

CARLOS MAURICIO BEDOYA MONTOYA

CARLOS MAURICIO BEDOYA MONTOYA

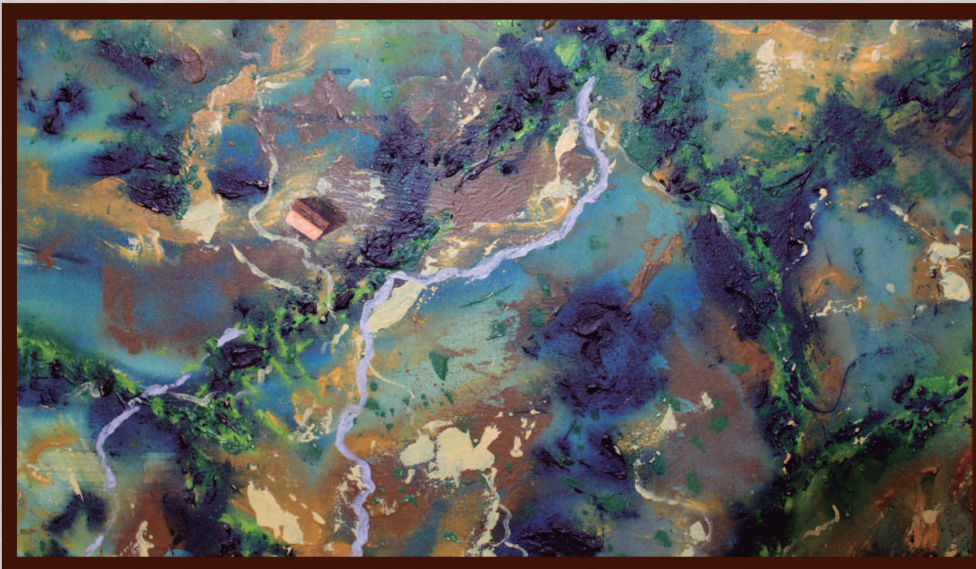
DEL RESIDUO AL MATERIAL

MINERÍA A LA INVERSA



(Bello, Colombia; 1972). Arquitecto Constructor y Magíster en Hábitat, con estudios de Doctorado en Proyectos con énfasis en Arquitectura, Construcción y Urbanismo. Profesor Asociado de tiempo completo en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, donde coordina la línea de investigación en Construcción Sostenible y Gestión Tecnológica. Ha sido consultor y asesor en temas de construcción sostenible y ecomateriales, y profesor invitado por universidades de Cuba, Venezuela, Suiza, España y Austria. En el año 2011, también en coedición de Díké y la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad, se publicó la segunda edición de su libro Construcción Sostenible. Para volver al camino.

Fotografía: Diana López R.



Naciones Unidas
Organización Educativa,
Científica y Cultural



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Cátedra UNESCO de Sostenibilidad

BIBLIOTECA JURÍDICA



DEL RESIDUO AL MATERIAL

MINERÍA A LA INVERSA

I.S.B.N 978-958-731-139-6

© Carlos Mauricio Bedoya Montoya 2015

© Biblioteca Jurídica Díké 2015

© Cátedra UNESCO de Sostenibilidad 2015

Obra carátula: “Campo seco”. Del pintor Jhony Pérez Salazar.

Diseño de carátula: Juan C. Porras y Lucio Chunga Cheng.

Diké: Justicia en griego

Biblioteca Jurídica Díké

Medellín - Colombia, calle 35 N° 66 A 44

Telefax: P.B.X. 351 61 61

e-mail: dike@une.net.co

www.bibliotecajuridicadike.com

Librería Jurídica Díké

Medellín - Colombia

Edificio José Félix de Restrepo - Palacio de Justicia

Teléfono: 262 61 08

e-mail: dikealpujarra@gmail.com

Bogotá D.C. Librería

Carrera 6ª N° 12B-11 - Teléfono 336 55 37 - Telefax 286 03 42

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario

e-mail: bibliotecajuridicadike@outlook.com

San José de Costa Rica. Barrio Naciones Unidas

100 metros este y 75 sur del Colegio Seminario

Teléfono 226 31 72; fax 226 31 95

e-mail: jadguzman@yahoo.com

Caracas-Venezuela. Pelota a Marrón

Edificio General Páez, piso 7, oficina 708

Teléfono 563 66 24 - Celular 04142424511

Panamá

Calle Parita, Bulevar Ancón, Casa 503, Corregimiento de Ancón, Ciudad de Panamá. Tel.: 50767814196 / borisbarrios@lawyer.com

Está permitida la reproducción parcial o total de esta publicación sin fines comerciales.

Para utilizar información contenida en ella se deberá citar la fuente.

CARLOS MAURICIO BEDOYA MONTOYA

DEL RESIDUO AL MATERIAL

MINERÍA A LA INVERSA

BIBLIOTECA JURÍDICA



Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Bedoya Montoya, Carlos Mauricio, 1972-

Del residuo al material : minería a la inversa / Carlos Mauricio Bedoya Montoya. -- Medellín : Biblioteca Jurídica Dike, 2015.

160p.

Incluye bibliografía.

ISBN 978-958-731-139-6

1. Aprovechamiento de residuos (Construcción) 2. Industria de la construcción - Minimización de residuos 3. Escombros 4. Materiales de construcción I. Título

CDD: 691 ed. 23

CO-BoBN- a969345

Biblioteca Jurídica Díké

dirigida por

Eduardo Quiceno Álvarez

Este libro está dedicado a Carolina, nuestra hija.

Agradecimientos

A mis amigos John Muñoz, Raúl Martínez, Jhony Pérez y Alejandro Salazar; por su rigor al asesorarme y corregirme, paralelo al afecto y al ánimo que me dan para emprender y continuar con estos proyectos; y porque con ellos cada día aprendo a ser un amigo bueno.

A los profesores Luis Fernando González, Toni Solanas y Jordi Morató. A los dos primeros por haber leído y prologado esta obra, lo cual ya es un honor; y al tercero de ellos por confiar sinceramente en nuestro trabajo y apoyarlo desde la dirección de la Cátedra UNESCO de Sostenibilidad; y a los tres en conjunto, porque también creen en un mundo mejor.

A Miriam Montoya, mi mamá, el ser humano más bello que haya conocido y que tal vez conoceré, y, junto con ella, mi papá y mis hermanos.

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín por la formación que me brinda como estudiante y docente. En ella convergen las personas que nutren día a día el conocimiento y el espíritu.

A los estudiantes y colegas que han creído en que otra forma de construcción, más reflexiva con la naturaleza y con la gente, es posible. A algunos de ellos hago un homenaje por medio de las experiencias citadas en este libro.

Y a la Editorial Diké, porque me abrió las puertas desde el año 2007 y continúa animándome a escribir. La sonrisa de Eduardo Quiceno al saber que hay una posible obra para editar no tiene comparación, porque en su rostro se expresa el alma del hombre apasionado por las letras.

ÍNDICE GENERAL

Prólogo	
Toni Solanas.....	13
Prólogo	
Luis Fernando González	19
Capítulo I	25
Arraigo, ensoñaciones y técnica	25
Capítulo II	51
El suelo residual como material de óptimo desempeño y costo asequible para la construcción.....	51
I.1. Casa Lili	54
I.1.1. Los materiales de construcción	56
I.1.2. El diseño arquitectónico	59
I.1.3. Los ensayos a los materiales.....	61
I.1.4. Acerca de los resultados	61
II.2. Jardín infantil en Cataluña, España.....	63
II.2.1. Características de la edificación	67
II.2.2. El clima, el tiempo y el resguardo.....	72
II.3. Carmen de Viboral; Antioquia, Colombia.....	76
II.3.1. De vender la tierra a construir con ella	81
II.3.2. Aspectos técnicos de los materiales y la construcción	84
II.3.3. Sobre este capítulo	97

Capítulo III.....	101
Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD); el caso de los escombros como material de óptimo desempeño.....	101
III.1. El Concreto con Agregados Reciclados (CAR): de la alternativa a la primera opción	104
III.1.1. El concreto con agregados reciclados y su evolución	105
III.1.2. El concreto con agregados reciclados en el mundo	108
III.2. Resistencia y durabilidad del CAR.....	135
Conclusiones	149
Bibliografía	155

Prólogo

“Uno de los mayores placeres que nos han sido dados a los seres humanos es la comprensión profunda de la realidad”.

Francisco Javier Barba Corsini.

He recordado esta frase del arquitecto Barba Corsini leyendo el libro que usted lector tiene en sus manos. Porque placer es lo que me ha producido la lectura del ameno, a la vez que riguroso texto de Carlos Mauricio Bedoya. Mayor es el mérito cuando los temas que aborda y sobre los que reflexiona son un material -la tierra/el suelo- poco considerado, y los escombros de la construcción. Y la tierra, el suelo, no goza de prestigio social, y el desecho, el residuo, lo sobrante, en nuestra civilización actual tiene una connotación negativa, de algo marginal que no merece mayor atención. Y sin embargo no debería ser así, durante la mayor parte de la vida humana el residuo ha sido un recurso; lo ha sido hasta hace poco, hasta que la cultura consumista se ha impuesto y nos ha hecho olvidar las viejas sabidurías de nuestros mayores.

Sabiduría que en el caso de la construcción con tierra procede de todas las culturas y todas las épocas, hasta que

la Modernidad nos desvió de nuestra principal fuente de conocimiento, la tierra, nuestro planeta-cobijo. La línea de pensamiento que inician Galileo y Newton y consolidan Bacon y Descartes, va de un respeto a la naturaleza propio de los antiguos y la edad media, a un cientifismo dominador de la misma, que se propone transformarla en beneficio de la humanidad. Por razones que escapan a este breve comentario, hoy en día vemos que al lado de grandes logros, se han producido graves carencias, lo que nos hace pensar que el abandono de la naturaleza como maestra fue un grave error. Por fortuna hoy somos muchos, a lo largo y ancho del planeta, que intentamos recuperar sabidurías olvidadas, y el libro que va a leer lector, es un intento exitoso en este sentido. Sabidurías que proporcionan placeres diversos, entre ellos el de una arquitectura humana, y unas ciudades a escala de las personas.

Ha sido una grata sorpresa encontrar entre las referencias explicadas detalladamente, la guardería “La Font del Rieral” en Santa Eulàlia de Ronsana, obra del buen amigo Gabi Barbeta, maestro y promotor de la recuperación de la tierra como material de construcción noble, saludable y de gran belleza. Presentamos el edificio en un congreso de Arquitectura y Salud, celebrado en Barcelona el año 2009. Además de invitar a Gabi Barbeta participó también el cliente, en este caso el alcalde de la localidad, pues era una obra pública que resultó vencedora del concurso correspondiente. El señor alcalde nos explicó que en los momentos en que se sentía estresado o muy cansado se iba a recoger en la guardería, su espacio le devolvía la serenidad y la tranquilidad de espíritu. La anécdota nos emocionó a todos los asistentes.

Leyendo el libro me han venido a la memoria otros textos, que tratan también con maestría, incluso con humor, el tema de los residuos. Uno de ellos se llama “Echar a perder” Un análisis del deterioro”¹, de Kevin Lynch. El famoso urbanista de quién todos recordaremos sus escritos sobre la ciudad, dejó al final de su vida un manuscrito, un libro inacabado que terminó su discípulo Michael Southworth. Se publicó en 1990, y en él nos habla del deterioro, de los desechos, del declive y de la decadencia. Su reflexión parte de la constatación de que los humanos somos los máximos creadores de desechos y que debemos limitar este derroche.

Otro buen recuerdo de un libro que trata de un tema similar, los residuos humanos, es decir las aguas negras, me lo proporciona Rose George en su obra “La mayor necesidad” subtítulo “Un paseo por las cloacas del mundo”². Un estudio que se presenta como irreverente, sólidamente documentado y escrito con notable pulso narrativo. En él aprendemos que el descubrimiento de que el gas procedente de los excrementos podría ser útil, es un descubrimiento de los asirios y babilonios. O que Mohandas K. Gandhi declaró que el saneamiento era más importante que la independencia, y que Le Corbusier consideraba que el inodoro es “uno de los objetos más hermosos que jamás haya producido la industria humana”.

En los tres libros hay un título principal que no nos indica claramente el contenido y un subtítulo que nos acerca algo

1 KEVIN LYNCH. *Echar a perder. Un análisis del deterioro* Ed. Gustavo Gili, SA, Barcelona 2005

2 ROSE GEORGE. *La mayor necesidad. Un paseo por las cloacas del mundo*. Ed. Turner Noema. Madrid 2009.

más a él, pero nos sigue dejando con un cierto interrogante: de qué nos van a hablar aquí? En los tres casos la lectura de los amenos textos tiene su recompensa, la que decía al principio, el placer de conocer algo que desconocíamos, un mundo al que ni los medios, ni nuestra curiosidad prestan atención. Y sin embargo son merecedores de ella.

Cabe destacar en el libro de Carlos Mauricio Bedoya muchos aspectos, el principal a mi modo de entender es el enfoque holístico y humanista de abordar la materialidad de los residuos incorporando lo simbólico y el contexto, un contexto que siempre tiene en cuenta al otro. Este OTRO al que siempre se respeta, aunque no siempre se esté de acuerdo con él. La reflexión, el análisis de las prácticas constructivas siempre son “*en relación con* los vecinos, las corrientes de agua, la afectación al paisaje...” Este no caer en el alarmismo, evitando los dualismos excluyentes, buscando los inclusivos en los que todos ganamos, es un ejercicio difícil del que el autor sale airoso, lo que redundará en la mejor consecución de su objetivo, concienciar a todos los que intervienen en el ciclo productivo que va de los recursos a residuos, para llegar al famoso *cradle to cradle*, es decir cerrar el ciclo; el residuo deviene recurso de otro ciclo. Un mérito que no se puede dejar de mencionar es el buen estilo, Bedoya utiliza un bello lenguaje que hace del libro no solo un ensayo riguroso sino una amena lectura, una escritura emparentada en algún modo, con el tan querido y admirado realismo mágico.

La lectura del libro me trae dos momentos de agradable recuerdo, un paseo por el Parque Güell de Gaudí en Barcelona con el autor, y mi visita a Medellín y al Valle de Aburrá,

durante la Semana de Moravia, en julio del año 2009, gracias a Jordi Morató y la Cátedra UNESCO. Releo mi charla y me alegra ver intereses compartidos que se concretan en el libro. Temas que parecen ajenos al tema tratado, pero que encajan perfectamente a partir de la visión amplia de los mismos: el concepto de límite, lo global y lo local, la tiranía del presente, la huella ecológica, la participación, el progreso y la técnica. Cada uno de ellos es objeto de una serena y enriquecedora reflexión. Y un objetivo principal: mejorar nuestra calidad de vida, entendiendo nuestra como la de todos, los de aquí y los que viven en las antípodas, nosotros y nuestros descendientes. Es decir con generosidad intergeneracional e internacional.

Cabe recordar también a otras personas pioneras en este descubrir que los recursos no son ilimitados. En 1972 se publica el libro “Los límites del crecimiento”, obra muy criticada en su tiempo pero hoy felizmente reconocida en sus advertencias. También publicaron una revisión en 1992 y otra en 2004: “Los límites del crecimiento 30 años después”³. Sus autores, el matrimonio Meadows y varios colaboradores. Su promotor El Club de Roma. En una charla posterior, Donnella Meadows explicó los diez criterios que a su juicio deberíamos aplicar para volver a una situación de desarrollo sustentable en el planeta. La última, la décima, era la disposición de normativas, pero la más importante, la primera, era cambiar nuestra cosmogonía, nuestra visión del mundo. Este es el principal recurso con el que podremos llegar a un planeta más armonioso y a una cultura

3 DONELLA MEADOWS, JORGEN RANDERS, DENNIS MEADOWS. *Los límites del crecimiento 30 años después*. Ed. Galaxia Gutemberg. Círculo de lectores. Barcelona 2006.

más respetuosa con la naturaleza, con nuestros semejantes y con nuestros descendientes. Estoy seguro que este libro contribuirá eficazmente a ello.

Toni Solanas 22 de abril de 2015

*Día antes de S. Jordi, la gran fiesta del libro
de Catalunya.*

Prólogo

Hace ocho años el Arquitecto Constructor y Profesor de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Carlos Mauricio Bedoya, publicó el libro *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Aquel trabajo alcanzó un notable reconocimiento. No sólo agotó ediciones en papel sino que su disposición gratuita en internet, en varias páginas virtuales y con el sello de la Catedra UNESCO de Sostenibilidad, permitió el libre acceso a un número indeterminado de lectores ávidos por el tema y con enormes deseos de aplicar lo allí planteado. No se trató entonces de repercusiones mediáticas sino reales difíciles de medir o predecir.

Lo que demuestra el valor de aquel primer libro es lo que hace, en parte, valioso el segundo que ahora prologo: la continuidad de las búsquedas, lecciones y aplicaciones, cuya experiencia material está contenida en uno de los ejemplos expuesto aquí, producto de la labor de dos alumnos del profesor Bedoya. Eso indica el camino trazado y la ruta seguida.

En un mundo académico y profesional de modas pasajeras. De arquitecturas terriblemente despóticas y con efectos perversos sobre los ecosistemas mundiales. De arquitectos posando como estrellas de rock y más preocupados por la banalidad de las revistas de modas, pues muchas de las que se llaman de

arquitectura no distinguen de las dedicadas a la decoración, al jet set o las revistas del corazón. Es realmente grato que algunos estén preocupados por entender de otra manera el ejercicio de construir, por procurar mejores condiciones de habitabilidad y preocupados de verdad por el mundo futuro desde un presente más amable y menos contaminante, apegados más a principios filosóficos, culturales, sociales o éticos, y no entregados a la crudeza del despótico mercado.

Del residuo al material. Minería a la inversa, es la continuidad en torno a la Construcción Sostenible, pero no como simple eslogan. De verdad pensando en aportar a la sostenibilidad no como frase efectista propia de publicistas para vender más apartamentos, sino como una contribución seria, cierta y fundamentada en principios conceptuales, experiencias concretadas como ejemplos para evaluar y retomar, y experiencias investigativas ajenas o propias, que es lo que encontrará el lector en este nuevo y valioso libro. Como dice el mismo autor no que parezca sostenible sino que lo sea.

En ese sentido quiero resaltar algunos aspectos del texto del profesor Bedoya:

- La reflexión, la recolección de experiencias y su análisis, más los elementos investigativos aportados, están direccionados a dar más fundamentos a un modelo semi cerrado o autótrofo fundamentado en la cadena *valorización-producción-gestión*, con lo cual se pueda ir ganando espacio, y por qué no, superar el modelo económico dominante, de corte liberal, de *extracción-producción-disposición*.

- Para este modelo autótrofo el autor se plantea fundamentarlo en la “minería a la inversa”, esto es, en “extraer menos y generar menores cantidades de residuos para la confección de buenos materiales de construcción”. Parodiando el principio de “basura cero”, deja sugerido el tema de “escombro cero”, para hablar de la imposibilidad de que esto pudiera ocurrir, cero escombros, sino la posibilidad de circulación de estos materiales de escombro con desempeños adecuados a las normas técnicas y con costos asequibles para los usuarios, incluso con menor valor que los ofertados hoy en el mercado.
- Para cumplir con estas metas de modelo y fundamento, acude a la exploración y desarrollo de los Residuos de Construcción y Demolición RCD y a los Concretos con Agregados Reciclados CAR. Un desarrollo que busca también una gestión integral del escombro, pues no solo pretende reducir la extracción, el efecto contaminante y los costos de producción, sino otras externalidades de orden socio cultural.
- No cabe duda de la viabilidad económica y técnica de los RCD, en territorios donde cada día más escasean territorios para la extracción o para la disposición. Obviamente esto ha sido más crítico en ciudades europeas o norteamericanas, pero aún en ciudades como Medellín el horizonte que se abre es amplísimo, teniendo en cuenta los datos que nos ofrece del reciclaje de escombros en esta ciudad: apenas 250 toneladas de las 7500 toneladas diarias de RCD, es decir, apenas un 3,33%. Con lo que las posibilidades aplicativas y de negocios, además de los otros beneficios derivados, todavía están por explorar y desarrollar de manera

adecuada. Aparte de lo anterior plantea el altísimo valor que tiene como posibilidad constructiva la tierra producto de las nivelaciones y excavaciones que representan un 55% de los RCD.

- Ahora bien, en el orden socio cultural es bastante afortunado el plantearse “rescatar”, aunque introduciendo un plus adicional con la investigación y el mejoramiento físico mecánico, de técnicas ancestrales y tradicionales, algo que no riñe en ningún modo en la posibilidad de habitar en tiempos contemporáneos, tanto en lo rural como en lo urbano. En el mismo sentido, plantear postulados tan fundamentales para el quehacer de quien proyecta y define los proyectos, como que la “arquitectura correcta”, es aquella “que se vista del lugar o para el lugar”; un llamado al encuentro sensible con el lugar, o lo que algunos autores llaman la “topofilia”, extendida también al entendimiento ambiental y cultural de sociedades como la latinoamericana.
- El libro no desliga lo técnico de lo cultural, como tampoco de lo ético, pues en tiempos del individualismo, ese valor paradójico de que hablara Victoria Camps y tal vez su mayor escollo, propugna por el aprendizaje, la colaboración y la reciprocidad, lo que se evidencia en los contenidos y la publicación del mismo libro, en el que, con generosidad, da a conocer proyectos de otros o los propios, entrega los desarrollos investigativos y sus resultados, haciendo eco a su labor pedagógica universitaria que se extiende y multiplica en estas reflexiones.
- No puedo dejar de resaltar un principio que creo es fundamental en el desarrollo de la Construcción Sostenible, lo que también es parte de lo ético y de la sensibilidad

que deben tener las nuevas generaciones de arquitectos, constructores y responsables de las obras, esto es, tratar de “Entender, más que oponer”, pues como dice el autor, “puede ser un camino al principio complejo y en algunos casos más difícil, pero más armonioso, sin detrimento de la evolución física y mental de la especie humana”.

- Esa interacción de lo técnico y lo ético, lo mismo que la sensibilidad social y cultural, están presentes en todo el libro, desde el lenguaje coloquial, cuando escribe en primera persona y pareciera reflexionar en voz alta, hasta la relación que establece con la literatura, despojando de la aridez un tema que podría ser solamente técnico, pero que aquí se entiende como parte de la vida misma, de ahí la relación técnica-literatura.

De ahí que, en síntesis, deba destacar los avances de este libro con respecto al anterior ya referenciado, no sólo desde el conocimiento técnico constructivo acumulado, sino de la aprehensión de los aspectos de la sostenibilidad, entendida como una comprensión integral de la cultura. Sin duda una muestra más cómo desde la academia, en este caso desde la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, se puede pensar un futuro mejor, sin caer en la imposibilidad.

