados límites, con la madera laminada puede convertirse, bajo las mismas condiciones formales, en una respuesta interesante de equilibrio estable.

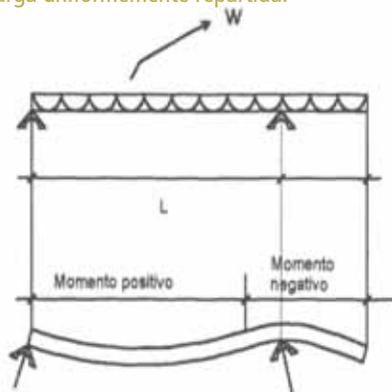
Una configuración formal análoga que responde a la representación de las deformaciones a las cuales es sometida una viga recta horizontal cuando se le aplica una carga uniformemente repartida ( $w$ ), simplemente apoyada y con un voladizo en uno de sus extremos

(figura 1). Como ejemplo se señala la pasarela construida con madera laminada sobre el canal Rhin (foto 5).

Los arcos con madera laminada estructural para solucionar espacios llegan a cumplir con todas las posibilidades de formas geométricas, modos de sustentación<sup>4</sup>, o por la función que cumplen y el material con el cual son fabricados. Las formas que se pueden obtener a partir de la aplicación de la madera laminada en la construcción sólo tienen como límite la imaginación del proyectista, tal es el caso, a manera de ejemplo, el diseño de la cubierta del balneario de aguas termales de Bad Neuenahr, Alemania, 1993 (foto 6).

En los datos que más adelante refleja el cuadro 3 obsérvese la ventaja que adquieren los arcos respecto a la predeterminación del peralte ( $H$ ) cuando pasan de una articulación –en cada uno de los apoyos– a adquirir una articulación más que se ubica al centro de la longitud de la curva que este desarrolla, para convertirse de un arco biarticulado a triarticulado.

Figura 1. Deformaciones de una viga recta horizontal, simplemente apoyada con un voladizo en uno de sus extremos cuando se le aplica una carga uniformemente repartida.



Fuente: elaboración propia con base en Parker, 1982: 54.

Foto 5. Pasarela con madera laminada sobre el canal Rhin.



Fuente: extraída con fines didácticos de Rodríguez, 1999: 213.

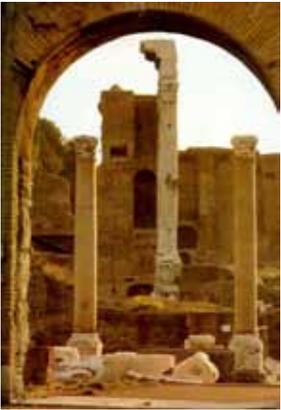
Foto 6. Cubierta del balneario de aguas termales de Bad Neuenahr, Alemania.



Fuente: extraída con fines didácticos de Canadian Wood Council, 1995.

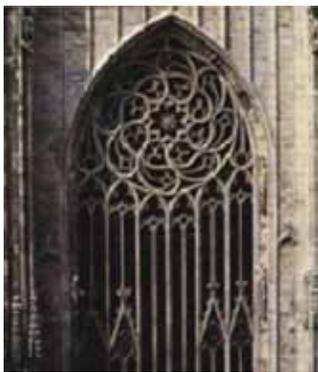
4 Fernández Casado, en 1955, estableció los siguientes *modos de sustentación*: arcos empotrados, de una articulación, de dos articulaciones, de tres articulaciones, empotrados elásticamente y atirantados. Seguramente el autor no pensó entonces en aumentar su clasificación con base en las múltiples posibilidades de construir arcos que se presentan con madera laminada, donde los elementos pueden ser seccionados y reutilizados para otros modos de sustentación que él obvió como son: los arcos en voladizo, los multisoportados y los multitensionados.

Foto 7. Arcos romanos generándose una arquitectura de proporción 1:1.



Fuente: Enciclopedia Las 100 Maravillas.

Foto 8. Arco ojival de la Catedral de Milán.



Fuente: <http://33m.lista.cl/posts/info/14524756/El-arte-gotico.html>.

Esta ventaja, entre otras que ya se han mencionado, es consecuencia directa de que cuando los esfuerzos de flexocompresión actúan sobre una estructura de madera laminada –en el caso específico de los arcos biarticulados– existe un grado de libertad en cada uno de sus apoyos, mientras que al seccionarse el elemento curvilíneo en dos o más partes, para hacerlo triarticulado, se obtiene otro grado de libertad adicional, en el punto de la clave.

Al aplicar un arco semicircular la altura desde el origen de la curva hasta la clave es la mitad de la longitud recta entre los apoyos es decir: equivale al radio de la circunferencia que lo genera. Mediante esta proporción fueron concebidos los arcos romanos (foto 7), formándose una arquitectura de proporción 1:1 en la cual todos los arcos de un mismo nivel o arcada eran del mismo diámetro. Mientras que si se emplean arcos de parábolas (acotadas dentro de ciertos parámetros finitos) la misma altura podría ir en aumento. Este fue el caso del gótico, donde los arcos permitieron desarrollar una arquitectura en proporción 1:2 y 1:3 base-altura (foto 8) por medio de arcos de parábolas, ojivas y catenarias.

Los arcos de los períodos góticos y romanos contaban con esta limitante: las dificultades propias de los materiales no permitían salvar grandes distancias entre los apoyos. Surgiendo así los arcos carpaneles con perfiles de semióvalos pero con una sustentación particular: los apoyos, constituidos por arcos semicirculares, eran los que daban sustento y transmitían los esfuerzos al piso a este elemento estructural a través de toda la longitud de curva.

Las innovaciones tecnológicas lograron incorporar el acero a las construcciones a partir del siglo XIX. Fue así como los arcos de semicírculos romanos, las ojivas del gótico y los arcos carpaneles debieron quedar como un hecho histórico para cederle el paso a los arcos con perfil de semielipse exacta o aproximada, como arcos de semióvalos de tres, cinco o más centros, y las parábolas y catenarias que permitieran disminuir gradualmente las alturas desde el nivel

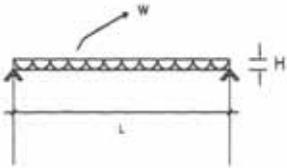
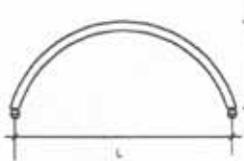
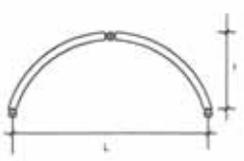
de piso terminado hasta el punto más alto de la curva reduciendo también las longitudes de curvas, las secciones transversales de los arcos, los volúmenes de material y los costos aplicados en su fabricación. Se presenta entonces como un reto salvar grandes distancias con un elemento estructural curvilíneo sin apoyos intermedios. De este modo los arcos se han ido configurando como elementos geométricos y como componentes estructurales unidimensionales; donde la longitud de curva es mucho mayor que la base y el peralte de su sección transversal. Toda vez que se ubican en el hiperespacio (ejes coordenados  $x, y, z$ ) constituyendo un todo tridimensional que, según el tipo de curva empleada, puede generar un semielipsoide, un paraboloides, una semiesfera o un ovoide.

Pérez Galaz (1992) y Argüelles, Arriaga y Martínez (2000) establecieron peraltes ( $H$ ) de la sección transversal registrando los valores comparativos entre un elemento rectilíneo horizontal simplemente apoyado y curvilíneo fabricados con madera laminada encolada. Pero, además, fijan la diferencia entre un modo de sustentación biarticulado y otro triarticulado (cuadro 3). Los peraltes con madera laminada, sobre todo cuando se aprovechan una de sus múltiples ventajas como lo es la de generar sistemas estáticos curvilíneos, son mucho menores que los que se requieren al emplear elementos rectilíneos con cualquier otro tipo de material constructivo que se conozca.

### *¿Por qué proponer sistemas estáticos basados en la implantación de arcos con perfil de parábolas, catenarias y semielipses?*

Al intentar salvar cualquier longitud  $L$  sin apoyos intermedios se presentan, entre otras dificultades de orden técnico, dificultades de tipo logístico. Según el componente curvilíneo seleccionado: parábola, carpanel, elipse, semicírculo y otros, éste arrojará una longitud de curva mayor a la distancia entre los apoyos lo que lleva a pensar, tratándose de arcos fabricados con madera laminada, en la necesidad

**Cuadro 3. Parámetros geométricos y predimensionamientos estructurales de arcos curvilíneos con madera laminada y su comparación con respecto a una viga recta**

Geometría de los Sistemas estáticos		Características	Distancias entre apoyos (metros)	Peralte de la sección transversal (H)	Ejemplo emblemático de alguna estructura construida con madera laminada donde se haya aplicado el sistema estructural
Viga recta horizontal simplemente apoyada con carga uniformemente repartida		Sección transversal uniforme. Relación H/b=1/8	Usuales: 10 m - 30 m Máxima: 60 m	$H = \frac{L}{17}$	 <p>Pasarela sobre un paso de ferrocarril. Mellansel, Sverige. 1993. Fuente: Nevado, 1999: 210.</p>
Arco bi-articulado una articulación y un grado de libertad por cada apoyo		Sección transversal uniforme. Relación H/b=1/8 Pendiente apropiada en grados: $f = 0,135 L$	Usuales: 20 m - 60 m Máxima: 100 m	$H = \frac{L}{50}$	 <p>Pabellón de tenis. Teufenthal. Suiza. 1982 Fuente: Nevado, 1999: 109.</p>
Arco tri-articulado se adiciona una articulación y un grado de libertad en la cresta de la curva		Sección transversal uniforme. Relación H/b=1/8  Pendiente apropiada en grados: $f = 0,135 L$	Usuales: 20 m - 100 m Máxima: 125 m	$H = \frac{L}{50}$	 <p>Pabellón de exposiciones. Avignon, Francia, 1978. Fuente: Nevado, 1999: 181.</p>

En Venezuela –hasta donde se conoce– no existen estudios concluyentes acerca de los predimensionamientos con madera laminada estructural de pino Caribe, por lo que los datos que arroja el cuadro no deben ser tomados como una referencia concluyente. Se determina H como el peralte total y b como la base de la sección transversal del elemento analizado.

Fuente: elaboración propia con datos de Pérez Galaz (1992: 120, 122); Argüelles, Arriaga y Martínez (2000: 171); Nevado, (1999).

de seccionar el elemento tantas veces como se requiera, facilitando así las tareas de fabricación, transporte, preensamblado, montaje y –si fuese necesario– también las de deconstrucción, reutilización y aplicación en nuevos sistemas curvos para generación de espacios

completamente diferentes a los que fueron desarrollados con antelación.

La justificación estructural de estas tipologías geométricas de curvas radica en el hecho de que los arcos de semielipses al igual que los arcos de parábolas, ambos acotados dentro de paráme-

tros finitos para aprovechar las porciones curvas que son cóncavas hacia abajo, poseen una característica singular: generan una configuración formal permitiendo obtener soluciones exactas y soluciones aproximadas que responden a los fundamentos geométricos que las determinan.

Los predimensionamientos de elementos estructurales con madera laminada establecen un criterio para la escogencia del caso de estudio del arco bi o triarticulado que aquí se analiza. Para ello se presentan en el cuadro 3 los parámetros estructurales y geométricos de algunos elementos curvilíneos comparándolos con respecto a los resultados de una viga recta.

Los arcos de tres centros constituyen la obtención geométrico-espacial de un modo visualmente aproximado al trazado de una semielipse, parábola o catenaria. Para su representación aproximada se dan las siguientes acepciones: un óvalo con la porción cóncava hacia abajo, constituido por la unión de tres curvas semicirculares, o arco de tres centros, trazado con escuadras y compás que posee su eje mayor coincidiendo con las abcisas y el semieje menor está sobre el vertical; siendo éste el caso de estudio que aquí está analizándose (figura 2). Esta es una representación de solución aproximada del arco que justifica una propuesta geométrica realizada para salvar grandes luces con arcos fabricados con madera laminada.

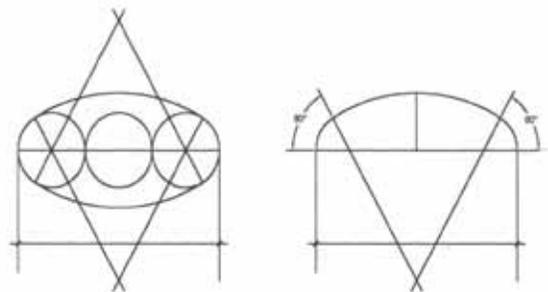
Mas, no debe dejar de mencionarse la existencia de otro caso (figura 3) que es una representación aproximada de un arco de parábola o catenaria que posee el eje menor sobre la horizontal y el semieje mayor coincide con el vertical o altura desde el nivel de piso terminado hasta la clave. Este último caso visualmente también se asemeja a una parábola o a una catenaria.

Los arcos de tres centros permiten cumplir con la premisa de seccionar el elemento estructural curvilíneo fabricado con madera laminada. Facilita, a su vez, la mayoración de los apoyos y esas particiones no generan la pérdida de la continuidad de la longitud de curva. Ello se debe a que los extremos de la curva central, son reci-

dos por los extremos de las porciones de curvas semicirculares de cada uno de los apoyos constituyéndose en puntos comunes de tangencia.

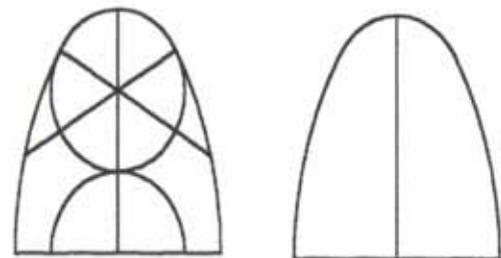
La distancia entre los apoyos, dada por  $L = \text{Eje mayor}$  (a) y la altura del semieje menor (b) de un arco de tres, cinco, siete o más centros, permite determinar los parámetros geométricos que determinan la obtención gráfica de la curva (figura 4). En ambos casos se producen tres porciones de arcos trazados con compás. No obstante, en el caso de la izquierda, todavía la porción de curva central es seccionada en dos simétricamente en los casos en que los arcos sean triarticulados. Siendo este uno de los principales justificativos de la facilidad de emplear estos componentes curvos para alcanzar distancias entre los apoyos ( $L$ ), sin que se eleven de un modo desproporcionado la altura desde el nivel de piso terminado hasta la clave. Mientras más centros permitan obtener

**Figura 2.** Arco de tres centros con la distancia de los apoyos sobre el eje mayor horizontal.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 3.** Arco de tres centros donde el eje menor está dado por la distancia entre los apoyos y el semieje mayor es la altura desde el nivel de piso terminado hasta la clave o cresta de la curva.



Fuente: elaboración propia.

un arco, trazado con escuadras y compás, mayor será su semejanza con una semielipse que matemáticamente no posea ningún margen de error.

### Arcos biarticulados con madera laminada

Las edificaciones con sistemas estructurales curvilíneos de madera laminada que salvan las más grandes luces han sido resueltas con arcos biarticulados. Seguidamente se describen dos de las más importantes.

#### *Pabellón Olímpico de Hamar*

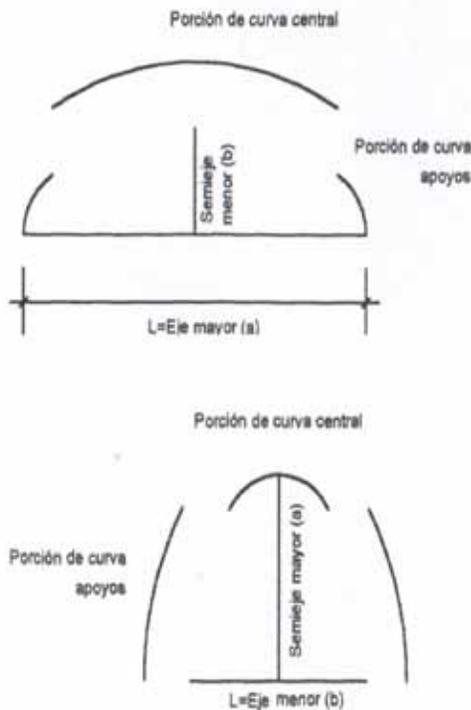
Como ejemplo emblemático de una edificación solucionada con arcos biarticulados con madera laminada está el Pabellón Olímpico de Hamar, Noruega, conocido como “El

barco vikingo” (fotos 9 y 10), construido en 1992 con madera laminada estructural. Nevado, en 1999, la describe así: “Esta impresionante cubierta (260 m de espina dorsal, y 96,4 m de luz transversal máxima con una altura de 35 m). ...[ los cuales constituyen] una sucesión paralela de arcos biarticulados («Cuadernas») a intervalos de 12 m, y luz libre mínima de 30 m” (Nevado, 1999:68).

#### *Pabellón de La Utopía*

Otra edificación solucionada con arcos biarticulados de madera laminada es el *Pabellón de La Utopía* (fotos 11, 12 y 13) construido en 17 meses para la Exposición Universal de Lisboa de 1998 por la oficina de arquitectura Regino Cruz Arquitectos Consultores en asociación

Figura 4. Porciones de curvas que conforman a un arco de semióvalo en sus dos modalidades: eje mayor en posición horizontal con semieje menor en vertical y eje menor horizontal con semieje mayor vertical.



Fuente: elaboración propia.

Foto 9. Pabellón Olímpico de Hamar, Noruega, construido, con madera laminada estructural, en 1992. .



Fuente: extraída con fines didácticos de Rodríguez, 1999: 69.

Foto 10. Detalle de la estructura del techo del Pabellón Olímpico de Hamar.



Fuente: extraída con fines didácticos de Rodríguez, 1999: 68.

4 Los datos de la construcción del Pabellón de La Utopía han sido extraídos con fines didácticos de [www.aitim.es/uploads/.../archivo\\_3236\\_11581.pdf](http://www.aitim.es/uploads/.../archivo_3236_11581.pdf)

con el gabinete internacional SOM\_Skidmore, Owings y Merrill<sup>5</sup>.

La forma del Pabellón está inspirada en un molusco marino de la época Jurásica, aunque para el espectador resulta la imagen de una nave espacial. Es así que la planta del Pabellón tiene forma de óvalo con un eje menor de 125 m y eje mayor de 225 m (AITIM, 1998). Las luces que salvan el sistema de armaduras que sostienen la estructura del sistema de cubierta varían desde los 60 hasta 120 m. Los arcos adquieren la configuración de curvas de tres centros (semióvalos).

### Arcos triarticulados con madera laminada

Los siguientes ejemplos internacionales determinan la pertinencia del uso y aplicación de sistemas estructurales configurados con arcos triarticulados con madera laminada:

#### *Puente Europa*

El puente Europa, localizado en St. Georgen-Austria es un puente de madera con 85 m de recorrido total construido con arcos de configuración parabólica triarticulados de madera

laminada estructural que salvan una luz de 45 m (fotos 14, 15 y 16).

¿Pueden realmente los arcos triarticulados con madera laminada estructural cubrir luces de 30, 50, 100 o más metros? El puente Europa es una clara demostración de que los arcos bi y triarticulados logran, además de salvar grandes luces, pueden soportar grandes cargas.

#### *Gimnasio del Colegio Padre Hurtado*

Un ejemplo más reciente de la aplicación de estructuras con arcos triarticulados es la cubierta del gimnasio del Colegio Padre Hurtado (figuras 17 y 18) en Santiago de Chile, proyectado en 2004 por un equipo de arquitectos dirigidos por Teodoro Fernández y Sebastián Hernández. La cubierta está resuelta para salvar una luz de 36 m mediante un sistema de vigas triarticuladas con madera laminada que generan un sistema de cerchas en los arranques (Basulto, 2008). En la escogencia de este sistema estructural privaron requerimientos de elegancia, economía y rápido montaje además de la considerable reducción de cargas ante otras alternativas de materiales que pudiesen haberse empleado.

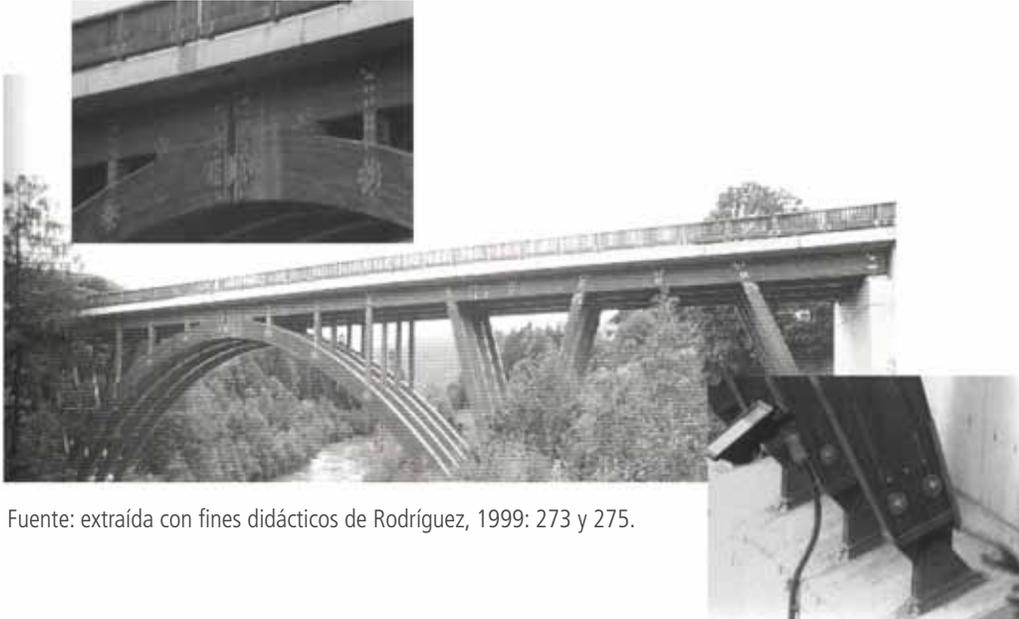
Fotos 11, 12 y 13. Pabellón La Utopía, Expo-Lisboa, 1998.



Fuente: Fuentes: [http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id\\_news=626638](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=626638); [http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo\\_3236\\_11581.pdf](http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo_3236_11581.pdf) y Nevado, 1999:185.



Fotos, 14, 15 y 16. Puente Europa en St Georgen, Austria, construido con madera laminada estructural, en 1993.



Fuente: extraída con fines didácticos de Rodríguez, 1999: 273 y 275.

Fotos 17 y 18. Gimnasio del Colegio Padre Hurtado en Santiago de Chile (2005).



Fuente: extraída con fines didácticos de Basulto, 2008.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Venezuela el pino Caribe constituye un recurso forestal disponible para convertirse en una de las principales materias primas para la construcción de arcos bi y triarticulados con madera laminada.

Para 2013 no existía en todo el país construcciones en ejecución que empleara la madera laminada con arcos bi o triarticulados para salvar grandes luces sin apoyos intermedios.

Es quizás éste uno de los momentos que permitiría romper con la dependencia de los insumos extranjeros y se está en la oportu-

nidad de construir en el país estructuras de madera bien calculadas, aplicando de forma acertada ese producto maderero para aprovechar sus cualidades y defectos, al responder a las distintas solicitaciones de esfuerzos que pueda soportar.

Es necesario realizar estudios y planificar el aprovechamiento de la madera de pino Caribe venezolano, generando aplicaciones incrementales de innovación tecnológica de la construcción basadas en soluciones geométricas, espaciales y estructurales con sistemas estructurales de arcos bi y triarticulados para salvar luces en el rango de 30 m-100 m sin apoyos intermedios.

Las concesiones establecidas para los consorcios comerciales madereros por el Estado venezolano no representan un aliciente para crear en el país una cultura de construcción con madera que tanta falta hace. Por lo tanto se recomienda promover al pino Caribe de la Orinoquia entre consorcios internacionales para que traigan sus capitales, inviertan en la explotación y producción de madera de pino Caribe para producir elementos constructivos con madera laminada.

La definición de una propuesta geométrica de un elemento estructural con madera laminada basada en la implantación de arcos bi y triarticulados facilita las tareas de fabricación, preensamblado, montaje, deconstrucción,

reutilización y por ende la transformabilidad de los componentes. Lo que en un momento dado es empleado para un determinado fin dentro de un todo estructural puede, bajo condiciones diferentes de órdenes de magnitud y establecimiento de nuevas funciones, debe ser reconvertido sin que para ello se generen desperdicios ni desechos.

Por último, los arcos bi y triarticulados que aquí han sido analizados permiten desarrollar componentes constructivos configurados geométricamente en dos soluciones: una aproximada que son arcos de semióvalos con tres o más centros; y una solución exacta que es una curva elíptica o de parábola, sin ningún margen de error en su obtención geométrica. Ambos conjuntos proporcionan longitudes de curvas que pueden ser seccionadas, sin que se pierda por ello la continuidad obtenida en los puntos de la curva. Esto permite la implantación de elementos constructivos, que facilitarían las labores de fabricación, transporte, montaje en obra, deconstrucción y reciclaje. Estableciendo así los principios de transformabilidad geométrica de la estructura portante. Lo que hoy puede ser un espacio determinado, en el futuro puede ser deconstruido sin provocar escombros ni desperdicios, para reconvertirlo en otro diferente, sin sacrificar sus condiciones de equilibrio estable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITIM-Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera. AITIM. (1998). El pabellón de la Utopía Exposición Universal 1998 de Lisboa. *Boletín de información técnica No 192*. Extraído el 28 de febrero de 2014 de [www.aitim.es/uploads/..../archivo\\_3236\\_11581.pdf](http://www.aitim.es/uploads/..../archivo_3236_11581.pdf).
- Argüelles, R.; Arriaga, F. y Martínez, J. (2000). *Estructuras de madera.: diseño y cálculo*. Madrid: AITIM.
- Barrios, E., Sosa, M., y Contreras, W. (2007). La experiencia venezolana en la fabricación de vigas laminadas encoladas. *Tecnología y Construcción*, 23(2), pp. 75-88.
- Basulto, D. (2008). Gimnasio Colegio Padre Hurtado – Teodoro Fernández. 31 Mayo 2008. Plataforma Arquitectura. *Boletín de información Técnica No 198*. Extraído el 25 de enero de 2014 de <http://www.plataformaarquitectura.cl/?p=7618>>[http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo\\_3542\\_13160.pdf](http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo_3542_13160.pdf).