Luis Fernando González Escobar

*Profesor Asociado. Director Escuela del Hábitat,
Facultad de Arquitectura,
Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.*

Medellín, 13 de febrero de 2015

Capítulo I

Arraigo, ensoñaciones y técnica

Este libro da a conocer una postura reflexiva sobre un asunto tan popular en el mundo como lo es la construcción –tanto de edificaciones como de infraestructura y obras civiles– y el impacto ambiental que el flujo de energías y materiales de esta actividad económica causa sobre los ecosistemas rurales y urbanos. Y es ya muy conocido por parte de la comunidad académica y profesional que este importante renglón de la economía está basado en la materialización de volúmenes concebidos desde la arquitectura y la ingeniería, y que en dicha materialización se presentan dos problemas críticos: la extracción de materias primas para la confección de materiales compuestos y la generación de residuos de construcción y demolición (RCD). En el primero se da un uso de materiales no renovables, en tanto que en el segundo se da una producción de desechos que se convierten en un pasivo ambiental colectivo, y, en ambos, se dan afectaciones tales como pérdida de capa vegetal y material particulado en suspensión, derivándose a su vez otros problemas como el efecto de isla de calor y aire atmosférico polucionado respectivamente.

El efecto de isla de calor es fácil de explicar y de entender, pues se trata de una sustitución de terreno natural por un material artificial en un área determinada. Casi siempre que se

va a construir una vivienda o edificio se retira la capa vegetal existente en el lugar del emplazamiento, y una vez llevado a cabo el proyecto, lo que queda en esa misma área es una cubierta en concreto, teja de material cerámico, zinc u otro elemento elaborado en fibras poliméricas según la necesidad arquitectónica. Donde había vegetación queda luego un material sintético que no realiza el mismo proceso de evapotranspiración, como tampoco de absorber la radiación emitida por el sol y disipar su intensidad mediante la transferencia de calor a la humedad contenida en el suelo, por lo que los rayos solares, al no encontrar dicho medio natural tan bien conformado para seguir su tránsito hasta distribuirse en muchas partes del terreno y de especies vivas que necesitan de su calor, sino una superficie dura, poco húmeda y carente casi que por completo de vida animal y vegetal, calienta y refleja. Calienta el material superficial por encontrarse en su camino, y sigue penetrando en él por medio de la conducción, que es el segundo fenómeno de la transferencia de calor estudiado por la física desde épocas ya remotas para nuestro tiempo; sin embargo, estos materiales manufacturados por el ser humano no logran disipar todo el calor tan eficientemente como lo hace la capa vegetal, por lo que la masa del concreto o de las tejas cerámicas o de las láminas metálicas o poliméricas aumentan críticamente su temperatura y es allí, donde el aire circundante al material se calienta y con ello pierde su densidad, que aparece el tercer fenómeno de la transferencia de calor que es la convección. Masas de aire con distinta densidad no pueden convivir en el mismo espacio o nivel, por lo que las más calientes se alzan y las menos calientes tienden a caer. Entonces, una superficie que no posee un entramado que embolote al sol, digo, a sus rayos calientísimos, será calentada prontamente y, como cada material tiene un calor específico otorgado por la naturaleza

de sus materiales y su micro estructura, asimilará las calorías que le sean posible asimilar y el exceso lo transmitirá bien al interior o bien al exterior del espacio que cubre, haciendo que justo en el área que ha quedado cubierta la temperatura aumente directamente proporcional a la intensidad solar. Valdría la pena conocer en qué medida la construcción del 15 % del total del territorio del Área Metropolitana del Valle de Aburrá ha afectado la temperatura, si no promedio, por lo menos de ciertas partes de este ecosistema que son visitadas por las brisas que viniendo diariamente del norte acarician ya no las ramas frescas de los árboles o arbustos, cediendo parte de su calor a estos cuerpos vegetales, sino pieles artificiales que tienen una temperatura mayor que la de la misma brisa viajera y por lo tanto el fenómeno del calor latente opera al contrario, es decir, el aire de la brisa norteña en vez de ceder calorías las gana, pues también es bien sabido que el calor pasa de un cuerpo más caliente al menos caliente, y difícilmente una corriente de aire podrá estar a mayor temperatura que la superficie de una lámina de zinc o de concreto o de material cerámico que ha recibido durante horas la visita abrasadora de unos rayos ultravioleta que, dada la posición geográfica de nuestro valle, tan cercano él a la línea del Ecuador, caen casi perpendicularmente sobre cualquier cuerpo expuesto a la radiación natural del sol.

El aire atmosférico polucionado, aunque suene a situación indeseable, no necesariamente es un problema crítico. Y es que para hacer semejante afirmación el autor de este libro se remite al contexto –palabra que se repetirá a lo largo de los siguientes capítulos–, pues no tiene nada de malo que las corrientes de aire del desierto del Sahara, en África, o de la Alta Guajira, en Colombia, estén cundidas de partículas

en suspensión, ¿acaso no es normal que en medio de tanto movimiento las masas de roca meteorizada se desgasten por la fricción y se vuelvan polvo? Es totalmente normal, por eso al pasar las corrientes de aire por encima de ellas, arrastran los cuerpos minúsculos y los elevan y los transportan a metros y kilómetros de distancia de su punto de partida. Sin embargo, cuando dichas partículas se hacen presentes en una corriente de aire urbano (le llamaremos “urbano” porque aunque viniendo de zonas lejanas y montañosas, hace su tránsito por las urbes y se alimenta de los polvos que las canteras, las demoliciones y las industrias de manufactura expulsan), ahí sí pueden representar un serio problema de salud y habitabilidad para las personas y otras especies. Quiere decir que la entropía urbana es directamente proporcional a la justicia ambiental con los territorios vecinos, y ese es el caso de la región metropolitana del Valle de Aburrá, que a diferencia de otras regiones similares en Latinoamérica, no extrae las materias primas para la confección de materiales pétreos de construcción de zonas distantes a su emplazamiento, como tampoco las transporta a vertederos o escombreras ubicadas por fuera y por mucho de su límite urbano. En este valle largo y estrecho las canteras que suministran agregados para concreto, arcillas para las tejas y los ladrillos, y las escombreras para la disposición final de los RCD, se encuentran ubicadas en su interior, a pocos metros de barrios densamente poblados, y en la margen del río por donde pasan altaneras, pero alegres, las corrientes de aire que llamamos viento, y que suena tan poético y que al atardecer nos refresca y nos devuelve al clima templado tropical que tanto nos admiran, y que tanto se extraña cuando se está en otras latitudes con climas extremos cambiantes. Tanto las canteras para agregados, como las areneras y fuentes de

material arcilloso, son minas a cielo abierto. Y al igual que las construcciones de edificios y plazas también son causantes del efecto de isla de calor, con el agravante de emitir polvos a la atmósfera muy difíciles de controlar y de asimilar por parte de la población humana, animal y vegetal.

Pero los escombros y el suelo residual producto de los movimientos de tierra y excavaciones una vez dispuestos en escombreras también generan material particulado, y solo representan una ganancia para el propietario y el operador de estas arcaicas estrategias de flujo lineal diseñadas para resolver el problema de acumulación de residuos; pero si son de carácter público tampoco se salvan de serlo, pues la colectividad debe asumir por medio de sus cuentas de servicios su adecuación y sostenimiento, pagando un porcentaje para ello en la tasa de aseo público. Si hacemos uso de los refranes y dichos populares de nuestra región, podríamos decir que “de dos males, el menos peor”, dando por hecho que podemos resignarnos con una disposición controlada de escombros y que en vez de tener estos residuos sueltos y dispersos por la ciudad es preferible contenerlos y vigilarlos, y que incluso en un futuro allí pudiera darse un aprovechamiento de estos residuos, es decir, que a medida que se disponen los escombros en el vaso o depresión del terreno se va consolidando a su vez una mina de materiales pétreos. Sería favorable y una verdad demostrable decir que dicha minería sería más económica que la de una cantera, pues no habría que invertir energía y maquinaria en fraccionar la roca natural para llevarla a diámetros que puedan ser manejables por las trituradoras y clasificadoras, ya que todo lo allí dispuesto es producto de la demolición, bien por lo antiguo del edificio o puente derribado, o bien por las equivocaciones

en la ejecución de obras nuevas. Pero esa no es la minería a la inversa que se quiere abordar en este libro, si bien se puede implementar en escombreras ya consolidadas y colmatadas. La minería a la inversa propone valorar el stock habitacional y civil presentes para que luego, una vez éste llegue al término de su vida útil, pueda ser valorizado como material de costo asequible y óptimo desempeño técnico-ambiental, cambiando así el concepto de residuo por el de un nuevo material.

La mirada poco reflexiva, incluso carente de ello en muchas oportunidades, nos presenta un modelo de construcción basado en un flujo lineal que solo para el caso de una infraestructura destinada a la educación, como una escuela un colegio o una universidad, representa la generación de tres áreas dinamizadoras o propiciadoras del efecto de isla de calor:

1. **La cantera;** porque se remueve la capa vegetal existente y se deja a la intemperie la capa rocosa.
2. **La edificación;** porque donde había zona verde queda instalada una capa de material artificial (cerámico, concreto, fibras, etcétera).
3. **La escombrera;** porque los escombros son dispuestos en zonas inicialmente verdes, pero una vez han llenado la superficie del fondo toda el área ocupada no es más que una capa de materiales sólidos que se calientan, mucho más rápido que la capa vegetal, y luego emiten el exceso de calor a la atmósfera.

La segunda área, la edificación, podría no tenerse en cuenta en caso de que se opte por cubiertas con material orgánico, pero aún así tendríamos las otras dos.

Sin embargo, hay otra manera de llevar a cabo la actividad constructora y en especial este aspecto de la materialización, aprovechando el stock habitacional por medio del reciclaje y evitando que se den las tres situaciones que acabamos de exponer. Por ejemplo, hablando en el idioma del análisis de ciclo de vida, una edificación o puente han llegado al término de su vida útil, y se requiere demoler lo existente pero ya no funcional o estable para dar paso a una edificación o estructura nueva, generándose allí una cantidad de escombros que pueden estar compuestos por piezas de concreto, ladrillo, cerámicos y otros tantos materiales, que no necesariamente tienen que ser transportados como residuos para luego ser dispuestos en una escombrera. Concentrándonos en los tres primeros de la lista anterior, podemos decir que hay otra opción o destino para ellos, como la valorización por medio del reciclaje para dar paso a la producción de materias primas que pueden cumplir un óptimo desempeño a la luz de las normas técnicas y de las exigencias o solicitudes estructurales inclusive. Las toneladas de escombros resultantes del derribo de la edificación o estructura no ocuparían un espacio en algún lugar del territorio, como tampoco habría necesidad de escarbar nuevos terrenos para extraer y obtener agregados para la confección de nuevos materiales compuestos como el concreto o el mortero para revoque y pegas de mampuestos.

El modelo económico lineal predominante, basado en *extracción-producción-disposición*, bien puede ser sustituido sin detrimento de la calidad de los servicios y productos requeridos para el ejercicio de la construcción adoptando un modelo semi-cerrado o semi-autótrofo en el cual la cadena *valorización-producción-gestión* conlleve a un sistema tan parecido al bosque como le sea posible, pues este ecosistema natural es casi autosuficiente para mantenerse, salvo la entrada

de la energía solar necesaria para el proceso de fotosíntesis que es el que a su vez genera la riqueza y diversidad que hace que los residuos de unos sean la materia prima o el alimento de otros; precisamente el bosque debería servirnos de referencia para adoptar una actividad edilicia menos impactante con el hábitat en el cual esta se da, y una de las formas de lograrlo es la propuesta que da el nombre a este libro, por lo que en los capítulos siguientes nos ocuparemos de abordar diversas estrategias por medio de las cuales se demuestra que es factible cambiar el paradigma, en términos de Kuhn, de la cultura humana en tanto la construcción, como ya se dijo al inicio del texto, es uno de los gestos técnicos más representativos de nuestra especie.

Intentando al máximo de no caer en fundamentalismos, se pretende dar a conocer que es casi inevitable en la mayoría de nuestras actividades la generación de residuos, lo que sí podemos eludir en cambio es la mirada hacia éstos como elementos inservibles, y ese acto a su vez nos lleva a entender que cuando el Estado, las empresas u organizaciones ambientalistas hablan de “basura cero”, tal vez no se deba entender como la ausencia de basura, sino como la implementación de una mirada reflexiva frente a ella que permita la circulación de materiales que pueden ser de óptimo desempeño y costo asequible. Extraer menos y generar menores cantidades de residuos para la confección de buenos materiales de construcción, bastante paradójico, eso es minería a la inversa.

La tierra podemos seguir siendo nosotros

La primera novela del escritor Manuel Mejía Vallejo tiene por título *La tierra éramos nosotros*, y se nombra en el presente

libro ese magistral trabajo del hombre nacido en Jericó, Antioquia, por tratarse del rescate de la memoria alrededor de la finca en la que se crió, a la que vuelve por medio de sus palabras que son costumbre, olores, ríos y casas que nacen del barro. Como también haremos mención a la obra reciente del escritor Héctor Abad Faciolince, quien en *La oculta*, nos lleva a los orígenes de ese pueblo de la región del suroeste antioqueño. Y es que antes, hacia finales del XIX y comienzos del XX, éramos un pueblo de tierra; las casas nacían como una ramada de estacones y techos en vegetales chamuscados por el sol para luego convertirse en muros de tapia, adobe, bahareque y cubiertas en tejas de barro cocido; los habitantes más acomodados daban ese salto de los estacones a las paredes sólidas y gruesas, era el símbolo de que ya se tenía la manera de procurarse un casa hecha para durar y recibir a los herederos que crecerían y envejecerían allí.

“El pueblo no era nada todavía; más bien parecía un campamento desordenado. En el sitio, las casas –aunque decirles casa era también un piropo dictado por el optimismo– no pasaban de setenta, la mayoría de ellas muy modestas, apenas chozas de paredes de tabla, piso de tierra y techo de paja, y en lo que se pensaba sería la plaza principal, por el momento, apenas cuatro construcciones, dos de ellas sólidas y bien terminadas y dos por terminar”.

(Abad F.; p. 162; 2014).

Justo las dos casas “sólidas y bien terminadas” las describe el escritor antioqueño más adelante, así:

“Las dos construcciones terminadas de la plaza futura eran dos casonas imponentes, de tapia, con techo de tejas cocidas,

en el lado opuesto al de la capilla: las de los fundadores, los dos gamonales del pueblo, Echeverri y Santamaría, que habían tenido la idea estrafalaria de poblar sus selvas con un sistema extraño y novedoso para Antioquia: no el dominio de machos solos, la conquista, el exterminio y la servidumbre, sino el discurso igualitario, la colonización familiar y la donación de pedazos de tierra”.

(Abad F.; p. 163; 2014).

Al igual que ya había pasado siglos antes en poblaciones de África y Europa, los pueblos andinos colombianos consolidaron un hábitat construido basado en la tierra como material de primer orden técnico y estético. Jericó, Jardín, Támesis y Abejorral, por citar algunos pueblos antioqueños; Aguadas y Salamina en Caldas; Barichara en el departamento de Santander, son una muestra de lo que significó este material para la urbanización de sus territorios, pues incluso algunos de estos municipios han sido declarados en décadas recientes como Bien de Interés Cultural de la Nación, lo que ha implicado que las administraciones locales velen por la conservación y restauración de los inmuebles ubicados en el marco de la plaza principal y sus manzanas vecinas.

“Nuestras voces suenan a euforia melodiosa bajo esta luna cuya luz se derrama por tapias y hendidias, por ventanas y solares oscuros, como la mirada de las beatas”.

(Mejía Vallejo; p. 27; 2000).

Medellín, antes de que el cemento hidráulico se convirtiera en un material popular asequible para la comunidad hacia la década de los treinta del siglo XX, también era una villa

conectada con el suelo y las quebradas con meandros; de eso dan fe las casas que se mantienen en pie. Y seguirán siendo tierra, sino en tapia, tal vez sí en paredes modernas rojizas y anaranjadas pigmentadas por el hierro que también le da el color a la sangre que a velocidades y en cantidades casi inverosímiles fluye por los recodos y planicies de nuestro cuerpo.

“Tierra rojiza sombreada por árboles que entrelazan sus ramazones para dar arco de honor al viajero”.

(Mejía Vallejo; p. 41; 2000).

Es innegable que con el paso de los años las ciudades tienden a modelar su hábitat construido, incluso a cambiarlo de tajo, haciendo que lo que antes era motivo de orgullo luego parezca un inmueble obsoleto. La cosa no debe verse en tal extremo, ni se queda igual una ciudad que recibe a diario nuevos habitantes como tampoco hay que derribar los sitios que han representado históricamente el arraigo para las comunidades: teatros, iglesias, escuelas, tiendas de barrio, etcétera. Desaparecer en su totalidad obras patrimoniales, no solo material sino también inmaterial, para dar paso a obras modernas y sentir que asoma “el progreso”, va en contra de la memoria. Si bien hemos citado apartes de los escritores Mejía Vallejo y Abad Faciolince que describen construcciones bucólicas, no necesariamente es porque se quiera decir que hay que volver específicamente a ese tipo de edificaciones, sin duda podrían pasar por anacrónicas en el contexto actual de pueblos y ciudades, y aún de los mismos paisajes campesinos, sino porque se hace una referencia expresa al material, a su naturaleza, a su capacidad de moldeo y a su color tan natural como perenne.

“¿Cómo expresar mejor que la tierra es una carne y que responde músculo por músculo al ser humano que asocia la naturaleza a su propia vida?”

(Bachelard; p. 150; 1994).

Como me lo dijo la profesora y arquitecta Julia Rave:

–Mis clientes me dicen que la casa que yo les construyo en tierra, los abraza.

A mí me parece una forma bella de describir ese nexo que siempre hemos tenido con el suelo, pero que escudados en el progreso y el ritmo inmobiliario que reconoce mayormente aquello que sea concreto, ladrillo cocido y acero, hemos desconocido desde hace ya varias décadas. Ver brotar del suelo los granos arcillosos y arenosos que luego con la mano, la herramienta y la humedad se convierten en adobe, luego en pared y luego en edificio, nos genera una inmensa satisfacción como homínidos, inicialmente, y como humanos, una vez que la cultura nos hace dominadores, para bien o para mal, del ecosistema terrestre; porque tal y como nos lo dice Richard Sennett en su texto *El Artesano*: “*Con mayor capacidad cerebral, nuestros antepasados humanos aprendieron a mantener objetos en las manos, pensar en esos objetos y, finalmente, darles forma; los homínidos pudieron construir herramientas; los humanos, cultura*”.

(Sennett; p. 186; 2010).

Tanto arquitectos como constructores e ingenieros pueden concebir edificaciones tan modernas como sus capacidades les ofrezcan, teniendo como material de construcción la tierra, o el suelo, producto del primer nexo que se tiene entre lo proyectado

y la obra; casas, escuelas, equipamientos, mobiliario urbano, restaurantes, oficinas, beneficiaderos de café: no hay frontera ni técnica ni conceptual que impida hacerlo, y menos aún estética, cuando aprovechando la beta fangosa del suelo una pared se convierte en arte abrazador.

Piedra, pasta y roca artificial

Imaginemos la actitud de aquellos primeros homínidos que tal como nos lo dicen André Leroi-Gourhan y Richard Sennett tuvieron sus extremidades superiores libres del apoyo en el suelo y pudieron manipular los objetos, entre ellos la piedra que la corteza terrestre ofrecía y sigue ofreciendo. La dureza, la textura, el peso, el color y tantas otras características de este material llegaron a su cerebro merced al tacto y a la vista principalmente, y sin más intermediación entre ellos que el lenguaje de la dureza y de la resistencia, tal vez se asomó en el ser humano la chispa fundacional de la posterior necesidad de “dominación” de la naturaleza por parte de éste. Nuestra especie fue adquiriendo motricidad fina y con ello sus redes neurales crecieron en complejidad, propiciando el surgimiento de la técnica que, como hecho cultural sobresaliente del ser humano, le permitió generar herramientas y procesos que lo llevaron a modificar la esencia misma de los materiales que le rodeaban y que por miles de años habían parecido tan estables, inmodificables. El potencial de una roca dura para golpear y vencer la resistencia de otro material debió sin duda estimular la aparición de nuevas prácticas para la alimentación y el resguardo; descubrir el filo de las piedras y su posibilidad de cortar la madera y la carne supusieron una nueva conexión entre la fuerza del brazo, la vara de madera y la piedra filosa en el extremo que además de penetrante, le garantizó la

posibilidad del acecho y la seguridad de la distancia, por lo que pudimos enfrentarnos, o mejor, dedicarnos a cazar presas de mayor tamaño y peso que nosotros, obteniendo en un solo ataque tanta proteína que pudo luego almacenarse, pasando así de la inmediatez a un ocio cada vez mayor, y con ello a disponer de más tiempo libre para dedicarle a esa relación entre cabeza y mano.

Con los materiales de la corteza terrestre el ser humano pudo entonces no solo producir las herramientas para la caza, la defensa y la recolección de vegetales, sino que, trascendiendo al instinto, los arrancó, cortó y movió de su hábitat natural para procurarse su propio hábitat, y digo propio porque es precisamente ese gesto técnico de modificar dramáticamente las condiciones de su hábitat natural lo que nos diferenció de las otras especies. Descubrir la dureza de la roca, pero más allá de eso, que a pesar de esa característica intrínseca del material podía modificarla para hacerla partícipe de su fin transformador de entornos, en otras palabras, humanizarla por medio de la utilidad y el simbolismo, representa el empoderamiento del homínido ante la naturaleza, y más que verle como su soporte, posiblemente comenzó a verla como una entidad merecedora de ser combatida hasta dominarla. Sin embargo esta tesis es arriesgada en tanto que puede suponerse absoluta, cuando en realidad hemos conocido de sociedades que a pesar de compartir el rasgo de la técnica, han optado por caminos diferentes ante la naturaleza: la sacralidad de los ecosistemas (la visión de algunos pueblos indígenas, por ejemplo); la valoración de la capacidad de producción de alimentos y sustento (el campesino agricultor y recolector); y la actitud contable de costos y beneficios (los monocultivos, la ganadería

extensiva, las centrales hidroeléctricas, el extractivismo, entre otras). Esta diversidad de posturas ante un mismo ente es también un rasgo de la especie humana, acrecentado cuando luego de la técnica sobreviene la articulación de ésta con la ciencia moderna para dar lugar a la tecnología (González, W.; Hernández, H.; 2001), con lo cual incluso el mundo pareció quedarnos pequeño. Por eso en este libro no se juzga, pero sí se analizan y exponen conductas, o mejor, prácticas en torno a la construcción *en relación con* los vecinos, las corrientes de agua, la afectación al paisaje o al acceso a este por medio del disfrute de la vista, las dinámicas socio culturales, las otras especies, etcétera. Tampoco nos iremos por medias tintas, es decir, no acudiremos a la improductiva inferencia del tipo “ni lo uno ni lo otro, todo lo contrario”, porque hay principios que el autor y varios de sus colegas consideran inherentes a un ejercicio reflexivo. No se descalificará a otros proyectos ni se expondrán como un dogma los nuestros, sencillamente nos ocuparemos de socializar por este medio una manera de hacer converger la arquitectura y la construcción en un escenario de seria responsabilidad por parte del ser humano hacia las otras especies y reinos. En ese sentido proponemos una revisión de nuestra actividad edilicia tanto en el papel de académicos como en el de profesionales adscritos a este ejercicio que, como ya hemos dicho, es tan consustancial a la especie humana. Y también por eso es que se ha dedicado el inicio de este libro al abordaje de la materialidad en función de lo simbólico y del contexto, lo que implica no solo decir sino además interpretar, o por lo menos esforzarse por hacerlo, las sensaciones originadas en el permanente intercambio de contactos, derrotas y triunfos que se da entre el homínido y la materia que lo asombra una vez que se le presenta en distintos

estados, bien por su estado natural, bien por resultado de la intervención de éste: la manufactura.