- Canadian Wood Council (1995). *Wood Reference Handbook*. Ottawa: CWC.
- Casanovas, X. (2009). La construcción sostenible: una mirada estratégica. Extraído el 13 de noviembre de 2014 de <http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/11004/1/ponencia-marco-sostenibilidad.pdf>
- Fernández, C. (1955). *Cálculo de arcos*. Madrid: Dossat.
- Francis, J. (1992). [www.fs.fed.us/global/iitf/Pinuscaribaea.pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/Pinuscaribaea.pdf) . Extraído el 20 de enero de 2014.
- Franco, W. (2000). Terranova y Trilium invierten \$ 250 millones. El Universal, 20 de febrero de 2000.
- Holtza, S.A., (1991). *Construcciones en Madera Laminada: Hojas de Trabajo*. Álava: Holtza.
- MANPA-Manufacturas de Papel (2013). Historia. Extraído el 17 de enero de 2014 de [http://www.manpa.com.ve/espanol/secciones/nosotros/1111/nosotrospag\\_his.html](http://www.manpa.com.ve/espanol/secciones/nosotros/1111/nosotrospag_his.html)
- Navado, M. (1999). *Diseño Estructural en Madera*. Madrid: Asociación de Investigación Técnica de la Industria de la Madera y el Corcho. AITIM.
- Owen de Contreras, M. y Contreras, W. (1997). Elaboración de un elemento estructural laminado tipo Parallam, con tiras de madera Juvenil de Pinus Caribaea Var. Hondurensis y Adhesivo Fenol Formaldehído. *Revista Forestal Venezolana*. 41(2), 129-136.
- Owen de Contreras, M. y Contreras, W. (1999). Análisis sobre la evolución de la madera laminada a través de su historia y su trascendencia para Venezuela en el siglo XX." Mimeo, Venezuela.
- Páez, R. (2002). *Fundamentos geométricos del arco semielipsoidal*. Trabajo de grado para obtener el Título de Magíster Scientarium en Desarrollo Tecnológico de la Construcción. IDEC-FAU-UCV. Caracas.
- Parker, H. (1982). *Diseño Simplificado de Armaduras de Techo para Arquitectos y Constructores*. Biblioteca Simplificada de la Construcción; Tomo 2; LIMUSA. México.
- Pérez Galaz, V. (1992). *Manual de Madera Laminada*. Instituto Forestal División Industrias, Manual No. 11, 2a edición. Chile.
- Rhude, A. (1996). Structural glued laminated timber: History of its origins and early development: [http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo\\_3542\\_13160.pdf](http://www.aitim.es/uploads/articulos/archivo_3542_13160.pdf).

## LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN EL POSTGRADO EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN\*

The experience of implementing distance education in the Graduate Technological Development Construction

IDALBERTO ÁGUILA

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela

### ANTECEDENTES

En los últimos años, el Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC se ha encontrado bajo la influencia de dos circunstancias externas que han producido largas reflexiones sobre la efectividad de su funcionamiento tradicional.

Es así como la situación económica del país ha influido en el normal desempeño del Postgrado, hecho que se evidencia en las limitaciones de los estudiantes para acceder a becas que les permitan sufragar sus gastos y a fondos para contribuir al desarrollo de los proyectos, lo cual ha traído como consecuencia la disminución de interesados en llevar a cabo dichos estudios ante el poco estímulo descrito.

En paralelo, ha habido rápidos avances en el desarrollo de tecnologías informáticas que han favorecido circunstancias muy beneficiosas para el auge y dictado de la Educación a Distancia, como una modalidad de enseñanza que tiende a masificarse y perfeccionarse.

La UNESCO estableció como prioridad la atención con un Plan de Acción para la Transformación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe propuesto en 1998 (UNESCO, 1998). Este plan contiene cinco programas, entre los que se encuentra "El Mejoramiento de la Calidad y la Gestión Académica de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación", que tiene como objetivo, entre otros, "obtener, en el corto, mediano y largo plazo un mejoramiento del servicio educativo mediante la asimilación de las tecnologías de la información, la telemática y la educación a distancia".

A partir de este planteamiento, el Vicerrectorado Académico de la Universidad Central de Venezuela propone un Proyecto, en el año 2002, para el diseño y la implantación de un Programa de Educación a distancia, en el cual se enfatizan los aspectos pedagógicos, organizativos y de necesidades de recursos humanos y tecnológicos para su establecimiento (Vicerrectorado Académico, UCV, 2002). Luego el Consejo Universitario aprobó la Educación a distancia como una de las modalidades de enseñanza de esta casa de estudios.

El IDEC, por su parte, actuando como pionero de la Educación a Distancia en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, a partir del año 2002 comienza con el desarrollo de algunos cursos de ampliación de conocimientos en modalidades mixtas de actividades presenciales y a distancia, hasta que en el año 2005 surgió la necesidad de incorporar esta modalidad a los cursos de Especialización y Maestría.

\* El desarrollo de los conceptos que aborda este trabajo contó con la colaboración de los profesores del postgrado en Tecnología de la Construcción del IDEC: Beatriz Hernández, Domingo Acosta, Alfredo Cilento, Antonio Conti, Argenis Lugo, Darío Álvarez.



## LA EXPERIENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN A DISTANCIA EN EL POSTGRADO EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN

Paralelamente, en colaboración con el Laboratorio de Técnicas Avanzadas en Diseño de la propia Facultad se fueron desarrollando aplicaciones para la modelación, visualización y comunicación de espacios y sistemas experimentales (figura 1), utilizando como ejemplos, en algunos casos, sistemas constructivos desarrollados en el IDEC.

### OBJETIVOS

Difundir la experiencia del Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción del IDEC en la utilización de nuevas estrategias de enseñanza presencial y a distancia y técnicas virtuales de comunicación.

### DESARROLLO

El programa de Postgrado del IDEC fue formulado en 1985 con la creación de la Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción y tuvo su inicio en 1986 como la primera de su tipo en América Latina.

El objetivo fundamental del programa es formar investigadores en el campo del desarrollo tecnológico de la construcción, contemplando la formación de profesionales en investigación y desarrollo, ofreciendo conocimientos, habilidades y destrezas que permitan al estudiante actuar en forma integral en el campo de la investigación aplicada en la industria de la construcción (Hernández, Águila, Acosta, 2005).

Luego de trece años de experiencia y cuatro cohortes completadas del postgrado, y como respuesta a las necesidades crecientes en la esfera productiva de profesionales de alto nivel con formación en el campo del Desarrollo Tecnológico de la Construcción, se creó en 1999 la salida de Especialización en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, que hasta la fecha ha completado tres cohortes por siete de la Maestría.

El postgrado atiende un área prioritaria en el país y Latinoamérica, como es la formación de recursos en investigación y desarrollo de tecnologías innovadoras que aporten soluciones en la construcción de edificaciones en áreas como vivienda de interés social, edificaciones públicas, prevención y mitigación de riesgos de desastres y otras, dentro de las líneas de investigación del IDEC.

El programa está conformado por tres tipos de asignaturas:

*Asignaturas de Proyecto:* constituye el eje principal del programa y se desarrolla a lo largo de todos los períodos de escolaridad. En ellas se realiza la identificación y planteamiento del problema así como la formulación y el desarrollo del proyecto de investigación.



Figura 1. Modelo de vivienda desarrollado por estudiantes

*Asignaturas Instrumentales:* proporcionan, instrumentos, técnicas, métodos, habilidades y destrezas aplicables a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico de la construcción.

*Asignaturas de Contexto:* ubican al estudiante dentro del contexto de la actividad de investigación y desarrollo, tanto en lo referente a la Industria de la Construcción como en lo relativo a las actividades de producción, procesos, cambio y transferencias de tecnología en Venezuela.

Hasta el año 2006 el Postgrado exigía del estudiante una alta presencia en el Instituto, con clases de lunes a viernes de 9:00 a.m. a 12:00 m. En el resto del tiempo, se requería dedicar varias horas diarias adicionales al trabajo independiente y de investigación.

Hasta entonces, las estrategias docentes se correspondían con la forma tradicional con que se desarrollaban la mayoría de los postgrados. Las asignaturas instrumentales y de contexto basaban el énfasis fundamentalmente en el profesor, a través de charlas y clases magistrales, con evaluaciones en forma de exámenes y/o de trabajos independientes que debían desarrollar los estudiantes a partir de orientaciones precisas del profesor. Las asignaturas de Proyecto se centraban mayormente en los estudiantes, quienes llevaban a clases, de dos a tres veces por semana, avances en los proyectos de investigación que cada uno desarrollaba, según un plan de trabajo individual. Los trabajos eran presentados a través de planos, croquis, etc. realizados a mano o por medio de la computadora e impresos en papel, y corregidos en forma de taller de discusión con la participación de profesores y estudiantes.

## EL CAMBIO A LO VIRTUAL

El postgrado ha contado históricamente con una adecuada demanda, con la cual se podía llenar su cupo óptimo de 15 estudiantes, luego de una selección entre un número de solicitantes mayor. El hecho de contar con más solicitudes que plazas permitió siempre hacer una selección de los mejores candidatos y garantizar con esto la calidad del postgrado.

Sin embargo, a partir de la sexta cohorte iniciada en 2001, comenzó a disminuir el número de profesionales interesados en cursar nuestro postgrado y se hizo casi exclusivo para los habitantes de la ciudad de Caracas, que es la sede donde se imparte dicho postgrado. En ese año solo se llegó a 14 candidatos, a todos los cuales se les dio acceso, sin posibilidades de hacer una buena selección. En la siguiente cohorte, que comenzó en 2003, ese número se redujo a 13, casi todos recién graduados, sin experiencia en obra o investigación. Los resultados finales de estas cohortes fueron inferiores a las anteriores.

El motivo principal de esta disminución se encuentra en las dificultades que han experimentado los profesionales nacionales para acceder a becas de postgrado que han sido reducidas en los últimos años. Lo mismo ha ocurrido con las fuentes de financiamiento para investigaciones y proyectos de Grado. Estos inconvenientes, aunados a un horario de clases diarias, se traducían en serias dificultades para la mayoría de los profesionales que deseaban tomar el curso.



Paralelamente, y de acuerdo a los avances que se venían dando en las estrategias de enseñanza para cursos de cuarto nivel con la Educación a Distancia y el uso de las tecnologías de información y comunicación, en el IDEC se comenzó a instrumentar una modalidad mixta de enseñanza en Cursos de Ampliación de Conocimientos de corta duración, donde se combinaban clases presenciales con actividades a distancia, apoyadas en un uso creciente de las herramientas que proporcionaban la Internet y otras nuevas tecnologías.

Toda lo anterior hizo que el grupo de docentes del postgrado se viera inclinado a proponer un cambio gradual que transitara de una modalidad de enseñanza presencial a un modelo mixto de clases presenciales combinadas con actividades a distancia.

La primera experiencia que se materializa es el Curso de Ampliación de Conocimientos *“Arquitectura y Construcción Sostenibles. Proyectos, Obras e Investigación y Desarrollo”*, el cual se dictó bajo esta modalidad desde el año 2002 hasta el 2007, con resultados altamente satisfactorios, al punto que desde la versión 2005 se convirtió en un curso trinacional, con la incorporación de la Universidad de Los Andes de Bogotá (Colombia) y la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (Ecuador).

A partir de esta primera experiencia se programaron otros Cursos de Ampliación de Conocimientos que se han desarrollado de manera igualmente satisfactoria, hasta que, habiendo acumulado cierta experiencia, se incorporó a esta modalidad, en el año 2006 la Especialización y en el 2007 la Maestría, abarcando así todo el programa de postgrado del IDEC.

El planteamiento se organizó con clases presenciales un día a la semana para que los estudiantes pudieran mantener sus compromisos laborales externos y así únicamente pedir un día de permiso. Esto obligó a disminuir la cantidad de horas presenciales de cada asignatura en al menos 30%, las cuales fueron sustituyéndose por actividades a distancia.

Para lograr este objetivo se introdujeron los ajustes necesarios a cada materia para modificar las estrategias educativas, pasando de actividades presenciales a actividades a distancia, sin que se dejaran de lograr los objetivos de la asignatura, y paralelamente se montaron las asignaturas en línea, para poder garantizar el seguimiento de las actividades a distancia, utilizando para esto las herramientas que proporcionan las nuevas tecnologías de la información y comunicación.

## RECURSOS TELEMÁTICOS UTILIZADOS

En un primer momento se utilizó la plataforma *“Fácil web”* del Sistema de Actualización Docente del Profesorado (SADPRO), perteneciente a la UCV, posteriormente se implantó la Plataforma *“IDEC Digital”*, adaptada a las condiciones de nuestro Instituto, a partir de una plataforma de *Software* libre de origen austro-alemán conocido como Antville hasta que finalmente se creó el *“Campus virtual”* de la UCV, el cual se utiliza actualmente.

La plataforma *“Fácil web”* constituyó un primer intento con bastantes limitaciones. Fue útil en los primeros Cursos de Ampliación de Conocimientos, donde

no se requería de una participación muy activa de los estudiantes ni un tratamiento complicado de imágenes. Lo mismo ocurre con las asignaturas “teóricas” del postgrado, sin embargo, en las asignaturas tipo taller resultó prácticamente inútil.

La plataforma induce a un modelo conductista de la educación, donde el profesor es quien dicta las pautas y coloca casi toda la información en la misma. Este proceso no se consideró muy adecuado para los fines perseguidos del postgrado pues la estrategia educativa buscada debía estar dirigida a que los estudiantes aportaran al conocimiento a través de la discusión de sus trabajos colocados en la plataforma.