Tanto en el tema del suelo (que también llamamos tierra) como en el de los materiales compuestos a base de cementantes se hace necesario abordar la pasta. Si bien en sus ensoñaciones Gastón Bachelard nos refiere a ella cuando analiza el tema del lodo, describiendo bellamente que se trata de “la cooperación entre el agua y la tierra”, también podríamos a manera de analogía llevarla al plano de la roca, puesto que desde los romanos, dos mil años antes de nuestra era, se necesitó de la pasta como estado intermedio entre la fase inicial de la mezcla de componentes –inertes y reactivos– y la consolidación de una roca artificial: el concreto u hormigón. En nuestros días, con la aparición de los cementos modernos, el concepto de confeccionar una roca artificial al antojo del ser humano sigue igual, aunque dista mucho de los primeros atisbos constructivos en tanto que aquellos fueron el logro de la fuerza y el choque convergentes en la piedra, y los de ahora por el contrario se sustentan en la capacidad de lograr el paso de lo suave a lo duro mediante “los poderes medusantes” de los materiales cementicios.

Para confeccionar la roca artificial que se quiere obtener se pasa por distintos estados:

- El paradójico estado inicial de la separación de las partes de su roca madre, en tanto que no se retira de la corteza terrestre el gran pedazo para tallarlo y enfrentar su dureza con el cincel, pues es labor hartamente dispendiosa, sino que se fractura por medio de la percusión-explósión y se le reduce a pequeños trozos que son clasificados y transportados

mecánicamente a sus sitios de producción. Es decir que se desune el material que durante millones de años logró dicho estado en su microestructura, para luego intentar llevarlo a un estado similar de perduración milenaria y centenaria;

- Tanto se destroza la roca madre para obtener el material inerte de relleno, como son los agregados (arena y grava), como para la obtención del material que mezclado con el agua será objeto del efecto medusante al que ya se ha hecho referencia: el cemento, o cementante o cementicio. Éste también es producto de la conminución de la gran pieza petrificada, sin embargo, a diferencia de los agregados, su tamaño de partícula debe llegar hasta lo impalpable, pues es su condición micrométrica lo que le permitirá activarse al contacto con el agua para luego llegar al estado de dureza “inmodificable”, que perdurará por centenas y milenios;
- Una vez obtenidos los componentes que en general son todos ellos, salvo el agua, partículas sueltas, se da lugar a la interacción entre el ser humano y la materialidad por medio de un proceso que busca dispersar para unir. Y, ¿cómo es eso? Así es, que para obtener una buena roca artificial, o sea, un buen concreto u hormigón, es necesario dispersar en la mezcla las partículas micrométricas cementantes lo mejor posible, esto es que las superficies de las partículas mayores de los agregados queden cubiertas en su totalidad –ojalá– por una película impalpable de cemento, así podrá garantizarse un abrazo fundido entre ellos;
- Y como tanto el albañil, como el dosificador de plantas concreteras sistematizadas y el constructor conocen de los efectos del agua en la transformación de esa mezcla seca de partículas en su mayoría inertes, entonces se alistan para

el mezclado, para el moldeo y la vigilancia constante de su obra. Aquí ya no es necesaria la fuerza del choque contra la dureza de la piedra, porque en la confección del mortero y del concreto lo que se presenta es la cooperación entre el agua y las partículas absorbentes, se obtiene la pasta y de su consistencia da fe la relación entre ella y el humano que, aunque fatigosa, no es violenta, pues “*La pasta no tiene enemigos*” (Bachelard, G.; 1994). Las fuerzas invertidas en este delicado proceso han de verse representadas en la posterior aparición de la roca artificial en cuanto a su textura, resistencia y durabilidad;

- Siendo ya el día siguiente a la elaboración de la pasta se procede al desmolde o desencofrado del nuevo material. Aparece ante la vista y el tacto del constructor el material petrificado que ha de comportarse como una roca, y la ausencia de poros discernibles al ojo humano es un buen augurio de la maestría de quien ha fundido la mezcla en el molde; el color también transmite lo positivo de los procesos del fraguado y del endurecimiento, como de la calidad estética de los componentes que son agrupados por la pasta endurecida, pero que no dejan de ser cada uno lo que siempre han sido, porque lo que se ha logrado por parte del artesano-constructor es en esencia confeccionar su propia roca, y humanizar lo pétreo con su mirada y su mano. Se siente creador de algo duradero, que le trasciende en tiempo, porque ha dado lugar a la aparición de un cuerpo cuya duración puede medirse en centurias y milenios. Y así mismo trasciende su huella, o por lo menos, esa puede ser la sensación experimentada por quien ha moldeado y ha visto endurecer lo que en su estado plástico parecía fluir sin límite de forma, incontenible.

Con la aparición del concreto moderno la humanidad conoció las bondades de un material “sin límites”, o dicho de otro modo, se dio cuenta que podía obtener un material con el cual su ideal de desarrollo y progreso no conocería límites. Grandes luces o distancias entre apoyos, muros gigantes contenedores de masas de agua y edificios desde cuyo remate se puede avistar la curvatura de la Tierra fueron ya una práctica que con el paso de los años y el protagonismo mundial de un modelo económico que demuestra su éxito con la opulencia, tal vez comienza a ser repensada no solo en cuestiones de economía y seguridad, sino también en aspectos del arraigo y la pertinencia socio cultural (Aguiló, M.; 2013). Cuando se impone el ritmo incesante de producción de materiales de construcción para dar abasto a masivos proyectos edilicios, cuyo objeto es entregar más rápido porque tiempo es dinero y éste es rentabilidad, se cae en la peligrosa situación de anteponer el rendimiento a la reflexión sobre lo que se confecciona, desaparecen los detalles ornamentales que más que ser un simple acto decorativo o ampuloso para demostrar estatus, son el reflejo y la impronta de una época, de una cultura de la riqueza estética complejizadora que puede suponer el construir (González, Luis F.; 2013). Estos ritmos también han desconocido la capacidad técnica y estética de materiales que como el suelo residual y los escombros se nos presentan generosos en cantidad y calidad. Ahora que ya se ha construido tanto y que las renovaciones necesarias se dan por montones, es hora de mirar hacia esas grandes cantidades de materias que merecen ser rescatadas de tanto olvido por medio de la reutilización y del reciclaje, sin eludir la responsabilidad histórica que tenemos ahora de reflexionar acerca de lo que hemos venido haciendo.

Quienes lean este libro, e incluso quienes no, indiferente de si son ambientalistas, constructores que hacen bien su labor técnica aunque no tengan un mínimo asomo a las buenas prácticas ambientales, los que sí, mineros, médicos, profesores, estudiantes, todos tenemos algo en común, y es que habitamos y laboramos y gozamos en espacios que están mediados por la técnica y la materialización: la casa, la fábrica, el hogar, la universidad, la oficina, el estadio, el café, el teatro; todos convivimos en espacios físicamente delimitados, la cuestión es: ¿nos hemos preguntado siempre, todos, si el espacio en el que nos encontramos no ha causado el más mínimo impacto negativo sobre el ambiente? Bueno, este interrogante supondría un aceptable nivel de conocimiento del asunto al que hacemos referencia, por eso podría formularse otro tipo de cuestionamiento, quizás: el ambientalista que prepara su informe en pro de una causa que denunciará el daño ecológico de una construcción urbana, al enterarse de que la construcción que le sirve de cobijo para entregarse con dedicada pulcritud a la escritura y la reflexión con la que luego sustentará o expondrá sus tesis, es producto en su gran mayoría de la minería extractiva a cielo abierto, ¿se sentirá impedido entonces para llevar a cabo su causa de defensa del ambiente?, ¿tendrá una auto-objección moral y ética para ir en contra de las malas prácticas de construcción y en pro de aquellas más reflexivas con los ecosistemas? Sin embargo, estos interrogantes pueden estar diciéndole al lector que hay una línea de acción que antagoniza con el pensamiento de las personas que buscan la implementación a escala real de un ambiente construido de alto desempeño ambiental, cuando es esto último precisamente lo que nos viene moviendo a escribir estas líneas y a implementar nuevos cursos en las universidades y nuevas maneras de llevar a cabo procesos de diseño y construcción. Por eso veamos otra

cara de la moneda, por ejemplo: si sabemos que la construcción de edificios e infraestructuras lleva consigo un uso intenso de materias primas no renovables, un consumo elevado de energía y una generación crítica de residuos (todo esto desde la práctica de un flujo lineal o abierto), pero a su vez construir es ineludible para la humanidad, ¿debemos abandonar el gesto técnico de la construcción?, ¿estamos en posición de juzgar a quienes han ejercido el oficio de constructores convencidos de hacer algo bueno porque ignoran que existen otras maneras más reflexivas de hacerlo? Hemos de considerar más bien que ni el ambientalista tiene porqué recriminarse el hecho de estar viviendo en un inmueble construido de manera convencional, con un alto impacto en el consumo de materias primas no renovables, ni el constructor tiene porqué adoptar la misma postura hacia sí mismo por un quehacer que ha desarrollado desde la buena fe, apoyado en un conocimiento que le fue entregado casi que como un dogma.

Partiendo de que en los dos escenarios que acabamos de presentar, sus protagonistas develan algo que les genera una tensión, esto no debe convertirse en un motivo de frustración o decepción para ambos, por el contrario, se ha llegado al escenario positivo de una crisis en el término Kuhniano; es el momento para dar el salto cualitativo en la forma como se aprecia el objeto mismo de estudio y de acción, por lo que la reflexión se vuelve un acto inherente a lo que se ha hecho, a lo que se hace y más importante todavía, a lo que se hará. El motivo que en principio mostraba estos dos seres, ambientalista y constructor, como antagonistas irreconciliables, puede ser el puente o el vehículo para el diálogo mediante el cual se podrá madurar hasta el punto que *saber conversar* sea más eficaz que *el querer convencer*. Queda eso sí como obligatorio e

inaplazable el examinar las conductas de nuestros protagonistas en medio de esta situación paradigmática, pues no habría mayor atisbo de crecimiento si nuestro ambientalista persistiera en una posición cerrada en la cual para validar su actuación antepusiera al argumento el abandono de la crisis, cuando sí lo tendría el intentar entender el por qué se ha hecho como se ha hecho y adoptar la proposición sustentada en el conocimiento que de las variables ecosistémicas posee. Tampoco habría un atisbo de poder dar ese salto cualitativo que deviene de superar la crisis si nuestro constructor, una vez que hubo conocido o develado los pasivos ambientales de su actividad, y que además hay otras maneras de edificar minimizando o eliminando dichos pasivos ambientales, persiste en su posición de ejercer sin cambio alguno, anteponiendo a la “elasticidad cerebral” la posición inflexible del tipo costos y beneficios.

En los siguientes capítulos podrá verse cómo sí es posible lograr un punto de encuentro entre la construcción y la naturaleza, sin desmedro de la viabilidad económica y técnica, como tampoco de un sano progreso caracterizado por la solidaridad y la cooperación. Y es que aunque escuchemos a diario que vivimos una situación ambiental caótica, no debería aceptarse como fatalidad la llegada a un punto de no retorno hacia el equilibrio dinámico de la biosfera en tanto sustentadora de la especie humana, se debe acudir al llamado tácito que nos plantea el momento mundial actual para que nos la juguemos por un acuerdo carente de límites políticos prejuiciosos. Ese acuerdo no es tampoco una réplica de los famosamente ya conocidos como el de Kyoto u otros de orden nacional o regional que si bien parecieran partir de la buena fe, no logran luego su cometido debido a que procurando ser universales, pretenden estandarizar hasta las manifestaciones culturales

raizales de las comunidades por medio de la construcción de indicadores cuantitativos o de contexto ideal. Se me figura que, este acuerdo para hacer de la construcción sostenible un ejercicio consciente que se vuelva cotidiano, un hábito mundial, bien puede parecerse a la universalidad lograda por los grandes escritores a través de sus obras literarias paradójicamente recreadas en diminutas poblaciones y con personajes sencillos. Don Quijote no recorre siquiera toda España, pero sus aventuras son lo suficientemente ricas en la descripción de los paisajes y en el escrutinio del espíritu humano como para hacernos sentir que allí se refleja la humanidad; *Cien años de soledad* comienza describiendo un pueblo tan nuevo y tan pequeño que algunas cosas carecían de nombre por lo que había que señalarlas, y esa acertada descripción de las aguas por parte de Gabriel García Márquez al no llamarlas cristalinas sino diáfanas hacen que uno se transporte a esas calles polvorientas bañadas por un sol inmisericorde; John Steinbeck nos muestra magistralmente sentimientos tan universales como los celos y la envidia a través de dos hermanos campesinos que viven en una población que, de no ser por su novela *Al este del edén*, tal vez solo sería conocida por sus habitantes; y el niño Hans, protagonista bello y trágico en *Bajo las ruedas* del escritor alemán Hermann Hesse, nos deja sin aliento al hacernos entender que en esas aulas de clase, en esas calles adornadas por vegetaciones endémicas y en esas frustraciones infantiles provocadas por un sistema educativo impositivo, podemos vernos reflejados a nosotros mismos o a uno de los compañeros que compartió pupitre con nosotros años atrás, o a uno de nuestros hijos, sobrino o hijo de un amigo. ¿Hubo entonces que cambiar el nombre de Macondo por otro “más universal” para que al traducirlo al alemán un germano lo encontrara

atractivo de leer y pudiera entenderlo mejor? ¿Acaso se iba a París porque allí había una musa incontenible? No. Macondo es escrito, leído y pronunciado en decenas de idiomas porque precisamente trascendió al idioma para volverse lenguaje. Y si Gabo, Vargas Llosa y otros nobeles más visitaban a París no era porque luego volverían a sus países de origen a escribir sobre esa metrópoli europea, sino porque allí convergían las distintas corrientes literarias con sus particularidades, acentos y cosmogonías intrínsecas al arraigo de cada quien, pero con asuntos tan comunes en la vida de todos ellos como el abrazo, la sonrisa, la desconfianza, la incondicionalidad de un amistad, los celos, el perdón...

Intentar estandarizar la construcción sostenible es un gran error. Cada obra o proyecto es un pequeño universo. Por eso, más que promover certificaciones o sellos que mediante una lista de chequeo designan como sostenible a una edificación, es reivindicar el ejercicio de una arquitectura correcta, que se vista del lugar o para el lugar. Sería una equivocación esforzarse por convertir un lenguaje en idioma, pues el primero es universal, como la música, mientras que el segundo es local, como la cumbia. Así que hay elementos comunes en lo que se acaba de exponer: con la guitarra se interpreta tanto un vals como un corrido; se puede armar con ese instrumento musical una rumba flamenca como un son cubano. Con el suelo residual se puede construir tanto una vivienda para una familia pequeña en Colombia como un moderno centro de estudios para niños en España; con los escombros se puede concebir un complejo educativo en Medellín y también un hospital público en Zúrich. El suelo, el lodo y la roca artificial son universales, pero pueden ser empleados respondiendo a las variables bióticas y culturales de cada lugar. Nace el reto de reconocer el carácter universal

de la materialidad y al mismo tiempo su particularidad; el desafío consiste en conocer y enriquecer el idioma para que pueda, paradójicamente, trasegar acertadamente por el camino del lenguaje.

Si el acuerdo mundial estandarizador es defectuoso y poco factible de que funcione, las iniciativas a escala de barrio, ciudad y región pueden generar o lograr la validación colectiva de ciertas prácticas o conductas sociales entorno a la consolidación de un hábitat construido de bajo impacto ambiental. Compromiso harto importante el de la Universidad y otros centros de educación superior en esto de la sostenibilidad ecológica de las construcciones, pues es bastante significativo el impacto que por medio de la educación se puede tener sobre una comunidad o gremio profesional específico en su quehacer. Podemos hacer una apuesta que consista en reflexionar acerca de la manera como se da la obtención y transformación de las materias primas para la confección de materiales para la construcción, dejando de ver el residuo para observar el material; gestionando, valorizando, para extraer o escarbar menos.

Ahora que pareciéramos dirigirnos a un escenario que poco a poco comienza a demostrar que la capacidad de resiliencia del planeta es alta, aunque ello signifique defenderse precisamente de los embates de nuestra especie al punto de que no seamos una molestia para la restitución del equilibrio dinámico de la biosfera, es preciso recordar la apuesta que nos ha planteado Michel Serres hace ya 25 años invitándonos a establecer un nuevo tipo de contrato con la naturaleza: “(...), *si elegimos ser responsables, si perdemos, no perdemos nada; pero si ganamos, lo ganamos todo, (...)*”.

Capítulo II

El suelo residual como material de óptimo desempeño y costo asequible para la construcción

La tierra es el material de construcción más abundante en el mundo (Guillaud, H.; 2010), pero esto no obedece a que sea el más empleado en las décadas recientes, sino a que es un material milenario, y por ello, con ciudades y villas construidas desde 5 000 años a.C., supera al concreto y al acero en cantidad. Incluso en la actualidad hay regiones del mundo que tienen casi la totalidad de su stock edilicio construido con tierra, como el Oriente medio y África, en esta última en gran parte por el escaso acceso a materiales como el cemento, los agregados y el acero. Sin embargo, no debe atribuirse a este aspecto su masiva utilización por parte de las comunidades a nivel mundial, pues en la actualidad países como Francia, Alemania, Portugal, Estados Unidos y, en Suramérica Colombia y Argentina, no solo han rescatado las técnicas de la tapia, el bahareque y el adobe, sino que la han contextualizado con diseños modernos e investigaciones a nivel de ciencia de materiales y desempeño estructural; pero, desafortunadamente, en nuestro medio no se ha logrado posicionar este material como una primera opción para proyectos masivos de vivienda, obedeciendo en

cambio a experiencias privadas o específicas para proyectos institucionales, pero no a una política pública de vivienda.

La tierra está entre las categorías en las cuales se han clasificado internacionalmente a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), encontrándose en el primer grupo (Asop-SMA; 2005). La clasificación adoptada para este tipo de materiales residuales es la siguiente:

- Nivel I: tierra y material aluvial;
- Nivel II: escombros (Concreto, mortero, ladrillos, cerámicos, etcétera.);
- Nivel III: otros como plásticos, madera, cartón, etc.

Luego de un estudio realizado por la Asociación Social Popular para la Secretaría del Medio Ambiente del municipio de Medellín en el año 2005, coordinado por el autor de este trabajo, se pudo establecer que a diferencia de la percepción que se tenía en cuanto a que el RCD más abundante era el de los escombros, el más representativo resultó ser la tierra o suelo proveniente de nivelaciones y excavaciones, en un porcentaje del 55 %. Esto de inmediato llamó la atención de los investigadores, consultores e interventores miembros del grupo de trabajo para analizar líneas de trabajo en pro de la valorización de este residuo como material para construcción. En la actualidad, se trabaja con las cifras oficiales emitidas por las autoridades ambientales, las cuales son:

- Medellín y su área metropolitana: 7 500 t/día de RCD
- Bogotá: 20 000 t/día de RCD.

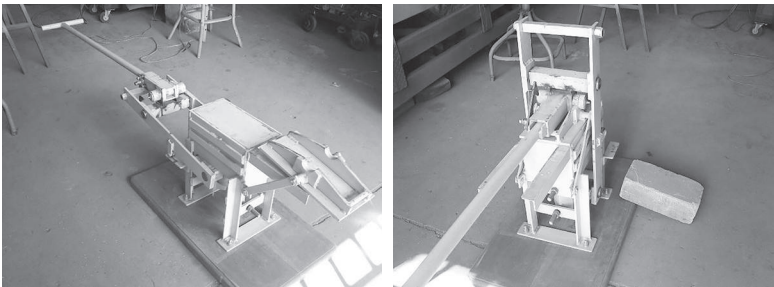
Con estas cifras, tendiendo a crecer según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), dados los metros cuadrados aprobados para construcción en el país, y sabiendo que la tierra es un porcentaje importante en peso y volumen, se hace más que necesario implementar experiencias de confección de materiales y sistemas constructivos que empleen esta materia prima como material de óptimo desempeño.

En este libro nos referiremos a experiencias realizadas por el autor y sus colegas, reconociendo en todo caso que en municipios como Barichara, en el departamento de Santander (Riveros, S.; 2013), y Bogotá (Angulo, D.; 2010), la tierra es ya para un cúmulo de proyectistas y constructores una primera opción al momento de construir. A continuación entonces se mostrarán diversas experiencias mediante las cuales la tierra pasa de ser un residuo a una opción viable para la construcción de viviendas de cualquier estrato socio-económico, son ellas:

- ***Casa Lili; Antioquia, Colombia.*** Vivienda construida con la técnica del bloque de suelo cemento en un lote semi-urbano (2007-2008);
- ***Jardín Infantil en Cataluña, España.*** Centro educativo construido por Gaby Barbeta en las afueras de Barcelona (2009-2010);
- ***Carmen de Viboral; Antioquia, Colombia.*** Se trata de una experiencia de construcción aplicando estrategias tanto en su materialización como en la gestión de la energía y el agua; la técnica empelada allí es mixta, suelo cemento, bahareque, guadua y concreto (2013-2014).