A pesar de este avance, la comunicación deseada no se lograba de manera idónea, porque se limitaba casi exclusivamente de profesor a estudiante viéndose minimizado el desarrollo de las habilidades de los estudiantes. Por otro lado, en el postgrado, por su naturaleza, se requiere un uso importante de imágenes tanto en planos como dibujos en tres dimensiones. Este aspecto se fue desarrollando de forma paulatina a medida que se iba avanzando en la primera cohorte de este tipo.

La plataforma IDEC Digital, desarrollada por el Prof. José Gonçalves, fue adaptada para el dictado de este tipo de cursos y –aun cuando no era su objetivo original– se convirtió en una excelente herramienta para la comunicación de propuestas y alternativas de los estudiantes. Por su naturaleza es una plataforma colaborativa y en ella cada participante puede colocar imágenes, textos, modelos virtuales, etc. las cuales a su vez pueden ser revisadas y comentadas por los profesores y por el resto de los estudiantes (figura 2). Con esta plataforma se resolvieron, en gran medida, las limitaciones de la plataforma Fácil Web.

Sin embargo, el hecho de ser una herramienta contratada externamente, por cuyo uso se debía pagar, se contradecía con la naturaleza de la docencia en la UCV. Coincidentalmente, el recién creado Sistema de Educación a Distancia de la UCV desarrolló una nueva plataforma basada en Moodle, que igualmente respondía de forma satisfactoria a las necesidades de nuestro postgrado y terminó siendo la herramienta definitiva que utilizan todas las asignaturas (figura 3).

## RESULTADOS OBTENIDOS, DIFICULTADES Y BENEFICIOS

Como consecuencia de estas modificaciones se logró incrementar el interés entre los profesionales de la construcción por el postgrado del IDEC y las posibilidades reales de realizarlo. Esto se evidencia por la alta demanda que han alcanzado tanto los cursos de ampliación como la Especialización y la Maestría así como por el incremento del número de profesionales que participan tanto del interior del país como del extranjero.

Los cursos de ampliación aumentan en número y se han regularizado con frecuencia anual, alcanzándose normalmente los cupos máximos establecidos. Un solo curso, el de Arquitectura y Construcción Sostenibles ha recibido en cinco años más de 200 profesionales, de los cuales cerca de la mitad lo hicieron desde el extranjero,



Figura 2. Imagen de la plataforma IDEC Digital



de Colombia y Ecuador en su mayoría. Además se experimenta un incremento notable en la permanencia y aprobación de los cursos.

La Especialización y la Maestría han aumentado su demanda lo que ha permitido al Comité Organizador optar por una mejor selección en el perfil del estudiante. Esto se hizo patente en la cohorte 2006 de la Especialización, que tuvo 33 candidatos para 15 cupos.

Así mismo se experimenta una mejora en la calidad de la docencia y se ha visto, a través de la ampliación de los canales de comunicación estudiantil, que estos se mantienen incluso después de culminada la escolaridad, gracias a las habilidades obtenidas con el uso de las nuevas TIC.

Entre las dificultades presentadas en el desarrollo de esta experiencia se destaca el hecho de que la modalidad de enseñanza a distancia requiere más horas de dedicación por parte de los docentes, sin embargo la gratificación por los logros evidentes compensa este problema y aumenta la motivación.

Otras debilidades están referidas a la estabilidad de la red y/o de la plataforma digital, que hasta los momentos se ha resuelto a través de alternativas como el correo electrónico u otras plataformas de uso general y público como Yahoo y Google, o sencillamente con disponer de cierta flexibilidad para diferir alguna actividad hasta que mejoren las condiciones de conectividad.



Figura 3. Imagen de la plataforma "Campus virtual"

## CONCLUSIONES

La educación a distancia utilizando las nuevas TIC constituye una forma efectiva de ampliar el alcance de los cursos de postgrado, traspasando las fronteras físicas de la institución y llevándolos a sitios geográficamente distantes que antes resultaban inaccesibles.

Constituye un mecanismo de mejora de la calidad de la enseñanza y el aprendizaje con resultados muy satisfactorios en la atención simultánea de un número de alumnos inusitado respecto a experiencias totalmente presenciales.

El desarrollo de técnicas virtuales de comunicación de propuestas constituye la clave para la transición de las asignaturas de Proyecto de formas presenciales y físicas a actividades a distancia y virtuales.

Dado el éxito de los enfoques expuestos en el trabajo, resulta oportuno continuar innovando con nuevos recursos digitales sobre la plataforma del Instituto, particularmente en las áreas de manejo dinámico de contenidos (CMS) y tele-educación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández, B.; Águila, I.; Acosta, D. 2005. "El Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción IDEC-FAU-UCV (1985-2005)", *Revista Tecnología y Construcción* 21-1, IDEC-FAU-UCV, Caracas.

UNESCO. 1998. *Plan de acción para la transformación de la Educación Superior en América Latina y el Caribe*, IESALC-UNESCO, Caracas.

Vicerrectorado Académico-UCV. 2002. *Programa de Educación a Distancia*. Folleto UCV, Caracas.

## LA NUEVA PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

### La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas\*

#### THE NEW PRODUCTION OF KNOWLEDGE

#### The dynamics of science and research in contemporary societies

MICHAEL GIBBONS

CAMILLE LIMOGES

HELGA NOWOTNY

SIMON SCHWARTZMAN

PETER SCOTT

MARTIN TROW

Las sociedades contemporáneas asisten a cambios fundamentales en la forma de producir el conocimiento científico, social y cultural. En este contexto, el nuevo modo de producción de conocimiento está sustituyendo o reformando las instituciones, disciplinas, prácticas y políticas establecidas. Es este el marco en el que se inscribe *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, publicación en la que sus autores identifican un conjunto de características propias de este nuevo modo e ilustran las conexiones existentes entre esos rasgos y el papel cambiante del conocimiento en las relaciones sociales. A lo largo de sus páginas, a través de siete capítulos: 1. Evolución de la producción de conocimiento; 2. La comercialización del conocimiento; 3. Masificación de la investigación y de la educación; 4. El caso de las humanidades; 5. Competitividad, colaboración y globalización; 6. Reconfiguración de las instituciones; 7. Hacia la gestión del conocimiento socialmente distribuido, se perfilan las dimensiones cambiantes del conocimiento científico social y de las humanidades y se examinan las relaciones entre la producción del conocimiento y su diseminación a través de la educación.

En esta sección, presentamos la Introducción de este libro.

### INTRODUCCIÓN

Este volumen se dedica a explorar los cambios en el modo de producción del conocimiento en la sociedad contemporánea. Su ámbito es amplio y se ocupa de las ciencias sociales y las humanidades, así como de la ciencia y la tecnología, aunque se dedican menos páginas a las primeras que a las segundas. Se han identificado una serie de atributos que sugieren que empieza a cambiar la forma en que se está produciendo el conocimiento. En la medida en que esos atributos se dan a través de una amplia variedad de actividades científicas y académicas, y persisten a través del tiempo, puede decirse que constituyen tendencias en la forma de producir el conocimiento. No se plantea juicio alguno en cuanto al valor de tales tendencias (es decir, no se dice si son buenas y hay que estimularlas, o malas y hay que resistirse a ellas), pero parece ser que ocurren con mayor frecuencia en aquellos ámbitos que definen actualmente la frontera y entre aquellos otros considerados como líderes en sus diversos campos. Estas tendencias no deberían ignorarse, ya que por lo visto afectan a los líderes intelectuales, en la medida en que la evidencia parece indicar que la mayoría de los avances producidos en la ciencia han sido realizados por el cinco por ciento de la población de científicos activos.

En este libro se plantea la tesis de que estas tendencias suponen, no individualmente, sino en su interacción y combinación, una transformación en el modo

\* Tomado de: Colección Educación y Conocimiento. Ediciones Pomares-Corredor, S.A. Barcelona, 1997, 240 pp.  
<https://archive.org/details/LaNuevaProduccionDelConocimiento>

de producción del conocimiento. La naturaleza de esa transformación se elabora en el capítulo 1 para la ciencia, en el capítulo 2 para la tecnología, en el capítulo 4 para las humanidades, y a lo largo de todo el texto para las ciencias sociales. La transformación se describe en términos del surgimiento de lo que llamaremos el modo 2, junto con los modos tradicionales de producción del conocimiento. En contraste con el conocimiento tradicional, que llamaremos modo 1, generado dentro de un contexto disciplinar, fundamentalmente cognitivo, el conocimiento del modo 2 viene creado en contextos transdisciplinarios sociales y económicos más amplios. El propósito de introducir ambos modos es esencialmente heurístico, en la medida en que se clarifican las similitudes y diferencias entre los atributos de cada uno de ellos, lo que nos ayuda a comprender y explicar tendencias que se pueden observar en todas las sociedades modernas. Estamos convencidos de que el surgimiento del modo 2 es profundo y cuestiona la adecuación de aquellas instituciones con las que estamos familiarizados, dedicadas a la producción de conocimiento, ya se trate de universidades, instituciones gubernamentales de investigación o laboratorios de grandes empresas.

Antes de analizar los atributos del modo 2 y de cómo difieren con respecto al modo 1, es necesario llamar la atención sobre una dificultad inherente a cualquier intento que se haga por describir un nuevo modo de producción del conocimiento. En la medida en que domina un modo concreto de producir conocimiento, todas las otras afirmaciones se juzgarán tomando ese modo concreto como referencia. En el caso extremo, no se podrá producir nada reconocible como conocimiento fuera de la forma socialmente dominante. Esa fue la situación a la que se vieron enfrentados los primeros que practicaron la «nueva» ciencia cuando se encontraron frente a los peripatéticos aristotélicos, al principio de la Revolución Industrial. Existe una pauta histórica recurrente según la cual aquellos cuyas ideas son dominantes describen como equivocadas las innovaciones intelectuales que se producen, para después ignorarlas, hasta que son formalmente asumidas por parte de esos mismos adversarios originales, que terminan por considerarlas como su propio invento. Parte de la explicación de este fenómeno se deriva del hecho de que es necesario empezar por describir las características de lo nuevo en términos de lo viejo. Cabe esperar que surja otra dificultad cuando el nuevo modo crece a partir del preexistente, como sucede aquí. Aunque siempre es deseable ser claros en cuanto a los términos que se utilicen, en esta primera fase en la que tantas cosas son fluidas, no es posible distinguir inequívocamente los dos modos. Esto, sin embargo, no es una debilidad grave, pues si el nuevo modo se convirtiera en una característica permanente del paisaje social, surgiría un vocabulario nuevo para manejar la situación. Y, desde luego, más tarde se plantearía uno a

qué venía tanto jaleo. Esperamos que se pueda encontrar un término más apropiado para describir el modo 2, pero es importante tener en cuenta la necesidad de elegir un nuevo nombre porque los términos convencionales son inadecuados, como ciencias aplicadas, investigación tecnológica o investigación y desarrollo.

El problema del lenguaje es particularmente difícil cuando se trata de describir la naturaleza del modo 2 en aquellos ámbitos que afectan a la ciencia natural. En las culturas occidentales, sobre todo, los términos ciencia y conocimiento se utilizan a menudo de modo indistinto o combinados para formar el de conocimiento científico. En las primeras fases de las revoluciones científicas fue importante distinguir las formas de conocimiento científico del no científico. Se podría escribir una historia de la producción del conocimiento desde el siglo XVII en términos de los esfuerzos realizados para conseguir el reconocimiento como científicos por parte de los defensores de las formas previamente no científicas de producción del conocimiento. En las culturas occidentales, participar en la producción no científica del conocimiento equivale a excluirse a sí mismo de lo aceptable, de modo que existe actualmente un sentido característico de aislamiento social asociado con la participación en una actividad no científica. Pero, en este contexto, el término científico ya implica una forma característica de producción del conocimiento. Su ideal es la física empírica y matemática newtoniana.

En este ensayo, el término modo 1 se refiere a una forma de producción de conocimiento, a un complejo de ideas, métodos, valores y normas que ha crecido hasta controlar la difusión del modelo newtoniano a más y más ámbitos de investigación, para asegurar su conformidad con aquello que se considera como una práctica científica sana. El modo 1 persigue sintetizar en una sola frase las normas cognitivas y sociales que deben seguirse en la producción, legitimación y difusión del conocimiento de este tipo. Para muchos, el modo 1 es idéntico con lo que se quiere dar a entender por ciencia. Sus normas cognitivas y sociales determinan qué se considerará como problemas significativos, a quién se le debe permitir practicar la ciencia y qué constituye la buena ciencia. Las formas de práctica que se adhieren a estas reglas son, por definición, científicas, mientras que aquellas otras que las violan, no lo son. Es debido en parte a estas razones por lo que, mientras que en el modo 1 es convencional hablar de ciencia y de científicos, ha sido necesario utilizar los términos más generales de conocimiento y de personas practicantes (en el sentido de que practican o ejercen) a la hora de describir el modo 2. Esto sólo persigue la intención de destacar las diferencias, y no la de sugerir que los practicantes del modo 2 no se estén comportando de acuerdo con las normas del método científico. Creemos que hay suficientes pruebas empíricas que indican que está empezando a surgir un conjunto característico de prácticas cognitivas y sociales, y que tales prácticas son diferentes a las que gobiernan el modo 1. La única cuestión que se puede plantear es si son lo bastante diferentes como para exigir una nueva etiqueta, o si se las tiene que considerar simplemente como desarrollos que se pueden acomodar dentro de las prácticas existentes. La respuesta final a esta pregunta depende en parte de obtener más información y, en parte, de cómo se adapte el modo 1 a las condiciones cambiantes en el ambiente económico y político.



Los cambios en la práctica proporcionan el punto de partida empírico de esta investigación. Esos cambios aparecen en las ciencias naturales y sociales, pero también en las humanidades. Es posible describirlos en términos de una serie de atributos que, tomados en conjunto, tienen coherencia suficiente como para sugerir la emergencia de un nuevo modo de producción del conocimiento. Analíticamente, se utiliza el conjunto de atributos para permitir que se especifiquen con cierta claridad las diferencias entre el modo 1 y el modo 2. Para sintetizar, y utilizando términos que se explorarán más ampliamente a continuación: en el modo 1 se plantean y se solucionan los problemas en un contexto gobernado por los intereses, en buena parte académicos, de una comunidad específica. En contraste, el conocimiento del modo 2 se lleva a cabo en un contexto de aplicación.

El modo 1 es disciplinar, mientras que el modo 2 es transdisciplinar. El modo 1 se caracteriza por la homogeneidad, el modo 2 por la heterogeneidad. Organizativamente, el modo 1 es jerárquico y tiende a preservar su forma, mientras que el modo 2 es más heterárquico y transitorio. Cada uno de ellos emplea un tipo diferente de control de calidad. En comparación con el modo 1, el modo 2 es más socialmente responsable y reflexivo. Incluye a un conjunto de practicantes cada vez más amplio, temporal y heterogéneo, que colaboran sobre un problema definido dentro de un contexto específico y localizado.

## ALGUNOS ATRIBUTOS DE LA PRODUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO EN EL MODO 2

### Conocimiento producido en el contexto de aplicación

El contraste fundamental se produce aquí entre la solución del problema que se lleva a cabo siguiendo los códigos de práctica relevantes, para una disciplina en particular, y la solución del problema que se organiza alrededor de una aplicación concreta. En el primer caso, el contexto se define en relación con las normas cognitivas y sociales que gobiernan la investigación básica o la ciencia académica. Últimamente, esto tiende a suponer una producción de conocimiento llevada a cabo en ausencia de algún objetivo práctico. En el modo 2, por el contrario, el conocimiento resulta a partir de una gama más amplia de consideraciones. Tal conocimiento tiene la intención de ser útil para alguien, ya sea en la industria o en el gobierno o, más en general, para la sociedad, y ese imperativo está presente desde el principio. El conocimiento se produce siempre bajo un aspecto de negociación continua, y no será producido a menos y hasta que se incluyan los intereses de los diversos actores. Tal es el contexto de la aplicación. La aplicación, en este sentido, no es desarrollo de un producto llevado a cabo para la industria; los procesos o mercados que operan para determinar qué conocimiento se produce son mucho más amplios de lo que normalmente se da a entender cuando se habla de aplicar las ideas al mercado. A pesar de todo, la producción de conocimiento en el modo 2 es el resultado de un proceso en el que se puede decir que operan los factores de la oferta y la demanda, pero las fuentes de la oferta son cada vez más diversas, como lo son las demandas de formas diferenciadas de conocimiento especializa-

do. Tales procesos o mercados especifican lo que queremos dar a entender por el contexto de aplicación. Puesto que incluyen mucho más que consideraciones comerciales, puede decirse que, en el modo 2, la ciencia ha ido más allá del mercado. La producción de conocimiento se difunde a través de la sociedad. Esa es la razón por la que también hablamos aquí de conocimiento socialmente distribuido.

Puede decirse que la investigación realizada en el contexto de aplicación caracteriza a una serie de disciplinas en las ciencias aplicadas y en la ingeniería, como por ejemplo en la ingeniería química, la ingeniería aeronáutica o, más recientemente, en la ciencia de los ordenadores. Históricamente, esas ciencias se establecieron en las universidades pero, en términos estrictos, no se las puede considerar como ciencias aplicadas porque fue precisamente la ausencia de ciencia relevante lo que las hizo surgir. Fueron genuinamente nuevas formas de conocimiento, aunque no necesariamente de producción de conocimiento, porque también ellas se convirtieron pronto en lugares de producción de conocimiento basado en disciplinas, al estilo del modo 1. Estas disciplinas aplicadas comparten con el modo 2 algunos aspectos del atributo de conocimiento producido en el contexto de aplicación. Pero el contexto es más complejo en el modo 2. Está configurado por un conjunto bastante más diverso de demandas intelectuales y sociales de lo que fue el caso en muchas de las ciencias aplicadas, al mismo tiempo que puede dar lugar a una genuina investigación básica.

### *Transdisciplinaridad*

El modo 2 hace algo más que conjuntar una gama diversa de especialistas para que trabajen en equipo sobre problemas, en un ambiente complejo orientado hacia las aplicaciones. Para que podamos calificarla como una forma específica de producción de conocimiento es esencial que la investigación sea guiada por un consenso especificable relativo a una práctica cognitiva y social apropiada. En el modo 2, el consenso se ve condicionado por el contexto de aplicación que evoluciona con él. Los determinantes de una solución potencial suponen la integración de diferentes habilidades en una estructura de acción, pero el consenso puede ser sólo temporal, dependiendo de lo bien que se adapte a las exigencias impuestas por el contexto específico de aplicación. En el modo 2, la configuración de la solución final estará normalmente más allá de cualquier disciplina individual que contribuya a la misma. Será por tanto transdisciplinar.

La transdisciplinaridad tiene cuatro características destacadas.

Primera: desarrolla una estructura peculiar, pero en evolución, para guiar los esfuerzos tendientes a la solución de los problemas. Eso se genera y se mantiene en el contexto de aplicación y no se desarrolla primero para ser aplicado más tarde al contexto, por parte de un grupo diferente de practicantes. La solución no surge exclusivamente, o ni siquiera principalmente a partir de la aplicación del contexto que ya existe. Aunque en ella tienen que haber entrado elementos del conocimiento existente, aquí interviene una verdadera creatividad y el contexto teórico, una vez alcanzado, no se puede reducir fácilmente a partes disciplinares.

Segunda: como quiera que la solución abarca componentes tanto empíricos como teóricos, se trata, innegablemente, de una contribución al conocimiento,

aunque no necesariamente al conocimiento disciplinar. A pesar de haber surgido a partir de un contexto particular de aplicación, el conocimiento transdisciplinar desarrolla sus propias estructuras teóricas singulares, métodos de investigación y modos de práctica, aunque no se hallen localizados en el mapa disciplinar prevalente. El esfuerzo es acumulativo, aunque la dirección de dicha acumulación puede desplazarse hacia una serie de direcciones diferentes una vez que se ha resuelto un gran problema.

Tercera: a diferencia del modo 1, en el que los resultados se comunican a través de los canales institucionales, en el modo 2 se comunican los resultados a aquellos que han participado en el curso de esa participación y, de ese modo, la difusión de los resultados se logra inicialmente, en cierto sentido, en el mismo proceso de su producción. La difusión posterior se realiza principalmente en la medida en que los practicantes originales abordan nuevos contextos de problemas antes que mediante la información de los resultados a través de revistas profesionales o en conferencias. Aunque los contextos del problema son transitorios y quienes los solucionan son muy móviles, las redes de comunicación tienden a persistir y el conocimiento contenido en ellas está disponible para entrar a formar parte de otras configuraciones.

Cuarta: la transdisciplinaridad es dinámica. Es capacidad de solución de problemas en movimiento. Una solución concreta puede convertirse en el lugar cognitivo desde el que efectuar avances posteriores, pero predecir dónde se utilizará este conocimiento y cómo se desarrollará es tan difícil como el determinar las posibles aplicaciones que puedan surgir de la investigación basada en la disciplina. El modo 2 se caracteriza especial pero no exclusivamente por la interacción cada vez más estrecha de la producción de conocimiento con una sucesión de contextos de problemas. Tal como sucede con los descubrimientos logrados en el modo 1, un descubrimiento puede basarse en otro, pero los descubrimientos realizados en el modo 2 se encuentran fuera de los confines de cualquier disciplina concreta y los practicantes no tienen por qué regresar a ella para encontrar convalidación de los mismos. Es posible que el nuevo conocimiento producido de esta forma no encaje fácilmente en ninguna de las disciplinas que contribuyeron a la solución. Tampoco será fácil referirlo a instituciones disciplinares concretas, o registrarlo como contribuciones disciplinares. En el modo 2 son cruciales las comunicaciones en configuraciones siempre nuevas. Los enlaces de comunicación se mantienen a través de canales parcialmente formales y parcialmente informales.

#### *Heterogeneidad y diversidad organizativa*

En el modo 2, la producción de conocimiento es heterogénea en términos de las habilidades y la experiencia que aporta la gente a la misma. La composición de un equipo dedicado a solucionar un problema cambia con el tiempo, y las exigencias evolucionan. Eso no está planificado ni coordinado por ningún cuerpo central. Como ocurre con el modo 1, surgen problemas desafiantes, si no al azar sí al menos de una forma que dificulta mucho su anticipación. En consecuencia, se caracteriza por:

1. Un aumento en el número de lugares potenciales en los que se puede crear el conocimiento; su producción ya no se hace sólo en las universidades y facul-

tades, sino también en los institutos universitarios, centros de investigación, instituciones gubernamentales, laboratorios empresariales, equipos de reflexión y asesorías, así como en su propia interacción.

2. La vinculación entre ellos en una variedad de formas (electrónica, organizativa, social e informalmente) a través de redes de comunicación en funcionamiento.

3. La diferenciación simultánea en estos lugares de campos y ámbitos de estudio en especialidades cada vez más refinadas. La recombinación y reconfiguración de estos subcampos forman las bases para las nuevas formas de conocimiento útil. Con el transcurso del tiempo, la producción de conocimiento se aleja cada vez más de la actividad disciplinar tradicional, para pasar a nuevos contextos sociales.

En el modo 2, la flexibilidad y el tiempo de respuesta son factores cruciales y, debido a ello, varían mucho los tipos de organizaciones utilizadas para afrontar los problemas. Han surgido nuevas formas de organización para adaptarse a la naturaleza cambiante y transitoria de los problemas abordados en el modo 2. Es característico del modo 2 que los grupos de investigación estén institucionalizados de forma menos firme; la gente se reúne en equipos y redes temporales de trabajo, que se disuelven una vez que el problema ha sido solucionado o redefinido. Los miembros pueden reunirse entonces en grupos diferentes, en los que intervienen personas diferentes, y lo hacen a menudo en lugares diferentes para abordar problemas igualmente distintos. La experiencia acumulada en este proceso crea una competencia que es muy valorada, y que se transfiere a nuevos contextos. Aunque los problemas sean transitorios y la vida de los grupos tenga una corta duración, persiste la pauta de organización y de comunicación como una matriz a partir de la cual se formarán otros grupos y redes, dedicados a solucionar problemas diferentes. Así pues, en el modo 2, el conocimiento se crea en una gran variedad de organizaciones e instituciones, incluidas las empresas multinacionales, las instituciones gubernamentales, las universidades de investigación, los laboratorios e institutos, así como los programas de investigación nacionales e internacionales. En tales ambientes, las pautas de financiación muestran una diversidad similar, ya que ésta se obtiene a partir de una variedad de organizaciones que muestran una gama muy diversa de exigencias y expectativas, lo que interviene, a su vez, en el contexto de aplicación.

### *Responsabilidad y reflexividad social*

En años recientes, la creciente preocupación pública por temas relacionados con el medio ambiente, la salud, las comunicaciones, la intimidad y la procreación, etcétera, han tenido el efecto de estimular el crecimiento de la producción de conocimiento en el modo 2. La creciente conciencia sobre la variedad de formas mediante las que los avances en ciencia y tecnología pueden afectar al interés público, ha aumentado el número de grupos que desean influir sobre el resultado del proceso de investigación. Eso se ve reflejado a su vez en la variada composición de los equipos de investigación. Los científicos sociales trabajan junto con los científicos naturales, ingenieros, abogados y hombres de negocios porque así lo requiere la naturaleza del problema. La responsabilidad social impregna todo el proceso de producción de conocimiento. Se ve reflejada no sólo en la interpreta-



ción y difusión de los resultados, sino también en la difusión del problema y en la determinación de las prioridades de investigación. Un número creciente de grupos de interés y de los llamados «preocupados», están exigiendo una representación en la determinación de la agenda política, así como en el posterior proceso de toma de decisiones. En el modo 2, la sensibilidad hacia el impacto de la investigación está presente desde el principio. Forma parte del contexto de aplicación.

En contra de lo que cabría esperar, trabajar en el contexto de aplicación aumenta la sensibilidad de los científicos y tecnólogos ante las más amplias implicaciones de lo que están haciendo. Funcionar en el modo 2 hace que todos los participantes sean más reflexivos. Ello se debe a que el tema sobre el que se basa la investigación no se puede contestar sólo en términos científicos y técnicos. La investigación hacia la resolución de este tipo de problemas tiene que incorporar opciones para la aplicación de las soluciones, y éstas afectarán inevitablemente a los valores y preferencias de diferentes individuos y grupos a los que se ha considerado como tradicionalmente al margen del sistema científico y tecnológico. Ahora, en cambio, pueden convertirse en agentes activos en la definición y solución de problemas, así como en la evaluación del rendimiento. Eso se expresa parcialmente en términos de la necesidad de una mayor responsabilidad social, pero también significa que los propios individuos pueden funcionar con efectividad sin reflejar a todos los actores implicados, es decir, sin intentar funcionar desde el punto de vista de dichos actores. La profundidad de comprensión que eso aporta tiene a su vez un efecto sobre lo que se considera que vale la pena hacer y, en consecuencia, sobre la estructura de la propia investigación. La reflexión sobre los valores implicados en las aspiraciones y proyectos humanos ha sido una preocupación tradicional de las humanidades. Al difundirse la reflexividad dentro del proceso de investigación, las humanidades también están experimentando un aumento en la demanda para la clase de conocimientos que tienen que ofrecer.