I.1. Casa Lili

Esta construcción está ubicada en el municipio de Guarne, en el departamento de Antioquia. Guarne está ubicado a 25,00 km de Medellín hacia el oriente, a 2 150 m.s.n.m. y con una temperatura promedio de 17 °C. Casa Lili inicialmente estaba concebida por sus propietarios con materiales como bloque de concreto y baldosas cerámicas para el revestimiento de pisos, además con muros revocados en mortero de cemento portland tipo I, pero, una vez se visitó el lote para el emplazamiento y se hicieron los apiques respectivos para el análisis de suelos, se halló un material con una apariencia física y granulométrica que ofrecía posibilidades de ser valorizado como material de construcción. Se optó entonces por estudiar la posibilidad de construir la vivienda con la técnica del bloque de suelo cemento (BSC), utilizando la Cinva-Ram para la producción de los mampuestos. Esta herramienta fue inventada en la década de los cincuenta en el CINVA (Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento Urbano), por el ingeniero chileno Raúl Ramírez, al unir la sigla del instituto con las iniciales del apellido del ingeniero, tomó el nombre por el que posteriormente fue mundialmente conocida.



Fotografía 1. Cinva-Ram manual. Fotografía 2. Cinva-Ram con BSC de muestra.
(Fuente: Bedoya, C. 2008).

De esta manera se hizo un análisis comparativo de costos para la concepción de un proyecto urbano, encontrando que el precio por metro cuadrado construido oscilaba entre \$1 200 000 (USD 475,3) y \$1 700 000 (USD 673,3). De modo que si se hubiese adquirido el lote para construir en área urbana, su costo, para un proyecto de 85,00 m², hubiera oscilado entre los 300 000 \$/m² (USD 118,8) y los 400 000 \$/m² (USD 158,4); sumando a lo anterior el costo de la construcción. En resumen, esta propuesta tendría un valor aproximado de \$144 500 000 (USD 57 227,7), con la limitante de no contar con espacios para diseñar un proyecto de sostenibilidad con un componente agroecológico. Es por eso que se hizo el comparativo, dado que los propietarios de Casa Lili inicialmente buscaban hacerse a un proyecto en área urbana.

Se estudió un lote ubicado en la vereda El Romeral, con un área de 5 500 m² y una excelente vista panorámica del lugar (Valle de San Nicolás). Los estudios previos arrojaron que la técnica del bloque de suelo cemento como material predominante para la construcción era viable económica, sísmica y ambientalmente, complementando entonces una propuesta de materiales sostenibles, con un diseño bioclimático que buscó el aprovechamiento de la inercia térmica de materiales como la tierra y la piedra de canto rodado para generar un acondicionamiento climático confortable al interior de la vivienda, sin necesidad de usar equipos mecánicos para la climatización. El costo presupuestado para la casa fue de \$50 000 000 (USD 19 801,98), más el valor del lote que fue de \$8 500 000 (USD 3 366,3), para un total de \$58 500 000 (USD 23 168,3). Otro punto importante de analizar, es el referente a los costos de los servicios públicos, especialmente agua y telecomunicaciones, los cuales en la zona de Guarne

son aproximadamente un 25 % inferiores comparados con Medellín. También los impuestos de la propiedad son menores.

1.1.1 Los materiales de construcción

El sistema constructivo escogido fue el de muros con BSC confinados con pórticos de concreto reforzado, cuyo cerramiento horizontal es una cubierta con estructura en madera y tejas de barro cocido. El material utilizado se obtuvo de los movimientos de tierra y de las excavaciones realizadas para las fundaciones, sustituyendo en un 100 % los ladrillos tradicionales suministrados por los depósitos de materiales de la zona urbana de Guarne y Medellín. La dosificación de la mezcla fue 1:10; una parte de cemento Portland tipo I por diez de suelo mezclado con un mínimo porcentaje de arena.



*Fotografía 3. Mezclado en el sitio de suelo, arena y cemento.
(Fuente: Bedoya, C. 2007).*



Fotografía 4. Producción y almacenamiento de BSC en el sitio.

(Fuente: Bedoya, C. 2007).

El confinamiento se desarrolló con vigas y columnas del espesor de los muros, confeccionadas en concreto de 21,00 MPa de resistencia a la compresión y varillas de acero de 421,94 MPa de resistencia a la tracción. Esto hizo que la masa de la construcción, cuyo mayor componente es la tierra reutilizada *in situ* representada en los BSC, al combinarse con los pórticos de concreto reforzado, garantizara el cumplimiento de las exigencias establecidas por los requisitos nacionales de sismo resistencia; en ese momento estaba vigente la NSR-98.



Fotografía 5. Combinación de muros en BSC con pórticos de concreto reforzado.

(Fuente: Bedoya, C. 2008).

El piso o pavimento de la casa se confeccionó con mortero simple, diseñando juntas de dilatación y utilizando en algunos espacios pigmentos colorantes que permitieron el logro de un acabado estéticamente agradable y de muy bajo costo, comparado con las opciones de baldosas y pisos vaciados y pulidos posteriormente.



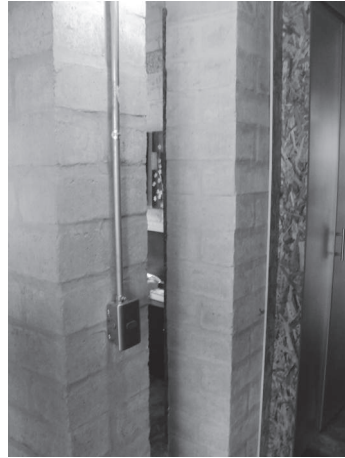
Fotografía 6. Aspecto del piso en concreto pulido y pigmentado.

(Fuente: Bedoya, C. 2008).

Otro detalle interesante tiene que ver con el mortero de pega para los BSC, el cual se aplicó rebitado para evitar dejar al contacto con la lluvia las aristas o bordes de los bloques, siendo esta parte una de las más débiles por su posibilidad de desintegración. Se empleó un mortero confeccionado con cemento Portland tipo I, arena, agua y un porcentaje inferior de la tierra utilizada en los bloques, esto para dar un color homogéneo a las paredes de la vivienda.



Fotografía 7.



Fotografía 8.

Fotografía 7 y 8: aspecto de las juntas en mortero de pega pigmentado con el suelo utilizado para la confección de los BSC del proyecto.

(Fuente: Bedoya, C. 2011).

1.1.2. El diseño arquitectónico

En este punto el diseño arquitectónico tuvo en cuenta características como la topografía del terreno y la dirección del sol; la primera para no impactar agresivamente con formas ortogonales la visual geométrica del lugar, y, la segunda, para implementar un diseño bioclimático a través del cual la habitación y la zona social y de trabajo, ganaran la mayor cantidad de calor durante el día, para hacer más confortable el interior durante la noche, justo cuando la temperatura del sitio presenta una baja considerable de temperatura que alcanza hasta 10,8 °C, en épocas de lluvia; sin embargo, las mediciones comparativas de temperatura (interna y externa) logran

valores que se sitúan entre los 2,8 °C y 3,4 °C, por encima de la temperatura externa, que generan un confort térmico al interior de la vivienda que hace que la temperatura interna no disminuya de 14,9 °C. Este acondicionamiento climático se logra por medio de un muro que se materializa con piedra de canto rodado (piedra de río más densa que la roca común), que permite generar por convección corrientes de aire caliente al interior de la vivienda, y la inercia térmica que posee la tierra como material, ayudado por adobes de 14 cm de espesor.



Fotografía 9. Muro en piedra de canto rodado que mejora la temperatura interna de la vivienda. (Fuente: Bedoya, C. 2008).

Otro aspecto que se buscó en el diseño fue la simplicidad de las formas, pretendiendo con ello disminuir la cantidad de metros cuadrados de muros internos, bajando así los costos de construcción. Las paredes externas siguen la curvatura del terreno original y se integran al paisaje por medio de terrazas (Fotografía 5), como insinuando el respeto a la geometría que

la tierra confinada en la montaña inicialmente tuviera, y que posteriormente en un acto técnico, la transforma en pequeños paralelepípedos que conservan un lenguaje con el paisaje y procuran un menor impacto visual.

1.1.3 Los ensayos a los materiales

Los bloques fueron confeccionados con la máquina Cinva-Ram. Esta herramienta posee un molde con el cual se pueden fabricar bloques macizos con dimensiones de 14 cm de ancho, 29 cm de largo y 9 cm de alto; no necesita motor y su uso manual evita la generación de CO₂ hacia la atmósfera. También es fácil de transportar y de ser manejada.

Los dos principales aspectos a evaluar en estos bloques, luego de su proceso de fabricación y curado, fueron la resistencia al esfuerzo de la compresión y el porcentaje de absorción de agua. En este punto los ensayos se realizaron en el laboratorio de construcción de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y en el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad EAFIT ubicada en la misma ciudad. Se escogieron las muestras para ser falladas y analizadas a una edad de 28 días, de acuerdo a la norma técnica colombiana NTC 5324 del Icontec para bloques de suelo cemento.

1.1.4. Acerca de los resultados

La resistencia al esfuerzo de la compresión a una edad de 28 días, según la NTC 2354, se mantuvo en un rango de 4,0 a 6,0 MPa en todas las muestras, lo que es un buen resultado, ya que este valor es óptimo para estos bloques empleados en

construcciones de un nivel de altura. Esta resistencia permite que los muros soporten su propio peso, el de la cubierta y las vigas de confinamiento en concreto reforzado. También este ensayo nos da una idea de la estabilidad de los materiales y su resistencia a la abrasión eólica o desintegración de sus partículas por efectos del viento, ya que el promedio obtenido entre 4,0 y 6,0 MPa indica que la compactación del material fue óptima y el cemento portland aglutina mejor las partículas inertes de la arcilla y la arena (Salazar, A.; 1998).

En lo referente a la absorción de humedad el resultado estuvo muy superior a lo esperado y a lo exigido por la norma, pues superó el 10 % recomendado. Sin embargo, esto puede tener explicación en el porcentaje de arena empleado en la mezcla, la cual se empleó para aumentar la trabajabilidad de la mezcla y la óptima integración de la tierra con las partículas del cemento. Ya que la resistencia se ajustó al promedio esperado, se recomendó entonces aplicar un hidrófugo a toda la superficie de la mampostería para protegerla así de la excesiva absorción de humedad.

En lo económico el comportamiento se puede calificar de excelente. Fueron 5 400 bloques de suelo cemento confeccionados en el mismo sitio de la construcción, empleando mano de obra de la región y transfiriendo este conocimiento a sus habitantes. Estos 5 400 bloques tuvieron un costo unitario de producción de \$471 (USD 0,19) por unidad, para un total de \$2 543 400 (USD 1 007,29); los bloques o ladrillos de similares especificaciones ofrecidos por los depósitos en Guarne y Medellín para la fecha, más su respectivo transporte, tenían un costo de \$961 (USD 0,38) la unidad, para un total

de \$5 189 400 (USD 2 055,21). El ahorro fue de \$2 646 000 (USD 1 047,92), equivalente al 51 %.

La opción 1, de adquirir vivienda en un lote urbano en Medellín de 85,00 m² de área, era de \$144 500 000 (USD 57 227,7); la opción 2, *Casa Lili*, construida en bloques de suelo cemento, con un manejo integral de los residuos sólidos y líquidos, bajo consumo energético y valor agregado representado en el lote ubicado en una zona despejada de CO₂ y partículas en suspensión, tuvo en cambio un costo de \$58 500 000 (USD 23 168,3). La diferencia fue de \$86 000 000 (USD 34 059,4), con el valor agregado ambiental representado en las características ya descritas en el presente texto. El costo de *Casa Lili* fue el 40,50 % del costo que tenía la opción urbana.

II.2. Jardín infantil en Cataluña, España.

En el año 2010 tuve la oportunidad de hacer un recorrido por algunos países europeos con fines académicos y de investigación. Entre los países visitados pude conocer distintas experiencias de construcción sostenible en España, y, específicamente en Cataluña, visité una de las obras del arquitecto y profesor Gabi Barbeta. Se trata de la guardería La Font del Rieral. Esta edificación fue construida entre 2009 y 2010 combinando las técnicas de la tapia y el bloque de suelo cemento; ubicada en Barcelona, de carácter público, ha sido de muy buen recibo por la comunidad y los profesores, tal como lo pude constatar al recorrer las instalaciones; también ha sido objeto de críticas positivas por parte de diarios tan leídos como El País.

“Si los hobbits habitaran en la comarca del Vallès, habrían construido para sus retoños una guardería muy parecida a la de Santa Eulàlia de Ronçana (Vallès Oriental, Barcelona). Sus formas curvas predominantes en paredes, techos y ventanas, su entorno natural y la paz que en ella habita distinguen la guardería de La Font del Rieral del resto”.

Y más adelante agrega la periodista Ivanna Ballestín:
“La buena relación también se traslada a los padres, que han tejido una comunidad. Habitualmente, realizan talleres de yoga, cocina...”

(Ivanna Vallespín; El País; 18 de junio de 2012).

Consultado el 23 de diciembre de 2014; 5:18 p.m. http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/06/17/catalunya/1339958694_647691.html



*Fotografía 10. Vista general superior de la guardería.
Fuente: http://www.csostenible.net/index.php/es/casos_practics/guaderia-la-font-del-rieral*



Fotografía 11. Cubierta orgánica y tapias circulares. (Carles Ribas).

Fuente: http://ccaa.elpais.com/ccaa/2012/06/17/catalunya/1339958694_647691.html

Varias fueron las palabras e ideas que ese día de septiembre de 2010 escuché del propio Garbeta, pareciéndome la suya una concepción holística del ejercicio de la arquitectura y la construcción en cuanto a la naturaleza de la edificación, su funcionalidad y el contexto. Sin embargo, me pareció más positiva aún su mirada hacia estas técnicas de construcción utilizadas por él en relación con nuestro país. Confieso que en un principio de mi visita, en las afueras de la guardería antes de entrar a recorrer sus instalaciones, pensé que yo había sido subestimado por mis colegas catalanes que tan amablemente me habían llevado a aquella entrevista con el arquitecto Gabi Garbeta, pues de entrada reconocí los muros curvos en tapia y la insinuación de unos corredores construidos en bloques de suelo cemento:

–Es lo que hacemos en Medellín, en Colombia. Lo que enseñamos en la Universidad, entonces...–. Me dije internamente, sin dejar de admirar la belleza de la edificación. Pero a medida que recorría con mis ojos las alturas y los volúmenes, me fui percatando de que allí había algo más que la técnica constructiva y los materiales: los arcos, las cúpulas achatadas y los mosaicos homenajando a Gaudí me hicieron sentir que estaba ante el reflejo de un pueblo catalán, y me sentí orgulloso de que aquellos arquitectos orgullosos de lo suyo y de los suyos me mostraran los muros erigidos con mampuestos salidos de la Cinva-Ram inventada al otro lado del Atlántico, en Colombia. No tuve que recalcarles después que esa prensa para hacer bloques de suelo cemento era uno de nuestros inventos, pues Gabi Garbeta lo sabía y lo elogió durante una de sus explicaciones durante el recorrido. Incluso me dijo que aunque estaba bastante ocupado por aquellos días en uno de sus proyectos, cuando supo que el visitante era un profesor colombiano, le hizo un amague al tiempo para estar presente en el recorrido, no lo delegó en sus arquitectos auxiliares que estuvieron con nosotros, él quiso ir en persona y me contó que estuvo en nuestro país a comienzos de la década y conoció el trabajo tan interesante que en construcción sostenible se venía y se continúa haciendo en estas latitudes tropicales. Y envió saludos a varios de sus colegas y amigos que en Bogotá y Cali había levantado precisamente por esos asuntos de la arquitectura, la tierra y la construcción. Comenzaba a ratificar lo que el cantante Miguel Bosé dijo una vez en una entrevista con el periodista Yamid Amat, y es que a pesar de saber que era europeo, al visitar a Colombia y otros países americanos por primera vez, él se sintió iberoamericano. Sintió que el idioma y la idiosincrasia lo acercaban más a Los Andes que a Los Alpes. Tal como en su momento me lo diría también

una estudiante de arquitectura vasca, al verse rodeada de universitarios holandeses y austríacos que hacían sus pasantías en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Así que esa visita que yo hacía no tenía por qué tener viso alguno de inferioridad o superioridad, al contrario, entendí que es preciso que al relacionarnos con nuestros pares lo hagamos desde el respeto mutuo, y no desde la sumisión o la imposición.

Casi todo el suelo de la corteza terrestre es apto para que una vez removido sirva de material de construcción, y eso lo entendió Garbeta, como también entendió que la Cinva-Ram era una herramienta funcional y muy acertada para elaborar el mampuesto que, precisamente de dimensiones catalanas, resuelve materialmente espacialidades en casi todos los países del mundo.

II.2.1. Características de la edificación

La entrada a la guardería es una combinación de materiales que solemos llamar orgánicos, por aquello de que si bien han sido cortados y dispuestos en formas regulares, aún después de instalados y confeccionados conservan la textura inicial de su fuente y transmiten visual y olfativamente ese nexo umbilical con el suelo. Se trata de un arco en madera laminada encolada que recibe a su vez unas vigas en el mismo material y en la misma técnica de la laminación. Esas vigas apoyadas en el arco parecen invitar a los niños a sumergirse en un cuento infantil que podrán vivir cada día; es como si tangente a un arco iris pasaran estrellas fugaces en tránsito a un cielo que paradójicamente marca las limitaciones del ser humano desde la infancia, aunque nos lleve a soñar con la intemporalidad y la infinidad. Reciben a estos gigantes de madera sendas tapias

en forma circular cuyo color terracota hace pensar que nació del suelo y que por sus venas trepa desafiante la savia hasta los troncos laminados de madera.



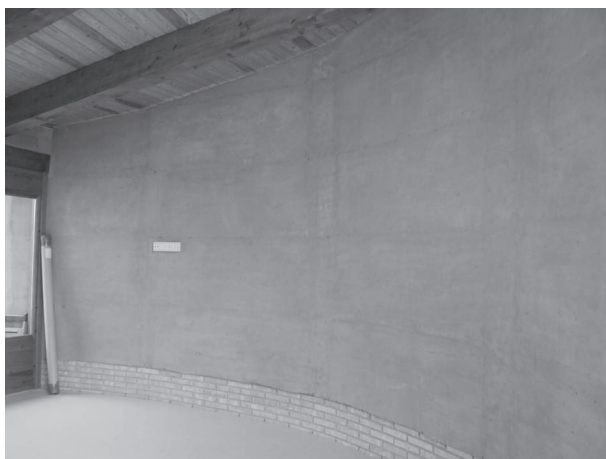
*Fotografía 12. Entrada a la guardería La Font del Rieral. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*

Al interior los corredores tienen un zócalo en madera y la parte superior deja al descubierto la trama de los bloques de suelo cemento, permitiendo una visual de perspectiva que activa en el habitante un punto de fuga que insinúa una ligera y tímida persecución dada la circularidad del recorrido (Nótese que no se usa el término usuario sino el de habitante). Las vigas en madera laminada no se ocultan con un cielo falso y eso hace más fiel la técnica empleada a la vista de los niños y maestros, ¿Por qué negar la naturaleza de la veta irregular de la madera y de las aristas no perfectas de los mampuestos fabricados manualmente?



*Fotografía 13. Interior de la guardería La Font del Rieral. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*

Es importante destacar que las tapias permiten observar las juntas de los moldes empleados en el apisonamiento del material, lo que no debe verse como un asunto de error en el logro de una estética sin mácula, por el contrario, es la exhibición de esos detalles lo que se constituye en memoria de la técnica. Así mismo las juntas de los bloques en mortero pigmentado con el mismo suelo residual nos hablan de un mampostero que, negándose a olvidar el oficio digno del artesano, deja el testimonio de una mano y un brazo articulados a la vista que poco a poco, constantemente, va erigiendo aquella pantalla de entramados regulares, no perfectos, y por ello solidarios con la esencia del ser humano.



*Fotografía 14. Tapia interior de la guardería
La Font del Rieral. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*

Las bóvedas de la guardería sorprenden a quienes estamos acostumbrados a fijarnos en la circularidad de este tipo de cerramiento porque, a diferencia de las convencionalmente construidas, las de La Font del Rieral son de muy poca altura y aparecen a la vista achatadas, lo cual no coincide con los cánones geométricos de este tipo de figuras esféricas. Esto se debe a que el arquitecto Garbeta y su grupo de trabajo emplearon un desplazamiento del punto de inercia de los bloques, haciéndose más dramático en la coronación de la bóveda donde se confinan en un círculo que sirve además como entrada de luz natural al espacio dedicado a la formación de los niños. Las siguientes tres fotografías que muestran el aspecto exterior e interior de estas bóvedas construidas en mampuestos elaborados con la Cinva-Ram.



*Fotografía 15. Aspecto exterior de una bóveda. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*



*Fotografía 16. Aspecto interior de una bóveda. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*



*Fotografía 17. Detalle de las hiladas al interior de la bóveda. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010)*

II.2.2. El clima, el tiempo y el resguardo

Barcelona es una ciudad estacionaria, cuyo clima depende de la época del año y no de la altura sobre el nivel del mar como es nuestro caso en el trópico. Entender la magnitud de estas variaciones de temperatura determina las estrategias a emplear en la edificación para que en épocas de calor el interior esté unos grados por debajo de la temperatura ambiente, y en época de menos calor o de frío suceda lo contrario. Así, cuando se habla de obtener confort al interior de la edificación, es en cierta medida sencillo alcanzarlo, pero sobre las condiciones externas hay mucho menos gobernabilidad. Sin embargo, una vez definidos los objetivos de la edificación, le quedan al arquitecto generalmente dos opciones entre las cuales escoger para dar cumplimiento a la meta trazada con la menor incertidumbre posible: el combate o la razón. La segunda

suele ser la menos empleada, ya que en nuestra sociedad la técnica y el progreso son vistos casi como dogmas inaccesibles al cuestionamiento, así que la naturaleza desde hace mucho tiempo para el ser humano actual es un obstáculo, pues es sobre la corteza terrestre que se establece como habitante dominador y sobre la cual centra su modelo económico extractivista, pero injustamente no establece un acuerdo común de respeto hacia las limitaciones finitas de la tierra para dar abasto a las metas de crecimiento económico tendientes a lo infinito. Básico y elemental principio de supervivencia que Michel Serres nos plantea en su obra *El Contrato Natural*.