Tradicionalmente, esa ha sido la función de las humanidades pero, con el transcurso de los años, el lado de la oferta de tal reflexividad (departamentos de filosofía, antropología, historia) se ha desconectado del lado de la demanda, es decir, de los hombres de negocios, ingenieros, doctores. instituciones reguladoras y el público en general, que necesitan de guía práctica o ética sobre una vasta gama de temas (como, por ejemplo, las presiones sobre las humanidades tradicionales para crear escenarios culturalmente sensibles, y sobre los estudios de derecho para encontrar éticas fundamentadas empíricamente, la construcción de historias étnicas y el análisis de los temas de género).

### *Control de calidad*

En el modo 2, los criterios para valorar la calidad del trabajo y de los equipos que llevan a cabo la investigación difieren de los aplicados en la ciencia disciplinar más tradicional. En el modo 1, la calidad viene determinada esencialmente por los juicios de revisión de los compañeros acerca de las contribuciones hechas por los individuos. El control se mantiene mediante una cuidadosa selección de quienes han sido juzgados como competentes para que actúen como iguales, lo que viene determinado en parte por sus contribuciones previas a su disciplina. Así pues,

el proceso de revisión por parte de los iguales permite que la calidad y el control se refuercen mutuamente. Esto tiene dimensiones tanto cognitivas como sociales en la medida en que existe un control profesional sobre qué problemas y técnicas se considera importante trabajar, así como en la determinación de quién está calificado para tratar de hallar su solución. En la ciencia disciplinar, la revisión por parte de los iguales funciona para canalizar a los individuos de forma que trabajen sobre problemas considerados como centrales para el progreso de la disciplina. Esos problemas se definen en buena medida en términos de criterios que reflejan los intereses intelectuales y las preocupaciones de la disciplina y de sus principales exponentes.

En el modo 2 se añaden criterios adicionales a través del contexto de aplicación, que incorpora ahora una gama diversa de intereses intelectuales, así como de otros intereses sociales, económicos o políticos. Al criterio de interés intelectual y su interacción se le añaden otras cuestiones como por ejemplo: «Si se encuentra la solución, ¿será competitiva en el mercado?»; «¿Será efectiva en cuanto al coste?», «¿Será socialmente aceptable?». La calidad viene determinada por un conjunto más amplio de criterios que refleja la amplia composición social del sistema de revisión. Eso implica que la «buena ciencia» es más difícil de determinar. Al no verse ya limitado estrictamente a los juicios de los miembros iguales de la disciplina, surge el temor de que el control sea más débil y el resultado tenga una calidad inferior. Aunque el proceso de control de calidad en el modo 2 tiene una base más amplia, de ello no se desprende que la intervención de una gama más amplia de expertos sobre el problema tenga como consecuencia necesaria el alcanzar una calidad inferior. Esta será, simplemente, de un tipo más compuesto y multidimensional.

## LA COHERENCIA DEL MODO 2

Estos atributos, aunque no están presentes en todos los casos de modo 2, cuando aparecen juntos tienen una coherencia que proporciona al modo de producción una estabilidad cognitiva y organizativa reconocible. De la misma forma que en el modo 1 las normas cognitivas y sociales se ajustan las unas a las otras y producen conocimiento disciplinar, en el modo 2 están emergiendo nuevas normas que son apropiadas para el conocimiento transdisciplinar. En toda clase de producción de conocimiento, la creatividad individual y colectiva se encuentra en una variada relación de tensión y equilibrio. En el modo 1, la creatividad individual se resalta como la fuerza impulsora del desarrollo, y el control de calidad funciona a través de las estructuras disciplinares organizadas para identificarla e intensificarla, mientras que el aspecto colectivo, incluidos los elementos de control, se oculta bajo la figura consensual de la comunidad científica. En el modo 2, la creatividad se pone principalmente de manifiesto como un fenómeno de grupo, en el que la contribución individual se halla aparentemente subsumida como parte del proceso, y el control de calidad se ejerce como un proceso socialmente ampliado que acomoda muchos intereses en un proceso de aplicación dado. De la misma forma que, en el modo 1, el conocimiento se acumuló a través de la profesionali-



zación de la especialización, ampliamente institucionalizada en las universidades, el conocimiento se acumula en el modo 2 a través de repetidas configuraciones de recursos humanos, en formas de organización flexibles y esencialmente transitorias. El circuito desde el contexto de aplicación, a través de la transdisciplinariedad, la heterogeneidad y la diversidad organizativa, se cierra mediante nuevas formas adaptativas y contextuales de control de calidad. El resultado es un modo de ciencia más socialmente responsable y reflexivo. De las ciencias biomédicas y medioambientales podrían extraerse numerosos ejemplos de este fenómeno.

Aunque los modos 1 y 2 son modos distintos de producción, interactúan el uno con el otro. Los especialistas formados en las ciencias disciplinares entran en la producción de conocimiento del modo 2. Aunque algunos pueden regresar a su base disciplinar normal, otros elegirán seguir un sendero de resolución compleja de problemas que viene determinado por una secuencia de contextos de aplicación. Y, a la inversa, algunos resultados de la producción transdisciplinar de conocimiento, en particular cuando se trata de nuevos instrumentos, pueden entrar a formar parte de toda una serie de ciencias disciplinares y fertilizarlas. Debido a tales interacciones, puede surgir la tentación de reducir la nueva forma a otras más familiares, de tal suerte que el modo 2 se colapsa en el modo 1 y, en consecuencia, se minimiza la importancia de esos cambios anteriormente perfilados. Aunque la producción de conocimiento del modo 2 interactúa con el modo 1, es diferente al de este. Términos utilizados de forma común, como investigación precompetitiva, investigación estratégica, investigación orientada hacia la realización de una misión, investigación aplicada o investigación y desarrollo industrial, siguen teniendo muchas de las preconcepciones sociales de la función de la ciencia disciplinar y, en particular, la idea de que la ciencia disciplinar proporciona el pozo inagotable para las aplicaciones futuras. La idea profundamente sostenida de que si las disciplinas no florecen se perderán percepciones fundamentales, o de que el conocimiento teórico fundacional no puede producirse y mantenerse fuera de las estructuras disciplinares, puede explicar la persistencia del modelo lineal de innovación en los debates de política. Y, sin embargo, sucede cada vez con mayor frecuencia, en las ciencias de los ordenadores, de los materiales, biomédicas y medioambientales, que las teorías se desarrollan en el contexto de aplicación, y que éstas continúan fecundando líneas de progreso intelectual que se hallan al margen de las estructuras disciplinares. En el modo 2, las cosas se hacen de modo diferente y cuando se han hecho suficientes cosas de modo diferente, está uno autorizado para decir que ha surgido una nueva forma. No resulta difícil descubrir las razones por las que este nuevo modo de producción ha surgido en la época presente. El modo 1 ha alcanzado un éxito destacado. Los científicos descubrieron hace tiempo que la forma más efectiva de alcanzar ese éxito consistía en hacerlo a través de un proceso de especialización en el ámbito cognitivo, de profesionalización en el ámbito social, y de institucionalización en el ámbito político. Esta pauta ha gobernado la difusión de la ciencia desde un ámbito de actividad a otro, y ha tendido a tratar duramente a quienes intentaron soslayar sus controles. La estructura disciplinar del conocimiento refleja el éxito de funcionamiento de esta pauta de control cognitivo y social. Pero, con el transcurso de los años, el

número de graduados fundamentados en el ethos de la investigación, junto con una cierta habilidad especializada, ha sido demasiado grande como para quedar absorbido dentro de la estructura disciplinar. Algunos de ellos han pasado a los laboratorios gubernamentales, otros a la industria, mientras que otros han establecido sus propios laboratorios, equipos de reflexión y asesorías. Como consecuencia de ello, ha aumentado mucho el número de lugares donde se puede llevar a cabo una investigación competente. Esos lugares constituyen los recursos intelectuales para el modo 2 y sus apuntes sociales. Visto desde otra perspectiva, cabría decir también que la creación de muchos lugares nuevos donde se practica la investigación competente es un resultado no intencionado del proceso de masificación de la educación y la investigación.

El desarrollo del transporte rápido, así como de las tecnologías de la información y la comunicación, han creado una capacidad que permite interactuar a estos lugares. El modo 2 depende críticamente de las emergentes tecnologías de los ordenadores y de las telecomunicaciones, y favorecerá a aquellos que se pueden permitir utilizarlas. Las interacciones entre estos lugares de conocimiento han preparado el escenario para que se produzca una explosión en el número de interconexiones y de las posibles configuraciones de conocimiento y habilidad. El resultado puede describirse como un sistema socialmente distribuido de producción de conocimiento. En este sistema, la comunicación se efectúa cada vez más a través de las fronteras institucionales existentes. El resultado es una red cuyos nodos se extienden ahora por todo el globo y cuya conectividad crece a cada día que pasa. No es nada sorprendente que, cuando los científicos tradicionales empiezan a participar en este proceso, se les perciba como personas que debilitan la lealtad disciplinar y el control institucional. Pero los contextos de aplicación son a menudo los lugares donde se plantean problemas intelectuales desafiantes, y la implicación en el modo 2 permite el acceso a éstos y promete una estrecha colaboración con expertos que tienen una amplia variedad de historias. Eso puede ser, para muchos, un ambiente de trabajo muy estimulante. El modo 2 no muestra ninguna inclinación particular por llegar a quedar institucionalizado en la pauta convencional. Cabe esperar que la estructura establecida de la ciencia se preocupe por esto así como por cómo se asegurará el control de calidad en un sistema de producción socialmente distribuido del conocimiento, pero lo cierto es que actualmente ya se ha convertido en una realidad. El modo 2 es una respuesta a las necesidades tanto de la ciencia como de la sociedad. Es irreversible. El problema consiste en averiguar cómo comprenderlo y manejarlo.

### *Algunas implicaciones del modo 2*

Uno de los objetivos de este libro es el de llamar la atención sobre la existencia de una serie de atributos asociados con la nueva forma de producción de conocimiento, y mostrar que tales atributos poseen coherencia suficiente como para que se les considere como un nuevo modo de producción. Argumentamos que, de la misma forma que el modo 1 se ha convertido en el modo de producción característico de la investigación disciplinar ampliamente institucionalizada en las universidades, el modo 2 se caracteriza por la transdisciplinaridad y se insti-



tucionaliza en un sistema socialmente distribuido que es más heterogéneo y flexible. Tras haber perfilado sus características principales, nos encontramos ahora en posición de considerar las implicaciones de este desarrollo.

La masificación de la educación superior después de la Segunda Guerra Mundial y la apropiación por parte de las universidades de una clara función investigadora, han producido un número creciente de personas que están familiarizadas con los métodos de investigación, muchas de las cuales se hallan equipadas con conocimientos y habilidades especializadas de diversos tipos. La masificación es ahora un fenómeno fuertemente atrincherado, tiene alcance internacional y no es probable que se pueda invertir. Por el lado de la oferta, el número de productores potenciales de conocimiento que surgen de la educación superior no hace sino aumentar, y continuará aumentando.

No obstante, esta expansión de la educación superior tiene una implicación que ha sido poco examinada hasta el momento. No sólo hay cada vez más personas familiarizadas con la ciencia y que son competentes en sus métodos, sino que muchas de ellas participan en actividades que tienen una dimensión investigadora. Han aportado sus conocimientos y habilidades a la resolución de una amplia gama de problemas, en contextos y situaciones que se hallan a menudo muy alejados de las universidades donde recibieron inicialmente su formación. La producción del conocimiento científico y tecnológico se trata de obtener no sólo en las universidades, sino también en los laboratorios de la industria y del gobierno, en equipos de reflexión, instituciones y asesorías de investigación, etcétera. La expansión de la educación superior a nivel internacional ha significado un aumento del número de lugares potenciales donde se lleva a cabo una investigación reconocible como competente. Esto conlleva la implicación, todavía no comprendida del todo, de que en la medida en que las universidades continúan produciendo graduados de calidad, socavan su monopolio como productoras de conocimiento. Muchos graduados han llegado a ser posteriormente lo bastante competentes como para emitir juicios sobre la investigación realizada en la universidad, y pertenecen ahora a organizaciones que también pueden realizar ese trabajo. Las universidades empiezan a reconocer que ahora sólo son un tipo de jugador, por importante que sea, dentro de un proceso enormemente expandido de producción de conocimiento.

En paralelo con esta vasta expansión de la oferta, se ha producido la expansión de la demanda de conocimientos especializados de todas clases. Por lo que se refiere al conocimiento especializado, la interacción de la oferta y la demanda tiene numerosas características de un mercado, pero hay algunas diferencias cruciales. La función de un mercado consiste en equilibrar la oferta y la demanda, y establecer los términos del intercambio. Tradicionalmente, se entiende que los mercados establecen los precios en los que se encontrarán en equilibrio la oferta y la demanda de bienes concretos. Un mercado es un mecanismo de asignación de recursos (trabajo y capital) para la producción de bienes. Funciona con mayor efectividad en aquellos casos en los que ya existe una demanda claramente especificada, y para los que se dispone de factores de producción. Pero los mercados también tienen un componente dinámico. Pueden poner en circulación nuevos bienes para los que apenas existe una demanda o, a la inversa, pueden estimular

la demanda de bienes cuyas características todavía no están claras. En los mercados dinámicos, la oferta y la demanda se articulan mutuamente entre sí.

El conocimiento juega un papel crucial en muchos mercados dinámicos. Es una fuente importante de ventaja comparativa creada, tanto para sus productores como para los usuarios de todas clases, y no sólo en la industria. En algunos de estos mercados los términos comerciales son más complejos de lo que puede venir indicado por niveles comparativos de costes y precios, y el medio de intercambio puede ser más sutil que el dinero. Por ejemplo, en aquellos mercados que articulan la oferta y la demanda para el conocimiento sobre el medio ambiente, existen muchas clases diferentes de intercambios entre numerosos participantes, pero el medio es una mezcla más compleja de valores individuales y sociales de lo que podría captarse por sí solo mediante los valores monetarios. Como quiera que la ventaja comparativa no se puede reducir a criterios económicos, tales mercados podrían describirse más bien como mercados sociales antes que como económicos, pero no por ello dejan de ser mercados. Dentro de ellos, las fuentes de la demanda son múltiples. Proceden de la sociedad, en forma de investigaciones públicas de diversos tipos, de los gobiernos en relación con una amplia gama de temas, como por ejemplo las consecuencias adversas de las tecnologías de alto riesgo, y también de todo un espectro de instituciones, grupos de interés e individuos que necesitan saber más sobre cuestiones concretas. Este conjunto complejo de actores forman foros híbridos que proporcionan estímulos tanto a la oferta como a la demanda del conocimiento especializado. En esos foros se genera tanto el conocimiento teórico como el práctico.

Son ampliamente apreciadas las exigencias de conocimiento planteadas por la industria y en especial por los resultados de la investigación científica y tecnológica. Pero lo que aquí se comprende menos es la expansión de la demanda de un flujo de conocimientos especializados entre las empresas. El conocimiento especializado es a menudo un factor clave para la determinación de la ventaja comparativa de una empresa. A medida que aumentan las presiones de la competencia internacional, las empresas han tratado de afrontar los desafíos planteados por la introducción de las nuevas tecnologías. La nueva tecnología es una condición necesaria, pero no suficiente, para el éxito del rendimiento innovador, y la innovación tecnológica depende cada vez más de la utilización de conocimientos especializados capaces de desarrollar tecnologías que vayan en las direcciones dictadas por las presiones competitivas. El conocimiento especializado se utiliza en parte porque aporta una fuente constantemente renovable de ventaja comparativa creada, y en parte porque puede ser difícil de imitar, sobre todo cuando se trata de empresas cuya cultura nacional no apoya todavía una infraestructura científica y tecnológica bien articulada. Así pues, para las empresas que representan en muchos sectores la punta de lanza de la competencia internacional, el conocimiento especializado constituye un valor añadido, pero su adquisición resulta difícil y a menudo es demasiado cara como para que las empresas individuales puedan replicarla por entero en sus instalaciones. Para satisfacer esta exigencia, las empresas se han enzarzado en una compleja variedad de disposiciones de colaboración en las que intervienen las universidades, los gobiernos y



otras empresas pertenecientes a veces incluso al mismo sector. En cada uno de los casos, la oferta y la demanda se ven mediatizadas por un mecanismo de mercado pero, una vez más, este no es o no necesita ser estrictamente comercial. En estos mercados, el conocimiento en sí se puede buscar continuamente, pero sucede con frecuencia que no está disponible, no se puede comprar o vender o retirar de la estantería, como otros bienes. Se genera cada vez más en el nexo del mercado mismo. Al producir conocimiento especializado, los mercados funcionan para configurar recursos humanos y físicos en un contexto de aplicación concreto. Como consecuencia de la intensificación de la competencia, el número de tales contextos se expande pero los contextos son también transitorios. Los mercados son dinámicos. Establecen nuevos problemas de forma más o menos continua y, por lo tanto, continúa el avance de la producción de conocimiento y sus redes de comunicación asociadas. El conocimiento se produce mediante la configuración del capital humano. No obstante, y a diferencia del capital físico, el capital humano es potencialmente más maleable. Los recursos humanos se pueden configurar una y otra vez para generar nuevas formas de conocimiento especializado. La capacidad para hacerlo así se encuentra en el núcleo de muchas economías de alcance, consideradas actualmente como cruciales para la supervivencia en el mercado.

El núcleo de nuestra tesis es que la expansión paralela en el número de productores potenciales de conocimiento por el lado de la oferta, y la expansión de la exigencia de conocimiento especializado por el lado de la demanda, está creando las condiciones para el surgimiento de un nuevo modo de producción de conocimiento. El nuevo modo tiene implicaciones que afectan a todas las instituciones, ya se trate de universidades, instituciones gubernamentales de investigación o laboratorios industriales que han invertido en la producción de conocimiento. El surgimiento de mercados para el conocimiento especializado significa que el juego está cambiando para cada conjunto de instituciones, aunque no lo haga necesariamente de la misma forma o a la misma velocidad. No existe imperativo alguno para que todas las instituciones adopten las normas y valores del nuevo modo de producción de conocimiento. Algunas empresas y universidades ya han recorrido un largo trecho en el camino del cambio, lo que se manifiesta en los tipos de personal que contratan y en la compleja gama de acuerdos de colaboración en los que participan. No obstante, para alcanzar los objetivos institucionales, se tendrán que modificar las reglas que gobiernan el desarrollo profesional y los determinantes sociales y técnicos de la competencia para que se pueda establecer finalmente el nuevo modo de producción.

El nuevo modo, es decir, el 2, emerge junto a la estructura disciplinar tradicional de la ciencia y la tecnología, es decir, del modo 1. De hecho, se trata de un vástago del mismo. Para dejar claro lo que implica el nuevo modo de producción, se han contrastado los atributos del modo 2 con los del modo 1. A partir de este análisis quedará claro que el modo 2 no suplanta, sino que más bien complementa el modo 1. El modo 2 es característico, y tiene su propio conjunto de normas cognitivas y sociales. Algunas de ellas contrastan nítidamente con las convicciones profundamente mantenidas acerca de cómo se debería generar el conocimiento teórico y práctico fiable, pero no por esa razón se las debería considerar

como superiores o inferiores a las que funcionan en el modo 1. Son, simplemente, diferentes. Hasta cierto punto, sin embargo, la forma en que el modo 2 quede establecido en un contexto concreto, vendrá determinada por el grado en que las instituciones del modo 1 deseen adaptarse a la nueva situación.

El surgimiento de un sistema de producción de conocimiento socialmente distribuido significa que este tipo de conocimiento viene suministrado y distribuido a un tiempo a los individuos y grupos a través del espectro social. Se tiende a soslayar las comunicaciones a nivel institucional debido a la necesidad de encontrar respuestas rápidas y flexibles ante los problemas. Aunque cabe esperar variedad en la medida en que el modo 2 llegue a ser dominante, ésta se hallará en relación con el sistema de producción de conocimiento socialmente distribuido que está emergiendo ahora. El modo 2 puede funcionar en la medida en que las instituciones sean permeables. El grado en el que las actuales instituciones de producción de conocimiento sean más permeables, no alterará el hecho fundamental de que la producción de conocimiento está siendo más ampliamente distribuida; es decir, tiene lugar en muchos más tipos de escenarios sociales que antes, ya no está concentrada en relativamente unas pocas instituciones, y supone la participación de muchos tipos diferentes de individuos y organizaciones en una vasta gama de relaciones diferentes. Tal comportamiento hará que se establezcan otros vínculos que, al final, pueden dejarlos científica y técnicamente aislados con respecto a algunos desarrollos intelectuales.

La producción de conocimiento socialmente distribuido tiende hacia la creación de una red global cuyo número de interconexiones se expande continuamente mediante la creación de nuevos lugares de producción.

Como consecuencia de ello, las comunicaciones son cruciales en el modo 2. En la actualidad, eso se mantiene en parte a través de acuerdos formales de colaboración y de alianzas estratégicas, y en parte a través de redes informales apoyadas por el transpase rápido y por las comunicaciones electrónicas. Pero eso no es más que la punta del iceberg. Para funcionar, el nuevo modo necesita verse apoyado por las últimas novedades que pueden ofrecer las telecomunicaciones y las tecnologías de los ordenadores. El modo 2, pues, es tanto una causa como un consumidor de innovaciones capaces de intensificar el flujo y la transformación de la información.

Uno de los imperativos del modo 2 es que la explotación del conocimiento exige participación en su generación. En la producción de conocimiento socialmente distribuido, la organización de esa participación se convierte en el factor crucial. Los objetivos de participación ya no son simplemente el asegurar alguna ventaja nacional, comercial o de otro tipo. De hecho, la misma noción de qué constituye un beneficio económico, y para quién, se encuentra en la raíz misma de muchos debates, no sólo en las ciencias medioambientales, sino también en la biotecnología y las ciencias médicas. Por ejemplo, el empuje que reciben actualmente las llamadas tecnologías "limpias" se halla relacionado con algo más que el simple beneficio económico. También se refiere a la estabilización de sistemas ecológicos que se colapsan, a la salud y al bienestar de poblaciones enteras, así como a ganancias comerciales. Esto quiere decir que aun cuando el modo 2 viene ejem-



plificado en este libro sólo en relación con la producción de conocimiento, tiene efectos coevolutivos en otros ámbitos, como por ejemplo en la economía, la división actual del trabajo y el sentido de comunidad.

La aparición del modo 2 está creando nuevos desafíos para los gobiernos. Las instituciones nacionales necesitan ser descentralizadas (para hacerse más permeables), y los gobiernos pueden promover con sus políticas un cambio en esta dirección. Esas políticas serán más efectivas si, al mismo tiempo, se convierten en agentes más proactivos en un juego de producción de conocimiento que incluye, además de los intereses y ambiciones de otras naciones, las políticas de las instituciones supranacionales, como la de la Unión Europea (UE). La efectividad de las capacidades de actuación de los gobiernos subraya ahora la competitividad de sus sistemas nacionales de innovación. Eso se verá reflejado tanto en su habilidad para participar en la producción de conocimiento que pueda tener lugar en cualquier parte del mundo, como también en su ingenio para apropiarse de ese conocimiento e incluirlo en su sistema de innovación.

Se necesita ingenio porque, tarde o temprano, la colaboración se transformará en competencia. Eso forma parte de la naturaleza del proceso de creación de riqueza, tal y como está constituido actualmente. Controlar la interacción entre competencia y colaboración ya será una tarea bastante difícil. Gestionarla en beneficio nacional es un desafío que, si los gobiernos lo descuidan, lo harán otros a su propia costa. Lo mismo que sucede con los científicos y tecnólogos, los gobiernos también necesitan aprender a funcionar en el contexto de aplicación, y eso afecta cada vez más a las instituciones supranacionales. Estas tienen dimensiones políticas, sociales y económicas, como en el caso de la UE en Europa occidental, pero objetivos más estrechamente económicos en los casos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) y del Tratado General sobre Tarifas Aduaneras y Comercio (GATT). Las cuestiones clave a determinar son si las instituciones supranacionales pueden ayudar en este proceso y cómo deberían posicionarse las naciones en relación con estos sistemas más grandes. Quizá sea irónico que quede en manos del gobierno la tarea de trazar orificios en las mismas instituciones que se establecieron en otros tiempos para mantener su capacidad científica y tecnológica. Pero, además de sobre otras muchas nociones aparentemente fijas, se tiene que volver a reflexionar sobre el propósito y la función de estas instituciones a la luz del surgimiento del modo 2. Esto revelará la necesidad de abordar la política con un nuevo enfoque, particularmente por lo que se refiere a la integración de la educación, la ciencia, la tecnología y la política de competencia, para constituir una política de innovación global que sea sensible al hecho de que la producción de conocimiento está socialmente distribuida. En Europa, en particular, se tienen que desarrollar políticas nacionales que intensifiquen el potencial de las instituciones nacionales, y hacerlo de una forma concertada con las de la UE. Los países en vías de desarrollo necesitan tomar buena nota de ello. Para muchos de ellos, el acceso seguirá siendo un problema no sólo porque les falta la capacidad, sino también porque sus gobiernos todavía modelan sus instituciones científicas y tecnológicas de acuerdo con suposiciones que ya no se aplican a las clases de actividades científicas y tecnológicas de las que dependen sus aspiraciones.

## CONCURSO ALACERO\* ALACERO COMPETITION



A través de este concurso, la Asociación Latinoamericana del Acero-Alacero hace un llamado a las Facultades/Escuelas de Arquitectura de América Latina, especialmente a los estudiantes y profesores tutores, a estimular la formación de equipos con alumnos de los 2 últimos años de la carrera, con la participación de los profesores del taller correspondiente y de estructuras. Cada equipo concursante tendrá un mínimo de 2 alumnos y un máximo de 4.