El habitante planetario actual basa su progreso combatiendo casi todo, de ese modo ante un dolor o una inflamación solo le sirve el antibiótico o el antiinflamatorio; ante una alergia el antialérgico; ante una tristeza el antidepresivo; al dolor muscular que engarrotta hasta el alma misma le sobreviene el antiespasmódico. Así entonces en la arquitectura, la ingeniería y la construcción hacen aparición términos como antisísmico, que luego de ejemplos de superioridad de la naturaleza por sobre las moles de concreto y acero, se unta de humildad para reconocerse como sismoresistente, “porque antisísmico no hay nada en este mundo, muchachos”, decían nuestros profesores de estructuras cuando se llegaba al tema de la seguridad y estabilidad de las edificaciones y obras civiles. Y como los jalones de la tierra a las estructuras, son también críticos los embates del agua, y críticas también la mayoría de estrategias diseñadas e implementadas para contenerlos. Por ejemplo: a la crecida y desborde del río se le opone un muro de contención o pantalla, pero, ¿hasta cuándo resistirá ese cuerpo rígido y frágil la fuerza que el líquido incompresible le ejerce? Si se conoce

bien que los materiales presentan fatiga, ¿por qué no interpretar otro papel, distinto a ese sainete de dominador omnipotente que la tecnología parece concederle? Entender, más que oponer, puede ser un camino al principio más complejo y en algunos casos más difícil, pero más armonioso, sin detrimento de la evolución mental y física de la especie humana. Y es que ante otro embate fuerte como el representado por los rayos ultravioletas del sol y sus efectos sobre la salud humana, pareciera que la única opción es la del combate por medio de lonas o materiales de “última generación” que repelen el rayo solar y se calientan poco, cuando bien pueden implementarse estrategias pasivas no solo más económicas, sino también más acertadas, con mayor arraigo. Por eso se quiere despedir este subcapítulo dedicado a la guardería de La Font del Rieral referenciando un detalle exterior de la edificación que tiene tanto de sencillo como de eficaz. Se trata de un patio contenido en tres de sus extremos por los muros de la guardería, formando un trapecio cuya base menor se proyecta verticalmente con una hermosa pared forrada en trozos de corteza de árbol que a lo lejos parecen lajas de piedra ennegrecidas. Pues sucedió que allí, en ese espacio, no se instaló cubierta alguna en lonas o algo parecido; en cambio se sembraron unas plantas que crecen como varas espigadas y cuyos tallos van ramificándose hasta tener área suficiente para generar sombras. Estas plantas luego fueron arqueadas y dieron forma a una pérgola natural que en época de verano resguarda a los niños del rayo solar con sus ramitas, y en los meses de frío intenso muda su follaje para permitir el baño tibio que unta las paredes con los rayos del sol, y alegra el paisaje otoñal, aunque el viento y las bajas temperaturas entren en fuerte contradicción con la luz natural que cada día viene desde tan lejos.



*Fotografía 18. Contorno del patio. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010).*



*Fotografía 19. Ramas en arco; pérgola natural. Gabi Garbeta
(Fuente: Bedoya, C. 2010).*

Y nos despedimos de Gabi Barbeta y su equipo de trabajo en el comienzo de una tarde de finales del verano. Con estrechón de manos que se convirtió en abrazo, y con una firme convicción de que no hay que aceptar como fatalidad el ejercicio de una arquitectura desprovista de humanidad y anhelante de la figuración mediática, porque entonces no tendría sentido levantarnos cada día a caminar; ni la utopía nos serviría de excusa.

– ¡Adiós, Font del Rieral! ¡Adiós, estrellas fugaces orientadas por el gesto noble de la madera que aún a pesar de ser trozada por la máquina y la herramienta, nos ofrece su dureza, su blandura, y los caminos temblorosos de su veta! ¡Adiós, patiecito en cuyas paredes y piso el sol hace dibujos que danzan con el viento y caminan con las horas! Se despide de ti no el profesor, sino el niño que quise volver a ser, o que tal vez fui, mientras te recorrí abrazado por tanta materia, por tanta ensoñación.

II.3.Carmen de Viboral; Antioquia, Colombia.

Este municipio del oriente antioqueño es reconocido a nivel nacional por su tradición de locería artesanal. Tradición que fue casi que abandonada del todo en la década del noventa y que, afortunadamente para sus pobladores y para los colombianos, está siendo rescatada en los años recientes. Algo parecido a lo que ya se ha reiterado en este libro sobre el habernos dado cuenta en el año 2005 que la tierra era el RCD más abundante en nuestro medio metropolitano y que justamente las técnicas de construcción con este material se habían abandonado e invisibilizado por los materiales más

industrializados, presentándose la oportunidad de reflexionar y de actuar entorno a recuperar y contextualizar la construcción basada en el tratamiento del suelo residual como materia prima, sin complejos. Los pobladores, artesanos y comerciantes de El Carmen de Viboral no aceptaron como fatalidad la llegada de productos hechos en la China a costos que nos asustan, y se dieron a la tarea de volver a la tradición, aunque los costos de un pocillo, de un platico o de un tazón para el chocolate espeso, espumoso y dulce sean a veces mayores. Lo que puedo entender es que allí se piensa más en el valor que en el costo.

¿Cuánto cuesta un ruiseñor? Es el título del segundo capítulo del libro *La Ciencia Posnormal. Ciencia con la gente*, de los autores Funtowicz y Ravetz, publicado en 1993, pocos años después de haberse conocido la interesante obra de Michel Serres, *El Contrato Natural*. Ese cuestionamiento, ¿Cuánto cuesta un ruiseñor?, lleva a los autores a demostrar que hay más variables a tener en cuenta para la toma de decisiones que los meros aspectos de rentabilidad: ingresos y egresos, hay ganancia y se acabó. Bajo la mirada reduccionista de que “si es rentable se hace y si no lo es no se hace”, ¿de cuántas maravillas culturales y patrimoniales futuras quizá nos hemos perdido!, ¿de cuántas maravillas nos hemos desprendido! Podrá decirse que es fácil para un profesor y académico de tiempo completo plantearse estos interrogantes y criticar el ejercicio económico lineal actual, pero quien escribe estas líneas, y pido se me disculpe esta frase de cajón que acabo de escribir, he sido consultor y director de proyectos en empresas tanto del orden privado como del sector oficial, y la riña entre si se hace por costos o si anteponemos a ello el valor que representa un ecosistema para una comunidad o una familia era cosa del día

a día, por fortuna, siempre pudimos hacer lo que creímos era lo mejor para la colectividad, y desistimos de hacer los proyectos que consideramos no eran los más convenientes en términos de resiliencia de los hábitats y de impactos ambientales negativos. Es preocupante, triste, que solo cuando vemos la mole de acero y de concreto de un edificio de 22 niveles de altura que nos tapa la vista y nos encierra, y nos modifica el microclima barrial porque ha cortado el paso de las corrientes de aire que antes nos refrescaban, nos percatamos de lo importante que era para todos nosotros ese parquecito, esos árboles y esos pájaros que cantaban, y tal vez ya el progreso no es tan bueno. Estas líneas nos llevan a 1962, cuando Rachel Carson publicó su libro *Primavera Silenciosa*, *Silent Spring* en su idioma original, y que alertó sobre las implicaciones que para el ambiente representaban las políticas de producción agrícola intensiva, basada en el uso de pesticidas a gran escala. Su reflexión científica, trató y aún trata de ser opacada porque era una visión romántica, lo cual está claro desde su mismo título, el cual es poético y cadencioso. Y, ¿cuál es el problema? ¿Está mejor el mundo 52 años después? ¿Han servido los pesticidas y la manipulación genética para generar belleza en los campos? Las especies de frijoles y de maíz cada vez son menos, la estandarización, la homogenización son cada vez mayores, y las especies están en serios riesgos de permanencia sobre la corteza terrestre por la pérdida de biodiversidad. No es el planeta el que está en riesgo, valga aclarar, son las especies que en él viven, incluyendo la nuestra.

En Medellín, en el barrio Carlos E. Restrepo, ubicado sobre la margen occidental del Río Medellín, hacia mediados de la década anterior se presentó un conflicto entre el ejercicio

económico de un proyecto de construcción y la calidad del hábitat para una comunidad. Es decir, allí, en esa situación, se dio precisamente esa tensión entre costo *versus* valor. En un pequeño parque, el de Los Almendros, se concibió un proyecto de edificios residenciales de gran altura muy distinto a los edificios existentes de solo cuatro niveles de altura y amplias separaciones entre ellos, permitiendo la ventilación cruzada y la iluminación natural en todos los inmuebles. Dicho proyecto inmobiliario fue rechazado por los habitantes de la unidad residencial Carlos E. Restrepo y se conformó un comité que con argumentos ambientales y sociales demostró que era más valioso para la colectividad mantener el parque que permitir la construcción del edificio multifamiliar. Se habló al inicio de que había en ese ejercicio mucha ingenuidad de la comunidad, y es que era lógico decir eso cuando ya se tenía el parque cerrado con mallas y se exponían las vallas publicitarias del proyecto, incluso ya funcionaba la sala de ventas y, en efecto, se hacían ventas de apartamentos. Devolver ese proyecto a la desocupación del parque por parte de la empresa constructora y abrirlo de nuevo al goce de la comunidad parecía un asunto bastante difícil, utópico. Pero se dio que el colectivo del barrio obtuvo la victoria y logró que el parque fuera devuelto a los ciudadanos. El área del parque de Los Almendros es muy pequeña para lo que es la conurbación del Valle de Aburrá, diminuta, es como un punto en un lienzo de gran formato, pero sigue siendo para mí una victoria épica y ejemplo de esperanza. Debo insistir que me mantengo en mi tesis de estudiante y que marcó mi camino en la docencia y en la investigación: la construcción actualmente es ineludible, pero no debe serlo un ejercicio reflexivo con su entorno y sus dinámicas ambientales, sociales y culturales.

Volvemos al Carmen de Viboral, lugar de la geografía antioqueña en el que dos arquitectos que antes fueron estudiantes en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, demostraron que su proyecto de realización personal y profesional podía ser concebido desde el valor, por encima de los costos directos. En resumen, la historia de este proyecto que mostraremos a continuación es la siguiente: Isabel Correa y Jorge Moreno siendo estudiantes de Arquitectura matricularon una asignatura en la cual les hablé de otras opciones de construir proyectos, es decir, sin satanizar la arquitectura existente sencillamente mostraba en las clases ejemplos de que otra concepción de la actividad edilicia era posible. Y cuentan ellos dos que el asunto les sonó. Al graduarse continuaron inquietos con este tema y cuando conocieron con más detalle la experiencia de Casa Lili, contada por Juan David Alzate y Liliana Ortiz, a quienes invito constantemente para que compartan su experiencia con nuestros estudiantes, sintieron una especie de llamado, irresistible, que los llevó a pensar en su territorio. Isabel y Jorge tenían en el año 2012 un proyecto en ciernes, consistente en desarrollar sus propios proyectos pero aún mirando hacia lo urbano y lo convencional, porque aunque desde el pregrado habían quedado bastante inquietos con la construcción de alto desempeño ambiental que conversamos en el curso, parecía muy difícil concebir un ejercicio económico viable y al mismo tiempo de bajo impacto ambiental. Pero perseveraron y tal como ya se ha dicho, al conocer que ya otros profesionales jóvenes como ellos habían emprendido el camino, dejando de un lado el desecho rápido, volvieron su mirada a su patrimonio familiar, y aquél no era otro más que su herencia:

la tierra. Un lote que habían pensado vender para capitalizarse y comenzar a construir en Medellín, sería otra cosa: el punto de partida de su proyecto profesional y de vida.

II.3.1. De vender la tierra a construir con ella

Dice Bernardo, el personaje central de la novela de Mejía Vallejo: “*La tierra éramos nosotros. Y nos fuimos*”. Y se duele el chico citadino que quiso volver a ser montañero y que no pudo serlo, con esa frase que a pesar de estar en el inicio de la novela, ya da muestras de una melancólica pérdida de arraigo. Sin embargo, en el caso de Isabel y Jorge bien pudiera uno reescribir esa frase, o mejor, escribir la antítesis de esta, así: *La tierra podemos seguir siendo nosotros. Y volvimos*.

Al conocer del potencial del suelo residual como material de construcción, la decisión fue entonces no vender el lote y por el contrario desarrollar en este una vivienda que albergara un grupo familiar y, con el tiempo, se convirtiera en un ejemplo a escala real para la comunidad. El suelo se mostró visualmente apto para emplearlo en la elaboración de bloques de suelo cemento y bahareque, sin embargo, al momento de pasar a las pruebas físico mecánicas y a la elaboración de los bloques de suelo cemento se presentaron dificultades que fueron sorteadas con acierto por parte del grupo de personas que emprendieron la construcción. Por ejemplo, entendieron que disminuir el tamaño de las partículas del suelo antes de mezclarlo con la arena y el cemento era fundamental para lograr una dispersión eficaz del material cementante; cada suelo es diferente, pero en esencia la metodología para valorizarlo como nuevo material

es casi idéntica en todos los casos, solo hay que encontrar cuál es su composición y la distribución de los componentes dentro de éste para hallar la dosificación correcta que alcance el mejor desempeño del material a confeccionar. Una vez se encontró la dosificación de suelo, arena, cemento y agua se procedió a la confección de los bloques e, inherente a este proceso, la implementación de una planta de producción *in situ* de los bloques, que me gustó mucho, por ver en ella representada la manifestación de una técnica ancestral contextualizada en una época moderna, sin desconocer los años de evolución contenidos en la manipulación y el moldeo del lodo como tampoco la estética del momento actual en el que se desarrolla la obra.



*Fotografía 20. Lugar de producción de BSC y tratamiento de la guadua.
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*



*Fotografía 21. Detalle de la tolva de alimentación para la Cinva-Ram.
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*

De manera inteligente Isabel y Jorge estudiaron el terreno y no decidieron combatirlo, ellos optaron por entenderlo y aprovechar lo que en su momento pudieron haber sido problemas para la ejecución de la obra. En una topografía escarpada se aprovechó el material que saldría producto del corte del terreno para ser valorizado como materia prima para los mampuestos y el bahareque que emplearían en medio de un sistema constructivo mixto, flexible. Pero a su vez esas mismas diferencias de cotas del terreno les supuso una ventaja, que no una dificultad, y es que la “planta de producción” –las comillas son mías porque a pesar de la sencillez de esa ramada, al funcionar no deja dudas de que es un proceso de producción metódico y riguroso– se diseñó en dos niveles, aprovechando así el nivel superior para desterronar el suelo y homogeneizarlo en tamaño y granulometría lo mejor

posible; una vez clasificado el material, se aprovecha el efecto invernadero que se genera allí debido a los recubrimientos en plástico y se seca el material particulado, para luego ser mezclado con los otros componentes que ya se han descrito; en el nivel inferior, recostada contra la barranquita, o pequeña pared que se forma, está la Cinva-Ram, complementada por una tolva que a manera de embudo permite que desde el nivel superior el trabajador vierta con más fuerza y más precisión el material humedecido. Al tener sus brazos extendidos y en posición vertical, se aprovecha la bondad de la fuerza de la gravedad que hace que el material caiga con más empuje sobre el molde y presente menos espacios de aire antes de que la prensa haga su compresión con mucha más eficiencia. El efecto convergente de la tolva, aunque sencillo, es de gran importancia para la eficiencia del proceso de producción de los bloques de suelo cemento, para la ergonomía de los trabajadores y para la resistencia y posterior durabilidad del sistema constructivo. Los materiales compuestos no solo se activan y se cohesionan por los enlaces químicos y sus reacciones, sino también por aspectos físicos como la compresión y la unión entre sus partículas.

En esta planta se produjeron los bloques, se curaron y se almacenaron correctamente para esperar el llamado del maestro que los haría ser parte de un muro, de una habitación, de una casa convertida en hogar. También se almacenó y trató la guadua que haría parte de la estructura de soporte para unas cubiertas generosas en brindar sombra y recoger aguas lluvia.

II.3.2. Aspectos técnicos de los materiales y la construcción

El sistema constructivo y sus componentes trazan el rumbo de las instalaciones, o por lo menos la concepción de estas que, desde que se introdujo el sanitario a la casa y se encendió la bombilla eléctrica, parecen darle vida al conjunto de muros,

ventanas, puertas y techos que marcan la delimitación del espacio en el cual se habitará. Antes, mucho antes de esta época que vivimos, bastaba con tener listos los muros, techos y tableros que haciendo de puertas y ventanas eran la casa, la vivienda. El agua se traía en botellones, los fogones se alimentaban con leña, la luz era como un pequeño fantasma que bailaba en las noches por culpa de las velas y los cuerpos de los moradores se aliviaban en letrina ajena o externa al hogar. Pero hoy no se concibe que a una familia, a un grupo de empleados o de maestros se le entregue un inmueble carente de instalaciones porque sencillamente éste sería inacabado, casi muerto, porque ya no imaginamos siquiera que no haya un grifo que al accionarlo nos expulse agua al instante; que al oprimir un pequeño dispositivo se encienda o se apague la luz; y lo más crítico para nosotros, que al tocar una manija o hundir un botón se vayan anónimos los desechos que tan humanamente producimos. En Medellín, se dice popularmente, hasta un tugurio tiene agua, luz y alcantarillado. En mis prácticas sociales que hiciera como estudiante pude comprobar que en muchas viviendas informales y precarias en efecto coexistían los servicios mencionados, no en todos, pero sí en muchos para lo que uno podía imaginarse. Por lo necesarios y casi indispensables que se nos hicieron los servicios públicos como componentes inherentes a cualquier inmueble, las instalaciones técnicas se me figuran como las venas de un cuerpo. El agua, la energía eléctrica y el gas ingresan a las edificaciones para recorrer las paredes sin que muchas veces nos percatemos de ese acto tan orgánico. Al mismo tiempo que una vez digerida tanta materia y energía se hace necesaria su evacuación, el alivio; el cuerpo trata, circula y dispone aquello que ya no le representa la gracia del alimento; así mismo es la casa, por ello como a las venas son las instalaciones, a los desechos y aguas servidas les es el sistema de alcantarillado. ¿No hay acaso una analogía reiterada en la vida sobre la tierra?: los organismos,

la vida y la muerte. Ya nos lo dijeron los hermanos Odum en los ochenta: las ciudades son súper-organismos vivos, y por eso hablaron de metabolismos urbanos, de inputs, procesos y outputs. Ya nos lo dijo James Lovelock con su teoría de GAIA: la tierra es un ser vivo, como un organismo que se enferma, que se alivia, resiliente. La casa es por tanto una réplica de ello a otra escala, más pequeña, pero inmensamente significativa, porque es como una célula que compone el cuerpo por millones, y por tal el impacto es multiplicable.

Las instalaciones

Así como en Casa Lili se optó por unas instalaciones expuestas, debido a que los bloques de suelo cemento eran macizos, en este proyecto la opción escogida fue diseñar e instalar las tuberías al interior de los muros, que no empotradas. Se optó por producir bloques con aligeramiento de forma cilíndrica, aprovechando luego este espacio para instalar las tuberías de agua potable y cableado eléctrico. La Cinva- Ram manual ofrece estas posibilidades de producir bloques macizos, aligerados, medios y biselados.



*Fotografía 22. Bloques de suelo cemento aligerados
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*

Esta manera de instalar las tuberías hace que no se generen escombros por la intervención de martillos y cinceles sobre los muros ya erigidos, lo importantes es invertir tiempo en el diseño de las instalaciones para hacer que su trazado y posterior ejecución esperen la puesta de las hiladas y no sean una ruta crítica en la programación de la obra. La pared sin necesidad de ser revocada o “acabada” bien puede presentar una superficie sin la mácula de cicatriz generada por una instalación martillada y cincelada, sin embargo, se hace imperativo que los plomeros y electricistas garanticen la estanqueidad y estabilidad de sus trabajos, pues en el caso de los abastos de agua, de darse una fuga posterior a la terminación del muro, implicaría el derribo de parte de este y con ello la necesidad estética de maquillar la superficie. Pero para eso están los buenos trabajadores, los maestros y ayudantes que impregnan sus oficios tanto de técnica como de arte; consagran su palabra, la precisión de sus ojos y la destreza de sus manos a la soldadura y al ensamble de las piezas termoplásticas y metálicas que durante decenios permitirán el paso de fluidos y corrientes con los cuales la casa parece estar completa, o por lo menos habitable.

La coordinación dimensional o modulación de los elementos

Al igual que en el caso de las instalaciones, en la concepción de los muros y pisos hay que invertir tiempo en la planeación para evitar el corte innecesario de piezas y con ello la generación de residuos, y con ello el costo que implica transportar y disponer estos escombros en sitios autorizados y técnicamente bien manejados. El arquitecto y el constructor deben prever las posibles juntas y ángulos críticos que según la disposición geométrica del elemento se generarán al momento de la instalación, lo que llevará a la implementación

de pequeñas áreas de piso que podrán ser construidas con materiales que complementen la superficie: terrazos, fajas de baldosas más pequeñas en otro color, etcétera. En cuanto a los muros ya es muy conocido, aunque igualmente muy olvidado, que simplemente se trata de distribuir la altura libre de piso a techo o a losa entre la altura de cada mampuesto y su pega en mortero. En el caso de los bloques de suelo cemento se tiene una altura de cada bloque de 9 cm, un ancho de 14 cm y un largo de 29 cm, efectivos, nominalmente se habla de 10 cm x 15 cm x 30 cm. Así que tanto la altura como el largo del muro pueden diseñarse desde estas medidas básicas para que no se presenten los famosos desperdicios, y para que la combinación de piezas enteras y medias piezas propicie el objetivo arquitectónico del entramado, de la traba del mampuesto, y la eficacia del recurso. A continuación mostraré varias fotografías en las cuales se podrán observar detalles de los que acabamos de hacer mención tanto en pisos como en muros.



Fotografía 23. Detalle de pieza entera y medias piezas en muros; y en el piso las fajas cerámicas que propician la utilización de la baldosa completa, sin necesidad de corte. (Fuente: Bedoya, C. 2014).