El concurso anual ALACERO busca promover el conocimiento del acero en los futuros arquitectos, evaluar y desarrollar un diseño conceptual e ideas que

conduzcan al desarrollo de un proyecto en acero, analizando las posibilidades de uso de este material.

El proyecto debe ser concebido, “pensado” y estructurado principalmente en acero, realizando una investigación profunda al respecto. Idealmente, los alumnos deben buscar una conceptualización tal que de la obra se pueda decir “no es posible construir este proyecto sino en acero”.

El uso del acero en el proyecto está abierto a toda la gama de productos que se ofrece en el mercado, como perfiles estructurales, soldados o doblados, tubos, barras para hormigón, planchas lisas y estampadas, pre-pintadas o recubiertas, paneles, mallas de diversos tipos, y muchos otros.

### Condiciones para la participación

Pueden participar en este Concurso equipos conformados por alumnos de Arquitectu-

ra de todas las Universidades invitadas por la coordinación local de cada Concurso.

Las etapas de trabajo, estudio y preparación del anteproyecto serán responsabilidad exclusiva de cada Escuela de Arquitectura, ajustándose a sus necesidades en cuanto a su calendario curricular, siempre que sean compatibles con las fechas de inicio y término del concurso. Se desarrollarán bajo la responsabilidad exclusiva de los profesores guías y sus Casas de Estudio.

Solo pueden participar alumnos regulares de la carrera de arquitectura. No se podrá presentar al concurso anteproyectos que pudiesen ser utilizados por cualquier alumno participante como tesis o seminario de titulación.

### Patrocinio

Las Facultades/Escuelas de Arquitectura invitadas son Patrocinadoras y velarán porque los estudiantes participantes puedan cumplir con las condiciones del trabajo, facilitando su organización y desarrollo y solucionando las dificultades que pudieran surgir al respecto en una relación que se establece con un Arquitecto Director del concurso designado por el Coordinador Nacional y que asume las tareas de coordinador local del Concurso en cada país.

### Jurado

La evaluación de los anteproyectos está a cargo de un Jurado que sesionará en el país sede del Congreso Latinoamericano del Acero. La asignación de premios y recompensas por parte del jurado se distribuye en un primer y segundo premios en metálico y un diploma,

\*Detalles de los proyectos participantes y ganadores de las versiones anteriores pueden ser consultados en el sitio Web: [www.alacero.org/concursodearquitectura](http://www.alacero.org/concursodearquitectura)



que se distribuyen entre el equipo de alumnos y la Facultad o Escuela. Se concede además una Mención de honor.

### Premiados en el 5° Concurso ALACERO 2012

La competencia de este año versó sobre el uso eficiente del acero en su aplicación a la arquitectura escolar y su papel en la transformación social de Latinoamérica.

El concurso consta de dos fases: una nacional, en la cual participan las escuelas de arquitectura de toda América Latina, y una fase internacional en la cual se miden los ganadores de cada país.

Este año, el proyecto ganador de la etapa nacional del concurso ALACERO 2012 fue escogido entre un total de siete candidatos: tres correspondientes a la FAU-UCV y cuatro presentados por ARQ-USB. El veredicto fue dictado el pasado jueves 4 de octubre en la galería de la biblioteca de la FAU-UCV.

Natalia de León y Alejandro Rondón, estudiantes de diseño VII, recibieron el primer premio del concurso por su proyecto titulado Un bosque para aprender cuyo planteamiento base consta de un módulo integrado de aulas abiertas conectadas entre sí y asociadas a la estructura tipo paraguas que forma la característica cubierta del conjunto.

El proyecto ganador entra en la etapa internacional del concurso ALACERO 2012 a

celebrarse entre el 26 y el 30 de octubre en la ciudad de Santiago de Chile. Como parte del premio, los estudiantes ganadores viajaron junto a la profesora Silvia Soonets y el presidente del jurado venezolano arq. Álvaro Rodríguez.

Un bosque para aprender: unidad educativa de uso comunitario, en Palo Verde, Petare

Un lugar para aprender bajo el cobijo de un gran bosque metálico, inspirado en la protección que brinda un árbol para facilitar la permanencia bajo sus ramas y promover el aprendizaje.

Elementos como la sombra, la ventilación cruzada, el aislamiento del calor, son aspectos de la propuesta a nivel estructural y formal, acompañados de otras decisiones de tipo urbano, ambiental y social que respaldan el concepto de una nueva visión del aprender, relacionándose a su vez con la comunidad adyacente: por un lado la urbanización Lomas del Ávila y por el otro el barrio José Félix Ribas de Petare, divididos por unas pendientes y elementos de vegetación que evitan una posible relación directa entre esas dos comunidades.



Fotos tomadas de: [https://coordinacionarqusb.wordpress.com/2012/10/09/primer-premio-en-el-5to-concurso-alacero-2012/img\\_2247/](https://coordinacionarqusb.wordpress.com/2012/10/09/primer-premio-en-el-5to-concurso-alacero-2012/img_2247/)



# IDEC 30 AÑOS

## JORNADAS DE

# INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN RECOPIACIÓN HISTÓRICA 1982 - 2012

La presente publicación es una RECOPIACIÓN HISTÓRICA DE TREINTA AÑOS DE JORNADAS DE INVESTIGACIÓN DEL INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN – IDEC de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV, cuyo desarrollo sin interrupción desde el año 1982, ha dado cabida a la difusión de propuestas y resultados de investigaciones en diversos temas vinculados con el desarrollo de la construcción, en tres áreas fundamentales: Materiales y Tecnologías Constructivas, Estudios y Gerencia de la Construcción y Habitabilidad y Eficiencia Energética de las Edificaciones.

Las Jornadas de Investigación han sufrido cambios propios del tiempo en concordancia con la evolución del Instituto. No obstante han conservado como rasgo común la participación activa y comprometida de profesores e investigadores del IDEC como organizadores, ponentes o asistentes, así como invitados externos.

Esta celebración de treinta años ininterrumpidos constituye una invaluable plataforma para evaluar la trayectoria del IDEC, su rol en investigación, desarrollo e innovación de los temas vinculados con la construcción y su proyección hacia el futuro, con una visión de sostenibilidad.

La Recopilación que presenta la publicación recoge esta experiencia y se ha organizado en dos formatos:

- Un material impreso que contiene los testimonios individuales de uno de los fundadores del Instituto y de quienes ejercieron cargos de Director del IDEC entre 1982 y 2012, en torno al impacto de las treinta jornadas de investigación en la evolución del Instituto, organizados de las I Jornadas a X Jornadas (1982-1991); de las X Jornadas a XX Jornadas (1991-2001) y de las XXI Jornadas a XXX Jornadas (2001-2012).
- Un DVD, titulado Recopilación Histórica Digital de Treinta Años de las Jornadas de Investigación del IDEC, que contiene resúmenes, ponencias en extenso o en presentación, de cada una de las Jornadas de investigación desde las I Jornadas (1982) hasta XXX Jornadas (2012), además de programación, charlas magistrales, afiches, galería de fotos, entre otros.

## MEMORIAS DE LOS 25 AÑOS DE POSTGRADO EN EL IDEC

El programa de postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción (DTC) del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), se elabora e implementa en 1985 con la 1ª Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, iniciándose con ella en 1986 la primera de su tipo en América Latina.

Desde entonces, el programa se ha abocado a formar investigadores en el campo del desarrollo tecnológico de la construcción y, más recientemente, en la construcción sostenible, procurando así la formación de profesionales e investigadores con conocimientos, habilidades y destrezas que le permitan actuar en forma integral en el campo de la investigación y desarrollo y, más específicamente, en el de la investigación aplicada a la industria de la construcción.

Una de las razones que justifica la investigación en este campo es que, en ciertos momentos, el desarrollo tecnológico de la construcción en el país se ha visto afectado por la importación de productos y procesos foráneos y, en otros, por restricciones de tipo económico. El resultado ha sido la escasa adaptación de la producción edilicia a las necesidades del país, cuestión que a su vez se traduce en un alto costo de la construcción tanto en el campo de la vivienda como en el campo de edificaciones en el área educativa (escuelas) y en la médico asistencial (hospitales, ambulatorios, etc.).

El programa de postgrado ha contribuido con innovaciones en los procesos, en la producción e incluso en el ensamblaje de soluciones habitacionales, ofreciendo así respuestas mejor adaptadas a las cambiantes condiciones y circunstancias por las que ha transitado la construcción en el país.



# IDEC 25 AÑOS DE POSTGRADO EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN

*Tecnología y Construcción* es una publicación que recoge artículos inscritos dentro del campo de la Arquitectura y la Innovación y 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; análisis sobre ciencia y tecnología asociados a los problemas de la I&D en el campo de la construcción y la sostenibilidad de los asentamientos humanos.

Se incluyen trabajos resultados 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.

Además de los artículos se aceptan otros materiales como: documentos, reseñas bibliográficas y de eventos, etc. que resulten de interés para la revista, a juicio del Comité Editorial y que no serán sometidos a arbitraje.

Los trabajos presentados para su publicación como artículos deben atender a las recomendaciones siguientes:

El autor (o los autores) debe(n) indicar título completo del trabajo, en español e inglés, acompañándolo de un breve resumen en ambos idiomas (máximo 150 palabras), el cual debe ir acompañado por una lista de hasta 5 pala-

bras clave, también en ambos idiomas. Debe anexarse una síntesis curricular, de cada autor, que incluya:

- 1- Nombre y Apellido:
- 2- Títulos académicos (pre y postgrado), Institución y Año
- 3- Cargo actual e institución a la que pertenece
- 4- Área de investigación
- 5- correo electrónico

Los trabajos deben ser entregados en cd, indicando el programa y versión utilizados, o enviados al Comité Editorial como documento a través del correo electrónico de la revista ([tyc\\_idec@fau.ucv.ve](mailto:tyc_idec@fau.ucv.ve)), acompañados de una versión impresa con una extensión no mayor de treinta (30) páginas escritas a doble espacio en tamaño carta incluyendo notas, cuadros, gráficos, anexos y referencias bibliográficas.

En el caso de que el trabajo contenga cuadros, gráficos, diagramas, planos y/o fotos, éstos deben presentarse en versión original impresa, numerados correlativamente según orden de aparición en el texto. Lo mismo es válido en el caso de artículos que contengan ecuaciones o fórmulas.

Las citas deben ser incluidas en el texto con el sistema (autor, fecha), por ejemplo: (Hernández, 1995). Las citas textuales solo se utilizarán en casos plenamente justificados. Toda obra citada en el texto debe aparecer referenciada al final del artículo.

Las referencias deben incluir los datos completos de las publicaciones citadas, organizados alfabéticamente según primer apellido del autor y en su redacción deben seguirse las indicaciones de las normas APA.

**En el caso de libros:**

Autor. (Año). *Título: Subtítulo*. Lugar: Editorial

**Ejemplo:**

Wittfoht, H. (1975). *Puentes: Ejemplos internacionales*. Barcelona: Gustavo Gili.

**En el caso de artículos de revistas:**

Autor. (Año). *Título: Subtítulo. Nombre de la revista, Volumen(número), Páginas.*

**Ejemplos:**

Cilento, A. (2002). Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. *Tecnología y Construcción, 18(III)*, 23-28.

Lee, C., Abou, F. y López, O. (2007). Riesgo sísmico en edificaciones escolares del tipo anti-guano II. *Revista de la Facultad de ingeniería - UCV, 22(2)*, 99-109.

**En el caso de artículos tomados de internet:**

Debe agregarse la fecha de acceso y el sitio web.

**Ejemplos:**

Burón, M. (2007). El uso de nuevos concretos estructurales. *Construcción y Tecnología, 2007(Mayo)*. Extraído el 3 de Julio de 2008 de <http://www.imcyc.com/ct2008/index.htm>

González, F.J. Lloveras J. (2008). Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción. *Informes de la Construcción, 60(509)*, 35-43. Extraído el 23 de Junio de 2008 de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/589/671>.

- Se aceptarán trabajos escritos en español o inglés.
- Los trabajos deben ser inéditos y no haber sido publicados en otra(s) revista(s).
- Las colaboraciones presentadas no serán devueltas.

- El Comité Editorial someterá los trabajos enviados a la revisión crítica de por lo menos dos árbitros escogidos entre especialistas o pares investigadores. La identificación de los autores no es comunicada a los árbitros, y viceversa. El dictamen del arbitraje se basará en la calidad del contenido, el cumplimiento de estas normas y la presentación del material. Las sugerencias de los árbitros, cuando las haya, serán comunicadas a los autores con la confidencialidad del caso.
- La revista se reserva el derecho de hacer las correcciones de estilo que considere convenientes, una vez que hayan sido aprobados los textos para su publicación. Siempre que sea posible, esas correcciones serán consultadas con los autores.
- Los autores recibirán sin cargo tres (3) ejemplares del número de la revista en el cual haya sido publicada su colaboración. Por su parte, los árbitros, en compensación por sus servicios, recibirán una bonificación en efectivo y un ejemplar del número de la revista con el cual contribuyeron con su arbitraje, independientemente de que su opinión en relación con la publicación del artículo sometido a su consideración haya sido favorable o no.
- El envío de un texto a la revista y su aceptación por parte del Comité Editorial representa un contrato por medio del cual se transfieren los derechos de autor a la revista Tecnología y Construcción. Esta revista no tiene propósitos comerciales y no produce beneficio alguno a sus editores.