*Fotografías 24 y 25. Muros curvos empleando medias piezas producidas con la Cinva-Ram.
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*

Sistema constructivo mixto

En la casa de Isabel y Jorge el sistema constructivo predominante es el de la mampostería confinada con pórticos en concreto reforzado u hormigón armado, y en algunos espacios se combinó con el bahareque, contando obviamente con el diseño y cálculo estructural de un ingeniero civil. Aprovecho esta última frase para decir que una de nuestras opciones es la de ser atrevidos, arriesgados, pero en estos casos no es bueno ser temerarios, pues una cosa es experimentar con nuevos materiales e imaginarse y hasta inventarse otros sistemas constructivos posibles, y otra es implementarlos a escala real sin validarlos a la luz de la ciencia y la norma técnica existente. Y es que a diferencia de otros productos o materiales que si bien deben estar diseñados y confeccionados para que se desempeñen en óptimas condiciones, que permanezcan estables y no se degraden rápidamente, pero no tienen una

función estructural, los nuestros en el caso de los que serán destinados a soportar o a absorber las sollicitaciones internas y externas –muebles, habitantes, vientos, sismos– no solo están llamados a cumplir con las variables de tipo estético y económico, sino también con las de la durabilidad y resistencia. Por eso resalto que tanto en Casa Lili como en el Carmen de Viboral, donde Isabel y Jorge, se abordaron sendos proyectos con toda la rigurosidad del caso haciendo estudios geotécnicos, diseño arquitectónico y estructural hecho por profesionales matriculados y posgraduados en su área respectiva, ensayos de laboratorio a los materiales, entre otros aspectos. Al hacer esta aclaración recuerdo que en Barcelona, luego de dictar una conferencia para miembros del Colegio de Arquitectos de Cataluña, una de las asistentes se me acercó y me dijo que le había llamado la atención que yo hiciera énfasis justo en ese punto de los estudios técnicos y el pago a profesionales por los diferentes diseños, y claro, entendí que los contextos son distintos. En nuestro país la informalidad es el día a día, en Europa es difícil concebir que un proyecto, desde una vivienda sencilla, no contemple el estudio técnico mínimo requerido para su aprobación y posterior ejecución. Esa era la primera vez que dictaba esa charla fuera de Colombia, así que en próximas sesiones hice el mismo énfasis en los juiciosos ejercicios de estos proyectos, pero haciendo la aclaración del contexto, por lo que esa explicación que yo hiciera en Cataluña y causara sorpresa, pudo luego surtir el efecto que se esperaba, que era el de transmitir con estos ejemplos que sí es posible integrar el acervo técnico-científico de las profesiones con la implementación de los proyectos constructivos de vivienda a ese nivel de la clase media que con esfuerzo, no debe escatimar al momento de hacer precisamente la mayor inversión de un ciudadano promedio en la vida: la vivienda, la casa... el hogar.



Fotografía 26. Parte inferior en muro porticado y superior en bahareque. (Fuente: Bedoya, C. 2014).

La iluminación y el abastecimiento de agua

Aunque en el departamento de Antioquia han mejorado las condiciones en la prestación de los servicios públicos de agua y energía eléctrica, todavía se siente una diferencia entre los municipios que conforman el área metropolitana del valle de Aburrá y las demás poblaciones, entre ellas el Carmen de Viboral, donde a veces puede suspenderse el fluido eléctrico y permanecer sin éste por espacio de varias horas. En cuanto al agua, cabe anotar, que en esta zona del oriente antioqueño donde se ubica la casa llueve con regularidad, suficiente para hacer viable un sistema de reutilización de aguas lluvia para llevar a cabo los procesos que, en su mayoría, no requieren del uso de agua potabilizada: vaciar inodoros, trapear, lavar la ropa, regar las plantas del jardín interno, entre muchas otras cosas. Sin embargo, en nuestras ciudades y poblaciones urbanas

construimos las edificaciones y diseñamos las instalaciones hidrosanitarias para que en un cien por ciento se abastezcan de aguas tratadas por medio de un sistema de acueductos basado en un flujo lineal, costoso, en el que da pena observar cómo gran parte de los fondos de los ciudadanos y usuarios se va en la descarga de seis litros, en el mejor de los casos, o hasta de 14 litros de agua potabilizada para empujar excretas y orines que luego mediante el alcantarillado se combinarán con miles de litros más, multiplicando así su efecto contaminador (no hay nada de catastrófico en estas palabras, es la realidad de un sistema que en más de 2 000 años no ha cambiado mucho). Aunque hoy se está construyendo la segunda planta de tratamiento de aguas residuales en nuestra región metropolitana, sigue siendo este un mecanismo muy costoso para la colectividad, pudiéndose haber empleado previamente otros sistemas más sectorizados, que requieren de menor infraestructura y mantenimiento, un ejemplo de ello son los humedales construidos o artificiales, que permiten direccionar las aguas residuales de un barrio hacia un estanque en el cual mediante un sistema radicular que absorbe y metaboliza el componente orgánico, hace una limpieza del fluido y contribuye al crecimiento de plantas ornamentales que pueden constituirse en paisaje. Al respecto hay importantes experiencias que ya funcionan en Colombia, una de ellas ubicada precisamente en Rionegro, Antioquia, en donde las aguas residuales de una importante industria son tratadas mediante esta estrategia con resultados positivos para el ecosistema y la estética del paisaje. Además son viables económicamente.

En esta casa del Carmen de Viboral se instaló un sistema de recolección de las aguas lluvia y un mecanismo de tratamiento de aguas residuales autónomo, no conectado a una

red de tuberías comunitarias, sino ubicado en el entorno de la construcción, evitando así la mezcla de estos fluidos con aguas limpias de afluentes cercanos o su transporte costoso hacia una disposición controlada. En otros términos, yo prefiero decir que al hacer un tratamiento *in situ* de sus propias aguas residuales, se está llevando a cabo un uso responsable del agua, por eso pienso que si en vez de haber resuelto la evacuación de los servicios sanitarios tal como lo hacemos hoy, vaciando un inodoro (una vez que estos aparatos ingresaron al interior de las edificaciones), nos correspondiera ocuparnos por la disposición inocua de éstos sin externalizar los efectos de sus componentes, a lo mejor hubiéramos encontrado otra u otras maneras de resolver ese alivio ineludible del ser fisiológico apelando a la complejidad de una estrategia más que resiliente, con capacidad de adaptación biológica. El sistema sencillo de pozo séptico permite que se mantenga la comodidad de vaciar el inodoro al mismo tiempo que se establece un acto responsable con la comunidad y con el ecosistema, pues si bien las aguas servidas son expulsadas de la edificación con auténtica higiene, luego son dispuestas para su tratamiento en sus inmediaciones sin causar contaminación de escorrentías o aguas profundas a causa de la percolación. Estos sistemas son susceptibles de mantenimiento periódico, que no tiene complicaciones y para lo que ya existen sencillas maneras de realizarlo. Otras opciones que comienzan a tener visibilidad, por lo menos interesados seriamente en implementarlos, son los baños secos que a diferencia de otros tiempos, ya están contruidos en materiales y diseños modernos que estéticamente presentan una mayor aceptación por parte de las personas, aunque en este caso de los sanitarios secos entra a manejarse o mejor, a presentarse una situación prejuiciosa del tipo cultural, y volvemos a ese importante asunto del contexto

y la historia, pero que hay que abordar sin fundamentalismos ni facilismos, reto harto serio para todos nosotros.

En cuanto al agua de las lluvias se dispusieron dos tanques plásticos reutilizados cada uno con capacidad de almacenar 1 000 litros; se canalizaron dos áreas de techo para poder concentrar o densificar el flujo de agua y por medio de dos tubos se condujeron hasta los tanques y de ahí hacia los equipos y aparatos sanitarios de la construcción. Estas aguas provenientes de las precipitaciones deben ser previamente filtradas a su ingreso en los aparatos y dispositivos, para remover el material particulado que suspendido en el aire es arrastrado en su caída conjunta con el agua. Aún así es fácil y económicamente viable el reúso de las aguas lluvias, en cualquier tipo de proyecto, dependiendo, obviamente, de la intensidad y regularidad de las precipitaciones que se den en el lugar del emplazamiento.



*Fotografía 27. Canoa y tubos de recolección de aguas lluvia
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*



*Fotografía 28. Tuberías internas de abastos: aguas lluvia y acueducto.
(Fuente: Bedoya, C. 2014).*

En la fotografía 27, en la parte inferior, se puede ver una bombilla, esta es de tipo LED, y fue la estrategia de iluminación escogida para toda la casa, dado su poco consumo y su vida útil haciendo que la inversión inicial, según una básica Tasa Interna de Retorno (TIR), fuera atractiva. La fuente de abastecimiento para las bombillas fue un panel fotovoltaico, y que considero una decisión acertada, pues aunque se critique mucho que estos paneles no brindan una autonomía suficiente, esto se debe a que hay que entender cuál es el potencial de estas tecnologías y cuál es su presente, así que instalar electrodomésticos como una nevera a un panel fotovoltaico puede no ser tan eficiente en energía y en costos, ya que en países de economías con bajos ingresos para la mayoría de la población representan una inversión muy alta, poco atractiva para su implementación.

Dejar que todo el potencial y eficiencia del panel fotovoltaico estuviera dedicado a la iluminación de bajo consumo más que una frustración, se convierte en un acierto, especialmente en esas horas cuando la vereda se queda sin fluido eléctrico y la casa de Isabel y Jorge parece un lucero en medio de la oscuridad del monte y de una noche sin luna.



*Fotografías 29 y 30. Gabinete técnico de control;
convertidor de energía y baterías de almacenamiento.*

(Fuente: Bedoya, C. 2014).

¿Cuánto costó construir entonces esta casa tan grande y tan bonita?, me preguntan los estudiantes una vez que muestro en clase esta obra hecha por quienes, hace muy pocos años, estaban sentados en las mismas aulas en las que ellos hacen esta pregunta. Les respondo:

—Lo que ha debido costar, ni un peso más ni un peso menos. Pero eso sí, muchachos, en cuanto al valor... ¿Cuánto cuesta un ruiseñor?



Fotografía 31. Casa de Isabel y Jorge.

(Fuente: Bedoya, C. 2014).

II.3.3. Sobre este capítulo

Esperamos que después de haber leído este capítulo el suelo residual se presente ya en el imaginario de las distintas personas como una materia prima de verdadero potencial para la construcción de edificaciones. Y como los ejemplos aquí consignados dan fe de edificaciones de uno y dos pisos o niveles de altura, podrá preguntarse alguien ¿puede emplearse el bloque de suelo cemento, el bahareque o la tapia en edificios de mayor altura? La respuesta es sí, sin ningún temor, pero obvio, haciendo la aclaración de que esta pregunta, que suelen hacernos luego de una clase o de una conferencia, es muy abierta y debe aterrizar con la explicación. En caso de tener disponible mucho suelo residual en el lugar de la construcción, y que ésta sea de, por ejemplo, cinco o más pisos de altura, sería lamentable perderse de emplear ese “residuo”

como nuevo material, cuando es totalmente viable hacerlo. Pero, ¿y la sismo resistencia? Allá vamos, tomémonos unas cuantas líneas más para aclarar este asunto. La concepción de un edificio de cinco o más niveles de altura en tierra es casi que impensable para la mayoría de la comunidad, y aún para algunos profesionales de la construcción y la arquitectura, sin embargo no se habla de emplear el suelo como material de construcción para una estructura –vigas, columnas y losas–, sino de emplear un sistema constructivo basado en pórticos de concreto reforzado u hormigón armado y un cerramiento vertical en mampuestos de suelo cemento. Para este efecto en Bogotá, el colega Darío Angulo, ya ha producido BSC para ser empleados en edificaciones de más de cinco pisos de altura, que luego de cuatro años están en condiciones ideales de estabilidad estética y técnica.

Algo que me gusta mucho del paso del tiempo es que nos brinda la capacidad de aprender y de madurar sobre lo que hacemos, pudiendo así cualificarlo. Por eso se han escogido entre los distintos ejercicios de construcción sostenible con tierra las de Casa Lili (Juan David y Liliana) y el Carmen de Viboral (Isabel y Jorge), porque justo en estas dos construcciones se nos presenta la experiencia del aprendizaje, de la colaboración y la reciprocidad. Cuando Casa Lili estuvo habitable fue una alegría inmensa para muchas personas, no solo para sus dueños y vivientes, lo fue también para mi familia y mis colegas porque veíamos en esa casa algo más que un diseño agradable con buenos y bonitos materiales, allí convergían los deseos de atreverse a rescatar técnicas ancestrales que habían demostrado ser eficaces a lo largo de los años, pero que habían sido abandonadas e invisibilizadas, especialmente desde la concepción de una arquitectura

moderna y urbana; también convergieron las ganas de atreverse a contextualizar o re-significar el suelo como material digno desde la estética y seguro desde la sismo resistencia, logrando una combinación, en un mismo sistema constructivo, de un material tan milenario como la tierra con uno tan moderno como el concreto basado en el cemento hidráulico. Tal como ya se dijo, Casa Lili es un laboratorio a escala real y, así mismo, un ejercicio pedagógico-didáctico para el gremio profesional de la construcción y la academia. Con una intención clara de hacer un ejercicio de construcción reflexivo con el entorno y de generar un impacto cada vez menor sobre los ecosistemas durante la vida útil del inmueble, se obtuvo luego un reconocimiento de distintos estamentos tanto a nivel nacional como internacional, muestra de ello es que luego de que comenzáramos a socializar esta experiencia en nuestras clases universitarias y tertulias, se dejaron venir invitaciones a publicarla y a exponerla en congresos y seminarios en Cali, Bogotá, inicialmente, para luego visibilizarla en Brasil, Portugal, Cuba, Austria y España.

En una de esas socializaciones fue que Isabel y Jorge conocieron que había una forma de construir distinta al “mono-materialismo” del concreto-acero-ladrillo; sin fundamentalismos ni descalificaciones innecesarias sobre estos o aquellos materiales, sino procurando entender la potencialidad de las distintas materias primas en función de su disponibilidad y aporte al cumplimiento de los objetivos de los componentes del sistema constructivo. En el Carmen de Viboral se tuvo la referencia de los aciertos y errores que se vivieron en Casa Lili, pero luego de seis años de ponerla a punto, Isabel y Jorge no vieron en ello limitaciones sino posibilidades de atreverse a implementar un proyecto más maduro. Hoy la casa Correa-Moreno (Isabel y Jorge) le

devuelve a la comunidad y a la academia los resultados de un aprendizaje que vestido de sana humildad reconoció en otra las bondades que tiene el descubrir nuevas relaciones entre materiales ya existentes, y también de tecnologías de avanzada que no hacen que la edificación parezca sostenible, sino que lo sea, en la medida en que aportan verdaderamente a minimizar el impacto de la construcción sobre la zona del emplazamiento.

Como podrá haber observado el lector, este capítulo versa casi que exclusivamente sobre el suelo cemento, y muy poco se habló del bahareque, y nada de la tapia, sin embargo esto tiene una explicación: es bueno hablar de lo que se conoce y se ha trabajado, y en mi caso, si bien me dedico al tema en general de la construcción de alto desempeño ambiental, en cuanto a la construcción con tierra he dedicado más tiempo a este sistema constructivo de muros y pórticos basado en el uso de los bloques de suelo cemento; a nivel urbano y rural su implementación se nos ha presentado asequible económica y técnicamente. Por ello hago la invitación a mis colegas que han desarrollado importantes obras en bahareque y tapia para que socialicen esas experiencias e inviten al diálogo de saberes y experiencias, con sus conocimientos y argumentos sin duda enriquecerán este ejercicio edilicio comprometido con una sostenibilidad ecológica pertinente en el contexto técnico y económico que nos rodea.

Capítulo III

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD); el caso de los escombros como material de óptimo desempeño

La construcción de edificios y de obras para infraestructura es una actividad que, aunque moviliza diversos sectores de la economía, involucra un importante gasto energético y un dramático consumo de materias primas. La mayoría de estas materias primas obedecen a recursos no renovables o de una muy lenta generación en la escala de tiempo del ser humano, además en el proceso de ejecución o en la materialización del proyecto se generan residuos que aunque generalmente se conocen como escombros, en realidad deben llamarse Residuos de Construcción y Demolición –RCD–. Éstos han sido tomados tradicionalmente como un problema que acarrea consigo costos de transporte y disposición final, sin embargo, esta mirada ha ido evolucionando y son cada vez más las iniciativas, a escala real, encaminadas a la valorización de este tipo de residuos como materiales de construcción que cumplan con dos parámetros básicos: óptimo desempeño técnico y costo asequible.

En general los mismos profesionales de la actividad constructora se preguntan acerca de la resistencia y durabilidad

de un material confeccionado con escombros. ¿Soporta cargas?, ¿resiste sismos?, ¿es durable en el tiempo?, etcétera. Interrogantes válidos y coherentes dado el tratamiento lineal que históricamente se le ha dado al escombro y a otros residuos en las obras, y tal vez sea el objetivo de este aparte del libro ilustrar sobre las potencialidades y características de los materiales reciclados y de bajo impacto ambiental, conocidos también como ecomateriales.

Los escombros de concreto y ladrillo son en general muy comunes en las áreas urbanas colombianas y, si no se mezclan con otros materiales como la madera, orgánicos, entre otros, son aptos para ser reciclados o reutilizados, dada su condición de materiales inertes y su dureza. Así que la disposición final controlada ya no es más la mejor opción para el constructor, puesto que los RCD se pueden valorizar como nuevos materiales para la construcción, pues por medio de un proceso que incluye selección, trituración y clasificación, se obtienen agregados para morteros y concretos, bases para andenes y pisos, por citar algunos. Al igual que los materiales normales de cantera, a estos productos reciclados se les aplican los mismos ensayos técnicos para determinar sus características físico mecánicas, obteniendo datos que permiten su correcto empleo como elementos estructurales o no estructurales.

Colombia es un país que tiene una rigurosa norma para lograr edificios sismoresistentes, y en ese sentido tanto los sistemas constructivos como los materiales deben cumplir con unos mínimos requisitos de desempeño ante movimientos telúricos. Y es en este punto donde es pertinente aclarar que la sismoresistencia de una construcción no depende únicamente de los materiales –como generalmente se cree,

especialmente en el sector de la construcción informal–, sino que ésta se logra con una relación entre el sistema estructural y la calidad de los materiales empleados. De nada sirve tener los materiales de mejor resistencia si el sistema estructural es débil; la combinación correcta es aquella que emplea materiales de óptimo desempeño ajustados a un sistema estructural normalizado y a un proceso de ejecución idóneo. Con los ecomateriales se pueden conseguir mezclas de concreto que alcancen resistencias exigidas por las normas técnicas vigentes en Colombia y en el mundo, así como prefabricados y acabados (revestimientos). Un ejemplo: es factible obtener concretos u hormigones con una resistencia al esfuerzo de la compresión de 21,00 MPa y más, siendo este valor el más común en concretos estructurales para edificaciones del tipo residencial y comercial.

Otro prejuicio que rodea a los ecomateriales es el de sus costos, pues se da como un hecho que al tener que separar en la fuente y transformar los RCD para clasificarlos posteriormente, su precio será más alto que el de un material natural o convencional, pero en realidad esto requiere de un análisis más complejo. El escombros que genera un constructor o demolidor debe ser transportado hasta una escombrera para su disposición final controlada, pagando un costo de vertimiento o de descargue. Si este mismo escombros es separado en la obra, puede ser gestionado con una planta recicladora urbana, en la cual no tendrá que pagar por el descargue, además estas plantas generalmente están ubicadas cerca a los centros urbanos o incluso dentro de ellos, por lo cual el costo de transporte es menor. Quien recibe el escombros está evitándose el flete de sus materias primas, por lo cual el costo del metro cúbico de

agregado reciclado entra a ser competitivo con el obtenido de canteras, haciendo sin duda un aporte al ambiente al no degradar zonas “escarbando” terrenos naturales y evitando que muchas toneladas de residuos lleguen a zonas urbanas no aptas para la disposición de RCD o incluso a las mismas escombreras, lo cual nos afecta a todos a largo plazo.

Los productos para la construcción confeccionados a partir de la valorización de residuos son cada vez más aceptados a nivel internacional, demostrando su estabilidad en el tiempo y su resistencia inicial para obras de pequeña, mediana y gran magnitud. En Colombia también su auge crece, siendo Medellín, Cali y Bogotá ciudades muy avanzadas en este aspecto, pues además de investigaciones de alto nivel científico, cuentan con empresas que confeccionan y comercializan prefabricados, adiciones y mezclas para obras de construcción y de infraestructura que son económicamente viables en el mercado de los insumos y servicios de la construcción. Ahora para algunas empresas constructoras de la ciudad, el término residuo comienza a ser desplazado en su léxico por el de ecomaterial, y aunque no ha sido fácil llegar a este estado de conciencia y validación científica en nuestro medio académico y profesional, es satisfactorio decir que sí hay alternativas para hacer de nuestro territorio un medio ambiente construido reflexivo con el ambiente.

III.1. El Concreto con Agregados Reciclados (CAR): de la alternativa a la primera opción

En este apartado del libro haremos referencia al Concreto con Agregados Reciclados (CAR) y a la Gestión Integral de

Proyectos (GIP) desde sus apariciones respectivas en los contextos económicos y sociales, observándose la madurez de ambos a lo largo de la segunda mitad del siglo pasado hasta verse hoy en día inmiscuidos en un asunto tan importante para las naciones a nivel mundial como la política pública, concepto este que desde la década del sesenta fue introducido desde Estados Unidos en el quehacer político y la gestión pública como una manera, o mejor, como una herramienta asertiva para corregir el desacierto de la democracia representativa en occidente (Roth, A.; 2002). En tal sentido se parte de identificar y reconocer experiencias que en distintos contextos intentan dar respuesta a dos problemas tan sentidos como la escasez creciente de materias primas para la confección de concreto y la generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en cantidades dramáticas (Bedoya, C.; 2007). Entre estas experiencias se encuentra la que se viene desarrollando en la reciente década en la región metropolitana de la ciudad de Medellín, sitio en el cual se concentra el objeto de esta reflexión académica.

III.1.1 El concreto con agregados reciclados y su evolución

La confección del concreto con agregados reciclados se remonta especialmente al periodo de la segunda posguerra mundial, momento en el cual países como Alemania, Austria e Inglaterra, principalmente, quedan con gran parte de sus ciudades principales convertidas en ruinas, debido a los bombardeos y asaltos que en esos lugares tuvieron lugar (Paz, F.; 2008). Gran parte de estos escombros se componían de mezclas de concreto endurecido que, al quedar seccionados

y explotados, dejaban ver en su estructura superficial un gran contenido de agregados gruesos que tal vez llamó la atención de los investigadores y constructores, en el sentido de que podría ser factible incorporarlos como agregado en una nueva mezcla de concreto (Yannas, F.; 1981). Este material de construcción, al estar compuesto en mayor porcentaje por agregados, entre un 75 % y 85 % (Farbiarz, J.; 2001), propició la posibilidad de recuperar dichos materiales pétreos y no disponerlos en vertederos o escombreras, y al mismo tiempo subsanar la carencia de agregados en esas zonas, con los transportes y costos que esto supondría para la recuperación de estas economías y urbes europeas. Sin embargo, una vez fueron agotados estos escombros, dicha práctica se abandonó y se volvió a la manera convencional de explotación de agregados naturales no renovables.



Fotografías 32 y 33 (página siguiente). Ruinas en Normandía; posguerra de la Segunda Guerra Mundial. Fuente: Frank ScherschelTime and Life Pictures; Tomado de Internet el 10-12-2013.



Fotografía 33



Fotografías 34 y 35 (página siguiente). Escombros en Berlín al final de la Segunda Guerra Mundial. “Las Trümmerfrauen o las mujeres de los escombros”. Fuente: <http://normajeanmagazine.com/2012/04/las-mujeres-de-los-escombros/>



Fotografía 35

III.1.2 El concreto con agregados reciclados en el mundo

El CAR en Norteamérica

Como bien se ha dicho, la práctica de elaborar concretos con agregados provenientes del reciclaje de escombros tuvo su entusiasmo y pertinencia luego de la Segunda Guerra Mundial, pero una vez agotados dichos residuos se volvió a la manera poco reflexiva de producir concreto. Sin embargo, en la década de los setenta se vuelve a la investigación sobre la caracterización de los agregados reciclados por dos asuntos esenciales: la escasez de canteras y la presión ambiental por la explotación de materias primas no renovables, que desde la década de los sesenta ya venía adquiriendo fuerza en el contexto mundial (Odum, E.; 1981). Las investigaciones de Buck, A. (1977) y Nixon, P. J. (1978) son tomadas como referentes por la literatura científica a nivel mundial; también se destacan

las experiencias que en este sentido desarrollaron Malhotra V. en Canadá por la misma época, y Yannas F. en Estados Unidos. En todos los casos se concluye que es factible técnica y económicamente confeccionar concretos sustituyendo los agregados naturales, por aquellos obtenidos del reciclaje de escombros. Tanto las resistencias al esfuerzo de la compresión como al de la flexión fueron satisfactorios en los concretos reciclados, encontrándose inclusive un mejor desempeño en cuanto a esta última característica en los concretos con incorporación de agregados reciclados. La característica más representativa del CAR con respecto al concreto convencional es la absorción de agua, siendo mayor en el primero, con diferencias que se duplican inclusive. Esto hace que se requiera una mayor cantidad de agua para la confección de la mezcla, aunque aquí no se habla de cantidades dramáticas, pues el agua requerida por absorción de los agregados es mucho menor que la demandada por la relación agua/cemento que es la indispensable para que se dé la hidratación del cemento Portland. Lo que sí es importante tener presente cuando se habla de altos porcentajes de absorción por parte de los agregados reciclados, es la durabilidad del concreto endurecido, pues una cantidad alta de agua al momento del mezclado significa una evaporación de ésta y por consiguiente la generación de poros y capilaridades que luego podrán ser recorridos por los agentes atmosféricos que degradan la estructura interna del concreto, como la carbonatación, la sulfatación, etc. Podría decirse que estos investigadores y autores abrieron el camino para validar una línea de estudio respetable por parte de la comunidad científica a nivel norteamericano y mundial.

En la actualidad en estos países se transforman los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en materiales de construcción de óptimo desempeño, tales como bases granulares para pavimentos y agregados para concretos tanto

estructurales como no estructurales. Tal como lo evidencian publicaciones más recientes, como la de los investigadores Robinson G., Menzie, D. y Hyun, H., titulada *Recycling of construction debris as aggregate in the Mid-Atlantic Region, USA (2004)*, en la cual los autores muestran un interesante análisis sobre las bondades económicas de asumir prácticas de producción de mezclas asfálticas y de concreto empleando la tecnología del reciclaje de escombros en esta región estadounidense. Según los investigadores citados, el haber implementado plantas de reciclaje que reciben RCD a bajo costo, en comparación con los vertederos tradicionales, incentivó a que la comunidad y las empresas constructoras condujeran sus escombros a las plantas para valorizarlos como nuevos agregados, haciendo que económicamente se diera su viabilidad, pues los costos del agregado reciclado son menores que los del agregado natural. También se hace claridad en cuanto a que ha evolucionado esta práctica del reciclaje de RCD, pues no necesariamente el constructor o generador del escombros debe llevarlo a la planta, ya que se utilizan al mismo tiempo plantas móviles que se desplazan hasta el punto generador y puede procesar allí los escombros convirtiéndolos *in situ* en una materia prima óptima para ser introducida en un nuevo ciclo de producción.

Otro referente al respecto es el de Meyer, C., de Columbia University, en cuyo trabajo *The greening of the concrete industry (2009)*, llama la atención de nuevo sobre la relevancia que tiene para el ambiente la creciente utilización de materiales sustitutos del cemento Portland y de los agregados, obtenidos mediante el reciclaje de residuos industriales como las cenizas volantes (Fly ash), escorias de alto horno y escombros de concreto descartados. En el punto específico de los agregados,

reitera la bondad de reciclar RCD para producir agregados, disminuyendo así la presión ejercida sobre las canteras de materiales vírgenes, reconociendo que estos sustitutos ecológicos presentan un adecuado comportamiento físico-mecánico en las mezclas de concreto.

Malhotra desde los setenta ha sido un referente a nivel mundial en las teorías del concreto; este profesor australiano radicado en Canadá, fue uno de los primeros en publicar sobre las posibilidades que el concreto con agregados reciclados ofrecía para la industria de la construcción de cara al crecimiento demográfico y, debido a ello, a la creciente demanda de materias primas para la confección de un producto que es después del agua, el más consumido en el mundo (Sakai, K.; 2010). En la actualidad se continúa desarrollando una importante labor investigativa en ese país norteamericano, encaminadas a mejorar el desempeño de los CAR para hacerlos caso que idénticos a los concretos convencionales que utilizan agregados naturales no renovables. Por ejemplo, el trabajo de los profesores Isgor, O. y Fournier, B., de las Universidades de Mc Master y Laval respectivamente, titulado *New mixture proportioning method for concrete made with coarse recycled concrete aggregate (2009)*, plantea un nuevo método para el diseño de mezclas de concreto reciclado, conocido como “volumen de mortero equivalente”, mediante el cual pueden sustituir el agregado natural en una mezcla por el obtenido del machaqueo de concreto descartado como escombros, encontrando que características como el asentamiento, densidad, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, se pueden predecir y proyectar con igual certeza que un concreto convencional.

Tienen en común estos dos países que las investigaciones recientes se concentran más en cualificar el comportamiento físico, mecánico y químico del CAR, pues es ya un hecho cotidiano la valorización de RCD como nuevos agregados por parte de plantas recicladoras, tanto fijas como móviles, que incentivan una gestión integral del escombro por parte de los generadores, advirtiendo que la presencia del Estado se hace fundamental para garantizar que dichas prácticas sean sostenibles, entre otras, implementando políticas públicas o incentivos tributarios iniciales. En Estados Unidos, por ejemplo, el American Concrete Institute (ACI) contempla en su acervo de publicaciones, la emitida por el *Comité 555 ACI*, en la cual se valida el uso de agregados reciclados y además se clasifican en cuatro categorías según su origen y composición. Estas categorías, en resumen, muestran la aceptación que por parte del ACI tienen los RCD provenientes de demoliciones de estructuras de concreto, mampostería y cerámicos, lo que ha motivado importantes investigaciones y aplicaciones en pro de cualificar las características de desempeño estructural y durabilidad del concreto reciclado en distintas ciudades de este vasto país, así como de hacerlo un hecho habitual para constructores y agentes inmobiliarios.

El CAR en México

En la década anterior se implementó en el Distrito Federal una planta a gran escala de transformación de RCD en material para construcción (2004), sin embargo, aún no ofertan sus agregados reciclados como posibles componentes de un concreto, pues los recomiendan para usos de bajo compromiso estructural, entre ellos se encuentran rellenos en jardines, terraplenes y estabilización de suelos. Esta planta procesa

en la actualidad un promedio de 2 000 toneladas diarias de RCD provenientes del D.F., lo que representa el 31 % del total generado en esta región metropolitana según se afirma en su página web institucional, siendo tal vez la más grande en tamaño de Latinoamérica, pero, como se observó al inicio de este párrafo, llama la atención que no se produzcan ni oferten agregados reciclados para la confección de concretos. Aunque este fenómeno suele darse en la mayoría de países de economías emergentes, dado que sus recursos naturales no renovables, como es el caso de las materias primas pétreas, son abundantes en la corteza terrestre, haciéndolos muy baratos y desincentivando el reciclaje a gran escala y más aún a mediana y pequeña escala.



*Fotografías 36 y 37. Planta Concretos Reciclados, México D.F.
Fuente: tomado de <http://concretosreciclados.com.mx/es/quienes.php>*

Contrario a lo que se puede inferir, en relación con el párrafo anterior, sí se cuenta en México con soportes científicos y técnicos para pensar que es posible la confección de concretos utilizando agregados reciclados obtenidos de las plantas de reciclaje que cuentan con una tecnología moderna de trituración y clasificación de arenas y gravas. En tal

sentido, los investigadores Martínez, I. y Mendoza, C. en su trabajo *Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados (2006)*, encuentran que las características del concreto confeccionado con agregados reciclados en cuanto a asentamiento y resistencia a la compresión fueron similares a las del concreto elaborado con agregados naturales. En sus conclusiones se encuentra lo siguiente: “*El reciclaje de concreto para fabricar agregado grueso y sustituir al natural es una práctica que debe empezar a realizarse a la brevedad posible, ya que la disponibilidad de bancos de materiales pétreos es cada día más escasa*”. Y obviamente se suma a esta preocupación desde el punto de vista de la escasez del recurso pétreo, los resultados positivos alcanzados por los investigadores en su trabajo, en el cual obtuvieron resistencias a la compresión de los CAR, a 28 días, similares a las alcanzadas por los concretos convencionales, en un porcentaje promedio del 96 %, aclarando que solo se sustituyó el agregado grueso.

Un trabajo muy reciente en la Universidad Autónoma de Querétaro, del ingeniero Juan José Estrada, titulado *Comparativa del comportamiento del cortante de vigas de concreto con agregado normal, agregado reciclado y con adición de humo de sílice (2013)*, evidencia la madurez adquirida por la academia mexicana en cuanto al tema del CAR, pues en dicho trabajo no solo se muestran resultados bastante positivos de comportamiento físico-mecánico del CAR en vigas reforzadas, sino que además se sugieren futuras líneas de investigación como durabilidad del concreto reciclado y propiedades mecánicas del CAR con cementante geopolimérico, temas que se constituyen actualmente en la punta del conocimiento en la nueva tecnología el concreto. Cabe destacar que en esta investigación se aborda el tópico de las adiciones cementantes generalmente obtenidas mediante la valorización de residuos industriales que, de no ser por su uso

en la confección de materiales de construcción, representarían un incómodo pasivo ambiental para las comunidades (Salazar, A.; 2013).

Un avance muy importante en el Distrito Federal fue la expedición en el año 2006 de la norma ambiental NADF-007 RNAT-2004, por medio de la cual se estableció la clasificación y especificaciones de manejo de los RCD en el D.F. Además, propuso la incorporación de un 25 % de materiales reciclados en reemplazo de materiales vírgenes para diferentes tipos de obra, dejando abierta la posibilidad de modificar dicho porcentaje en caso de tener estudios que lo comprueben. Los investigadores Rivera, C. y Gutiérrez, C., en su trabajo titulado *Análisis del impacto ambiental por la inadecuada disposición de residuos de construcción y demolición en el valle de México y propuestas de solución (2008)*, plantean que es necesario desarrollar estudios sobre el impacto ambiental que genera la inadecuada gestión de los RCD y también acerca de las posibilidades de reciclar este tipo de residuos para la producción de agregados reciclados, con el objeto de contribuir a la aplicación de la norma citada.

El CAR en Suramérica

Desde Colombia hasta Argentina se pueden encontrar trabajos de investigación y de aplicación industrial en cuanto a la producción de concreto con agregados reciclados, destacándose el papel que juega Brasil en este sentido, especialmente en la ciudad de San Pablo, en la cual se cuenta con un interesante programa de política pública de reciclaje y valorización de RCD. En el año 2004 se expidieron cinco normas técnicas sobre residuos de construcción civil (RCC), y posteriormente, en el año 2007, la Ley Nacional de Saneamiento Básico, dándose así una modernización de la legislación nacional brasilera en

cuanto a la gestión de residuos. Aunque es en el 2010 que se llega a la Política Nacional de Residuos Sólidos, entre los cuales se contemplan los residuos de construcción civil (De Paula, T.; 2011; 2013). En la actualidad, es de resaltar la manera como se construyeron parte de los escenarios deportivos para el Mundial de Fútbol de 2014 y de los Juegos Olímpicos de 2016 mediante el aprovechamiento de los RCC.



*Fotografías 38 y 39. RCC y planta recicladora en Brasil
(Fuente: De Paula, T.; 2011)*



*Fotografías 40 y 41. Mejoramiento de vías con agregados reciclados y panorámica del estadio Fonte Nova, en Salvador; Brasil.
(Fuente: De Paula, T.; 2011)*

En Argentina también se ha tratado el tema de los concretos con agregados reciclados, y se encuentran trabajos de intervención de un significativo impacto, como es el caso de la reconstrucción del aeroparque Jorge Newbery, en el área metropolitana de Buenos Aires, considerado uno de los más modernos de Suramérica. Allí se llevó a cabo una experiencia de reciclaje del concreto demolido para ser valorizado como nuevo agregado en concretos para la misma obra. La pista anterior estaba construida en concreto, por lo que se evaluaron sus características físico-mecánicas y se encontró que cumplía con los requisitos para ser empleado nuevamente en una mezcla de concreto, satisfaciendo la norma IRAM 1551, aplicable en la República argentina. Entre algunos datos relevantes se tiene que:

- Fueron demolidos 30 000 m² de concreto, y,
- Se obtuvieron alrededor de 28 800 toneladas de material pétreo.



*Fotografía 42. Pista del aeroparque Jorge Newbery, Argentina.
(Fuente: www.lagaceta.com.ar; tomado de Internet el 25 de mayo de 2015)*

Este trabajo fue presentado en el marco del Foro Internacional del Concreto 2012, celebrado en México. Dicha experiencia aplicada a gran escala fue implementada por la empresa Loma Negra, y es testimonio de que es factible emplear agregados reciclados en concretos de solicitaciones estructurales. El ahorro del concreto reciclado con respecto al convencional es de 5 USD/m³, lo que muestra no solo su factibilidad técnica y ambiental, sino también sus posibilidades económicas de competir en el medio (Domínguez, J.; 2012).

En Venezuela, Chile, Ecuador y Colombia también se está trabajando este tema de creciente preocupación económica y científica, pero se ahondará en próximos párrafos en el caso colombiano, y, específicamente, en el concerniente a Medellín, por ser el contexto del objeto de estudio del presente trabajo.

El CAR en Europa

Algunos de los países europeos son referentes mundiales en cuanto a la transformación de RCD en agregados reciclados para nuevos concretos. En la bibliografía científica se destacan países como Suiza, Bélgica, Alemania y Holanda, que han logrado llegar a tasas de reciclaje que van del 60 % al 90 % de sus RCD generados. En países como España en cambio, dichos porcentajes se sitúan en un 10 % actualmente, y a pesar de que existen normas bastante completas al respecto, llevar a cabo la práctica de demoler estructuras y luego reciclarlas es un asunto complicado, en parte, por el prejuicio que hay alrededor de la pérdida de ciertas características físico-mecánicas de los agregados reciclados, y en parte también porque no hay una articulación decidida entre el estamento público y los desarrolladores de proyectos de infraestructura y vivienda,

tal como quedó claro en una entrevista concedida al autor del presente trabajo por parte del profesor ingeniero Alberto Domingo en 2010, en las instalaciones de CMD Ingenieros en Valencia, España.

Para efectos de resumir este apartado, sin sacrificar por ello su comprensión por parte de los Pares Académicos, se muestran a continuación dos experiencias importantes en el contexto europeo; una a escala industrial bastante consolidada en Suiza, y otra en España que obedeció más a un esfuerzo del constructor, asumiendo éste una posición de Gestor Integral del Proyecto a la usanza moderna de este concepto (Serer, M.; 2006).

En Suiza

Este es un caso importante para referenciar en este trabajo, dado que convergen la investigación científica, la actividad económica productiva y la voluntad política. El Instituto Federal Suizo para Ciencia de Materiales y Tecnología, EMPA, por su sigla en alemán, ha liderado la investigación científica de alto nivel en cuanto a la confección de concreto con agregados reciclados, demostrando sus posibilidades en cuanto a resistencia a compresión, durabilidad y costo (Leeman, A.; 2009). Con anterioridad se había realizado un estudio acerca de la valorización de materiales secundarios en la actividad constructora, haciendo un paralelo entre el caso suizo y el caso colombiano, específicamente en la ciudad de Medellín, estudio que sirvió para establecer una mirada desde el Análisis de Ciclo de Vida de los RCD y sus opciones de aprovechamiento, trabajando conjuntamente con las experiencias y trabajos académicos realizados por investigadores suizos y colombianos, de EMPA y la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín respectivamente (Ott,

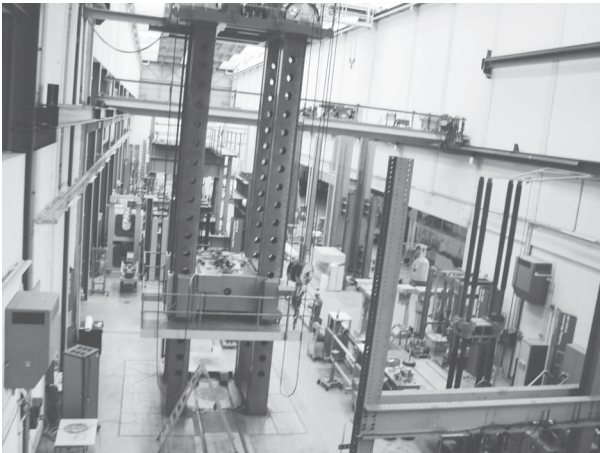
D.; 2006). En cuanto al aspecto económico productivo se destaca la experiencia de la empresa HEBERHARD, dedicada al reciclaje de los escombros que se generan en la ciudad de Zúrich y a la producción de concreto premezclado reciclado a escala industrial, en una media de 600 m³/día (Bedoya, C.; 2010). Y en cuanto a la oficialidad, es el estado federado el que ha intentado incentivar esta práctica de ecomateriales por medio de sus propios proyectos o, de incentivos que propician en los constructores y en los gestores de los RCD urbanos, la gestión integral de éstos que permite que sean valorizados con importantes réditos ambientales y económicos para la comunidad en general. Importante mencionar que en agosto de 2010 se expidió la Norma Federal Suiza para la confección de concreto reciclado. Se aclara que tanto EMPA como Eberhard tienen sus sedes en Dübendorf, ciudad vecina de Zúrich.



Fotografías 43 y 44 (página siguiente). Vista general de la planta recicladora de RCD Heberhard, en Dübendorf, Suiza; agregados gruesos reciclados para concretos estructurales. (Fuente: Bedoya, C. 2010).



fotografía 44



Fotografías 45 y 46 (página siguiente). Vista general del laboratorio de pruebas de EMPA en Dübendorf, Suiza; prototipos de concreto reciclado estructural fallados al esfuerzo de compresión en el laboratorio de EMPA. (Fuente: Bedoya, C. 2010).



fotografía 46

En España

Si bien este país no presenta una alta tasa de reciclaje de sus RCD, se convierte en un referente interesante para este caso de estudio por tener algunas experiencias a escala real de alto compromiso estructural y magnitud, como el puente sobre el río Turia, en la región de Valencia; experiencia que fue conocida y posteriormente visitada por el autor de este trabajo. Este proyecto fue ganado por la firma de ingeniería CMD Ingenieros, liderada por Alberto Domingo, y contó con un grupo de importantes catedráticos e investigadores en el tema de concretos y nuevos materiales de España, como Pilar Alaejos y Salvador Monleón, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y de la Universidad Politécnica de Valencia respectivamente. En el proyecto del puente sobre el río Turia se construyó un tablero de 165 m, y se usaron alrededor de 348 m³ de agregados reciclados, que fueron obtenidos mediante la transformación de los escombros resultantes del puente anterior. El concreto reciclado fue

confeccionado sustituyendo el 20 % del agregado grueso natural por agregados reciclados, específicamente en el tablero, aunque ya se tienen estudios y propuestas sobre el empleo de este material en otro tipo de estructuras (Alaejos, P.; 2011).

En la Universidad Politécnica de Cataluña se encuentran investigaciones que han profundizado en un aspecto relevante para la actualidad y futuro de los concretos reciclados como la durabilidad y comportamiento ante agentes agresores externos, entre ellos el CO₂, la sulfatación y la porosidad abierta. Al respecto los trabajos de la profesora Miren Etxeberria y sus estudiantes de posgrado contribuyen a la consolidación de un acervo de conclusiones que, de mirarse con el rigor que merecen por parte de las instituciones político-administrativas españolas, potenciarían una política pública de valorización de RCD de alto impacto, haciendo que las tasas de reciclaje aumenten y no continúen en un porcentaje tan bajo en comparación con países como Holanda y Bélgica (Etxeberria, M.; 2011).



Fotografías 47 y 48 (página siguiente). Puente sobre el río Turia, Valencia. Vista inferior del tablero construido en concreto reciclado; sustitución del 20 % de agregado grueso natural por reciclado. (Fuente: Bedoya, C. 2010).



Fotografía48

El CAR en Colombia

Colombia presenta una creciente actividad en este aspecto, pues desde mediados de los noventa se han desarrollado tanto investigaciones como experiencias a escala real en cuanto a la confección de concretos con agregados reciclados, obedeciendo especialmente a su uso en la producción de prefabricados de pequeño formato tipo ladrillos y adoquines, pero con poca aplicación en concretos vaciados en estado plástico. Las experiencias más representativas, o por lo menos más visibles, suelen darse en ciudades como Bogotá, Medellín y Cali, tanto al interior de universidades como de empresas dedicadas a la producción de elementos en concreto para la construcción, con importante presencia en proyectos institucionales promovidos por las administraciones municipales, tales como colegios, bibliotecas y zonas de espacio público.

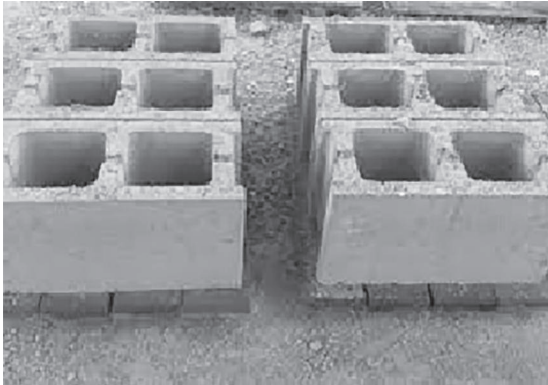
En Bogotá se cuenta con un trabajo decidido desde la administración distrital representado en la promulgación

de la Resolución 2397 de 2011, *“Por la cual se regula técnicamente el tratamiento y/o aprovechamiento de escombros en el Distrito Capital”*; haciendo obligatorio el aprovechamiento de los RCD generados tanto por constructores del sector público como privado. Las exigencias de las tasas de aprovechamiento de los RCD se comenzaron a implementar desde abril del año 2012, mediante las cuales se obliga a las entidades públicas que desarrollan obras de infraestructura a utilizar materiales reciclados o a reutilizarlos en sus proyectos en un porcentaje no inferior al 10 %; y para las empresas privadas que desarrollan proyectos multifamiliares en un porcentaje no inferior al 5 %. Lo cual ha dado viabilidad a proyectos que se mantuvieron en el papel, tanto de universidades como de empresarios, propiciando plantas de reciclaje de RCD que han pasado de pequeñas cantidades procesadas a importantes volúmenes diarios de agregados reciclados que se emplean actualmente en vías y prefabricados (Duica, C.; 2011; Alarcón, W.; 2012).

También se destaca la formulación desde el año 2011 de la política pública de construcción sostenible para el Distrito Capital, y que fue incluida en junio de 2012 dentro del plan de Desarrollo de esta ciudad, pero la implementación y validación para hacerla un hecho vinculante, a la hora de escribir el presente texto no se ha logrado, debido a los conflictos de orden político y administrativo que han tenido lugar en el Distrito y que han sacado de las prioridades este tipo de proyectos de carácter socio-ambiental.



Fotografía 49



Fotografía 50.

Fotografías 49 y 50. Planta móvil de reciclaje de escombros y prefabricados de concreto reciclado en Bogotá D.C. (Fuente: Carlos Duica. 2015).

En la ciudad de Cali tiene lugar uno de los referentes de los ecomateriales en el país. Tal es el caso de la producción de eco-cementos y agregados reciclados a partir de la valorización de residuos industriales y escombros emprendida en la Universidad del Valle desde la década de los ochenta por el profesor Alejandro Salazar, la cual se cristalizó incluso en experiencias de emprendimiento empresarial con aplicación directa en procesos de ciudad, alimentadas por la rigurosidad científica de esta importante institución de educación superior vallecaucana.

En las afueras de Cali se implementó durante el año 2013 la primera planta de producción de ecomateriales a escala industrial; también liderada por el profesor ingeniero Alejandro Salazar. La iniciativa ECOINGENIERÍA S.A.S se convierte en un modelo de conocimiento científico aplicado, dado que en este emplazamiento industrial se diseñan y confeccionan materiales de óptimo desempeño, bajo impacto ambiental y costo asequible (Bedoya, C.; 2013). Es esta experiencia quizá una de las más influyentes en la realización de la presente experiencia, dado que en ella convergen el conocimiento de profesionales y científicos de la ingeniería química, mecánica, de materiales y arquitectura, para desarrollar materias primas a partir de la transformación de residuos industriales y escombros. En un trabajo de consultoría, que mejor parece una investigación aplicada dentro del marco de la Economía Postnormal (Funtowicz, O.; Ravetz, J.; 2003), titulado *Consumo energético y emisiones de CO₂ de construcción (2012)*, y realizado por el personal de ECOINGENIERÍA S.A.S para la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME adscrita al Ministerio de Minas y Energía, se estableció un inventario de materiales con sus respectivos impactos ambientales derivados del consumo de combustibles fósiles, energía eléctrica, emisiones de CO₂ y material particulado a la

atmósfera, tomando como referencia la ciudad de Cali y su área metropolitana, convirtiéndose en un texto de referencia, dadas su rigurosidad y cantidad de datos, para llevar a cabo desde la etapa misma del diseño un análisis cualitativo y cuantitativo del posible impacto ambiental que generará un proyecto de construcción (UPME; 2012).



Fotografías 51 y 52. Residuos de porcelana para aislamiento eléctrico; viviendas prefabricadas en concreto reciclado. (Fuente: Alejandro Salazar; 2009).

- ***El CAR en Medellín***

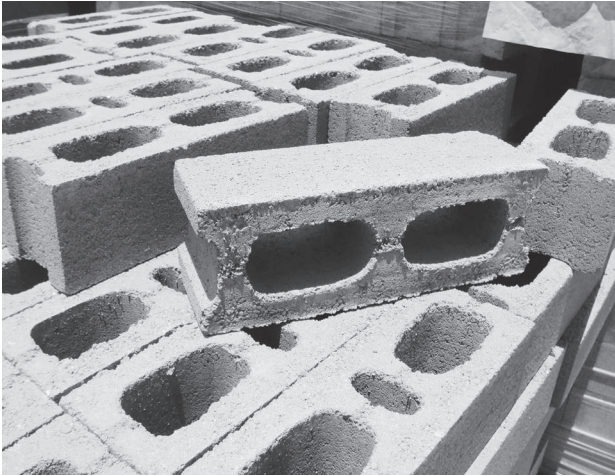
En esta ciudad se hizo en 1991 un estudio de aprovechamiento de escombros para la confección de materiales de construcción, fue encargado por la municipalidad a la empresa FUNDEMOS de la ciudad de Manizales. En dicho estudio se hizo una clasificación de los escombros generados en Medellín y sus posibilidades de ser valorizados como agregados para nuevos concretos, y, aunque hubo resultados alentadores en cuanto a desempeño físico-mecánico, no se tomó decisión alguna por parte del ente municipal para llevar a cabo una experiencia piloto a escala urbana. Posteriormente en 1998 se retoma el tema y se realiza una investigación más profunda en cuanto a la caracterización de los agregados reciclados, demostrando su factibilidad técnica, económica y ambiental, mediante el trabajo de grado titulado *Confección de concreto reciclado mediante el aprovechamiento de escombros* (Bedoya, C.; 1998), de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Dicha investigación se continúa desarrollando a nivel de maestría por el mismo grupo de trabajo y en el año 2003 se publican dos trabajos, uno a nivel de posgrado y otro a nivel de pregrado: El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles (Bedoya, C.; González, F.; 2003) Tesis de Maestría, y Experiencia de investigación aplicada: viviendas prefabricadas en paneles en concreto reciclado (Estrada, A.; 2003). Dichas experiencias fueron socializadas y publicadas en el marco del VI Seminario Internacional del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible celebrado en Bogotá D.C. En dichas investigaciones se pasó de un análisis estrictamente mecánico del concreto con agregados reciclados a un estudio de microestructura, utilizando técnicas

de microscopía de barrido electrónico, SEM por su sigla en inglés, y microscopio estéreo. También en ambos estudios se ratifica su viabilidad económica y la necesidad de implementar proyectos piloto a escala real para la gestión integral de los RCD en la ciudad y su área metropolitana.

Estas experiencias han dado sustento a iniciativas de tipo empresarial, que afortunadamente se han consolidado en los últimos once años y son sostenibles económica y ambientalmente. Tal es el caso de dos importantes productoras de prefabricados en concreto que ahora se abastecen en un 60 % de los RCD generados por obras públicas y privadas de la región, y que son reconocidas por la calidad de sus productos una vez instalados en los proyectos de construcción. En el caso de estas empresas el modelo de gestión empleado incentiva a constructores y transportadores a demoler selectivamente y separar desde la fuente los escombros generados en la construcción y/o demolición de estructuras y muros, para luego ser llevados a la planta respectiva donde son depositados y transformados en materias primas estandarizadas para la producción ladrillos, adoquines, cordones o bordillos, etc. En este modelo, quien deposita los escombros no paga la tasa de disposición final, ahorrándose dicho costo, y quien los recibe se evita el pago de transporte de la materia prima desde su cantera de origen, que generalmente están distantes de las áreas urbanas; así entonces el agregado reciclado, procesado en la planta prefabricadora, termina costando entre un 20 % y un 25 % menos que el agregado natural.



*Fotografías 53 y 54. Patio de recibo y descarga de RCD; equipo de trituración de escombros de alto rendimiento. Indural S.A.
(Fuente: Bedoya, C.; 2012)*



Fotografías 55 y 56. Almacenamiento de agregados reciclados; prefabricados en concreto con agregados reciclados. Indural S.A. (Fuente: Bedoya, C.; 2012)

En la ciudad de Medellín se tiene entonces una interesante convergencia de conocimiento científico, credibilidad por parte de la empresa en dicho conocimiento, y una manifiesta intención de apoyo por parte de la administración pública en la medida en que ya desde el año 2010 se tiene formulada la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, y en diciembre de 2012 se aprobó por parte del Concejo Municipal la inclusión de incentivos tributarios para constructores y compradores de inmuebles sostenibles, y también para los productores de insumos para la construcción que garanticen y certifiquen la práctica de reciclaje de RCD, como es el caso de los prefabricados que ya se han descrito en este capítulo. Sin embargo, y a pesar de la muy positiva experiencia obtenida en esta ciudad, no se cuenta aún con una planta pública de transformación de RCD, como tampoco se tiene una práctica generalizada en la ciudad de producir y comprar prefabricados en concreto reciclado, menos de producir y ofertar concretos fluidos reciclados, y es en ese aspecto que el autor del presente trabajo quiere concentrarse, ya que una de las excusas –válida ella– por parte de constructores privados y de administraciones públicas, es que hay un vacío científico en cuanto a la resistencia a edades mayores a 28 días del concreto reciclado y a su durabilidad por efectos de microestructura y porosidad. Es así como se unen la ciencia de materiales, la tecnología moderna del concreto y la gestión integrada de proyectos como soporte conceptual y técnico para hacer que la confección del concreto con agregados reciclados se convierta en una opción de primer orden y en un hecho habitual para la colectividad de Medellín y su área metropolitana.

Tanto la Política Pública como los incentivos tributarios están en plena discusión de cara a su implementación como hecho vinculante, en tanto que el estudio sobre el comportamiento

del CAR presenta resultados y avances que podrán llenar el vacío científico existente en el contexto colombiano, haciendo que la práctica de confeccionar y emplear concreto reciclado en obras públicas y privadas se convierta en un proyecto de viabilidad para el ecosistema urbano de Medellín, replicable en los otros contextos colombianos cuyas poblaciones y métodos constructivos son similares o iguales. Así que a continuación se presentará una secuencia de imágenes y resultados sobre la confección de Concretos con Agregados Reciclados (CAR) que entre 2012 y 2013 el autor ha venido desarrollando, con resultados satisfactorios en cuanto a resistencia y durabilidad. Luego de esta información, se pasará al capítulo final para concluir de manera general los temas expuestos en estos dos capítulos.

III.2 Resistencia y durabilidad del CAR

Entre los años 2012 y 2013 el autor, apoyado por colegas y estudiantes del grupo de investigación en Construcción Sostenible y Gestión Tecnológica (CONGET), emprendió un ejercicio con el cual buscó dar certidumbre acerca de las resistencias del concreto confeccionado con agregados reciclados en cuanto a resistencia al esfuerzo de compresión a edades mayores a 28 días, y a sus características de porosidad, densidad Bulk y absorción en estado endurecido. Estos resultados, que se mostrarán a continuación, además de positivos, sirvieron para que el comité de incentivos tributarios para la construcción sostenible de la ciudad de Medellín conceptuara afirmativamente en cuanto a emprender para el año 2014, un programa de apoyo a construcciones que empleen ecomateriales en sus componentes; dicho apoyo consistirá en que una comisión conformada por funcionarios de las Secretarías del Medio Ambiente, Hacienda y

Planeación, evalúen y califiquen proyectos edificios nuevos y ya construidos para determinar en qué porcentaje son incentivados por medio de estrategias como disminución del impuesto predial, entre otras. Los funcionarios y concejales que estuvieron participando de este comité fueron capacitados en fundamentos de construcción sostenible por medio de sesiones desarrolladas en la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia y en la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, con lo cual se logró una positiva cualificación de los integrantes de las respectivas comisiones, lo cual se evidenció por parte de los profesores participantes en esta iniciativa, en las sesiones de discusión y debate celebradas ente 2012 y 2013.

Pasemos pues, para concluir este capítulo sobre el reciclaje de escombros, a socializar los resultados arrojados por las mezclas de concreto reciclado, empleando agregados obtenidos de la valorización de escombros de concreto demolido y de cilindros fallados en el laboratorio de Construcción de la Facultad de Arquitectura de la sede Medellín.

- ***Obtención de los agregados***

Se seleccionaron escombros provenientes de demoliciones hechas en la sede y de cilindros usados para docencia e investigación en las clases de Materiales I impartidas en la Escuela de Construcción, donde se realizan prácticas de vaciado de mezclas para concretos de uso estructural con resistencias de 21 MPa a 25 MPa. También se trabajó con escombros resultantes de pequeñas reformas hechas en la Sede Medellín en los cuales se encontraban trozos de concreto pero también de ladrillo cerámico y mortero de pega, ideales para nuestro trabajo de cara a apoyar el programa de construcción

sostenible en el municipio de Medellín, pues este tipo de RCD son muy abundantes en las principales ciudades colombianas.

Los escombros almacenados fueron llevados a la planta de trituración del Instituto de Minerales –CIMEX– de la sede Medellín. Allí fueron triturados en dos fases: trituración primaria con equipo de mandíbulas de acero recubiertas con tungsteno; trituración secundaria con molino de martillos para obtener agregados finos. Luego fueron nuevamente almacenados y transportados al laboratorio de Construcción para su clasificación y posterior confección de las mezclas. Los agregados se clasificaron en gruesos, cuyo tamaño máximo fue de 3/4” (19 mm); y en agregados finos, cuyo tamaño fue aquel que pasó por la malla o tamiz número cuatro.



Las fotografías 57, 58, 59 y 60 muestran la tipología de RCD empleados, el transporte al CIMEX y la planta de trituración, en este caso el equipo de trituración primaria de mandíbulas o quijadas. (Fuente: Bedoya, C.; 2012).



Las fotografías 61 y 62 muestran los agregados grueso y fino resultantes de la trituración; las fotografías 63 y 64 el almacenamiento para ser llevados al laboratorio de construcción. (Fuente: Bedoya, C.; 2012).

- ***Confección de las mezclas***

Los agregados obtenidos fueron analizados desde el punto de vista de características físico-químicas tales como colorimetría, densidad y absorción.

- El ensayo colorimétrico mostró que se ubica en el primer color: transparente; lo que suele suceder con estos agregados reciclados, dado que ya han estado aglutinados por una matriz cementante que les da esa homogeneidad en la apariencia física.

- En cuanto a la densidad se mantiene un valor constante de los agregados reciclados, el cual se ubica entre un 3 % y 5 % por debajo de los agregados naturales, lo cual no es significativo y los mantiene dentro del rango de agregados de peso normal.
- El porcentaje de absorción es mayor en los agregados reciclados, llegando a porcentajes 2,5 veces superiores, sin embargo este factor ya es manejado con facilidad desde 1998 por parte del autor y su grupo de trabajo, año en el cual se modificó la metodología para este ensayo y se encontró una proporcionalidad entre el agua absorbida inicialmente por los agregados al momento de la confección de la mezcla y la trabajabilidad, sin afectar negativamente la resistencia al esfuerzo de la compresión.

Se confeccionaron dos tipos de mezclas. Una mezcla de referencia o patrón con agregados naturales convencionales en un 100 %, y una segunda mezcla sustituyendo el 30 % de los agregados naturales –gruesos y finos– por aquellos obtenidos del reciclaje de los escombros tratados en el CIMEX de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. El porcentaje del 30 % obedece a que tanto en la literatura técnica mundial como en las investigaciones previas realizadas por el profesor autor de este trabajo, con un porcentaje de sustitución del 25 % al 30 % de los agregados, las características del concreto permanecen idénticas, y porque de esta manera el programa para una implementación de una Política Pública de Construcción Sostenible para el valle de Aburrá, empezando por la ciudad de Medellín como experiencia piloto, puede tener una certidumbre mayor.



Fotografía 65



Fotografía 66



Fotografía 67



*Las fotografías de la 65 a la 68 muestran lo concerniente a la confección de los cilindros, asentamiento y su vaciado en los moldes cilíndricos para ser llevados a tanque de curado.
(Fuente: Bedoya, C.; 2013).*

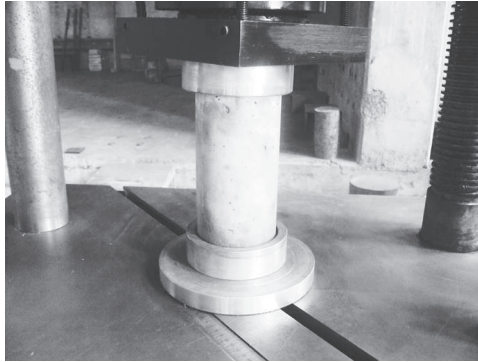
Las muestras de ambas mezclas fueron desencofradas a las 24 horas de vaciadas y llevadas a tanques de curado, cuya agua se saturó con cal.



*En la fotografía 69 se muestra la apariencia de dos cilindros de concreto convencional (Izquierda) y dos cilindros de concreto con agregados reciclados (Derecha); en la fotografía 70 algunas de las muestras sumergidas en tanque de curado con agua saturada en cal.
(Fuente: Bedoya, C.; 2013).*

- ***Resultados de los ensayos***

A continuación se dan a conocer los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia al esfuerzo de compresión, porosidad abierta, densidad Bulk y absorción del concreto endurecido. Estos resultados se hicieron en los laboratorios de Construcción y de Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y en Contecon Urbar, este último acreditado.



Las fotografías 71 y 72 muestran el aspecto de un espécimen cilíndrico de concreto con agregados reciclados antes y después de ser sometido al esfuerzo de compresión. (Fuente: Bedoya, C.; 2013).

Mezcla	F'c MPa 7 días	F'c MPa 14 días	F'c MPa 28 días	F'c MPa 56 días
Referencia	13,70	18,10	22,30	23,20
30-Rec	13,50	17,90	22,00	23,10

Tabla 1. Resistencias al esfuerzo de compresión a distintas edades.

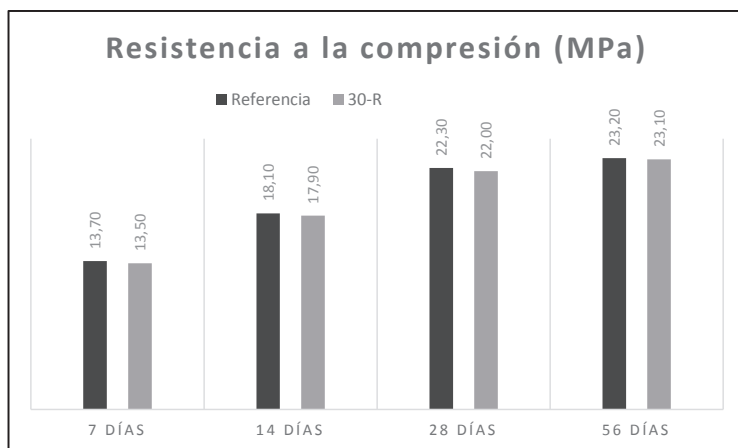


Figura 1. Evolución de la resistencia al esfuerzo de la compresión en ambas mezclas.

Al observar los resultados se tiene que la resistencia de los concretos es casi idéntica, pues a los 28 días la resistencia del CAR es del 98,65 % de la alcanzada por la mezcla de referencia, lo cual coincide con los resultados obtenidos por otros investigadores en México, Estados Unidos y España (Metha, K.; 2002; Alaejos, P.; 2012). La curva muestra una evolución no solo acorde con la literatura de los concretos confeccionados con cemento portland tipo I, también evidencia la equivalencia entre ambas mezclas y, dados los pesos de los

cilindros curados, que fueron en promedio de 4 080 g para los de referencia y de 4 020 g para los confeccionados con agregados reciclados, se entiende que es posible desde el punto de vista del desempeño físico-mecánico confeccionar mezclas recicladas con porcentajes de sustitución de agregados naturales en proporciones que estén en el rango aquí descrito (0 % a 30 %). Sin embargo, aunque estos resultados son alentadores, todavía es necesario hablar del desempeño o comportamiento de las mezclas confeccionadas a condiciones atmosféricas, por lo que se vuelve muy útil realizar ensayos de porosidad abierta, densidad Bulk y absorción, pues de estas tres condiciones depende en gran medida la propagación de fenómenos como la carbonatación y la sulfatación, que podrían penetrar la microestructura del concreto endurecido degradándolo hasta afectar negativamente el acero de refuerzo y conllevando a una fatiga de los materiales, que si no son reparadas o prevenidas, derivan en el colapso de las estructuras. Por eso el autor sometió un promedio de dos muestras cilíndricas por cada tipo de mezcla al ensayo basado en la norma internacional ASTM C642: Método de ensayo para densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, el cual se realizó en laboratorio acreditado. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Mezcla	Densidad Bulk (g/cm³)	Absorción (%)	Poros permeables Vacíos (%)
Referencia 1	2,36	9,2	19,9
Referencia 2	2,36	9,1	19,6
30-Rec 1	2,31	9,9	20,9
30-Rec 2	2,31	10,0	21,0

Tabla 2. Ensayo ASTM C642 del concreto endurecido.

Como se puede observar en la tabla 2, la densidad Bulk del concreto reciclado es de un 97,88 % de la densidad del concreto convencional; el porcentaje de absorción es tan solo un 0,8 % mayor en el caso del reciclado y el volumen de vacíos es 1,2 % mayor también en el reciclado. Esto quiere decir que el rango de 0 % a 2 % en cuanto a comportamiento a diferentes variables es muy parecido, y, estadísticamente para el caso de concretos de estas resistencias se considera idéntico. Según la literatura científica, específicamente el investigador Nekrasov, establece los valores promedio que deben presentar los concretos en cuanto a las variables descritas para garantizar un óptimo desempeño del concreto en el tiempo, estos son: absorción en un rango de 10 % al 15 %; y porosidad o vacíos de 20 % a 25 %, valores que en ambas mezclas se obtuvieron sin necesidad de aditivos, simulando un concreto lo más fielmente reproducible a escala urbana.

Se llega entonces al final de este tercer capítulo con resultados que son parte de un trabajo continuo del autor, acompañado por colegas y estudiantes que motivados por el camino de la formación en investigación, han contribuido con su esfuerzo físico y mental, siempre respetuoso y crítico, a la consolidación paulatina de una disciplina que cada vez es más solicitada por estudiantes de pregrado y posgrado de las distintas sedes de nuestra Universidad en el país, como lo es la Construcción Sostenible. Así que demos paso a las conclusiones de los temas tratados, a manera de reflexiones encaminadas a ser transmitidas posteriormente a los estudiantes y colegas que con su participación crítica podrán complementar sin duda esta labor que varios profesores en la Universidad a nivel del país estamos desempeñando desde distintos ámbitos

y asignaturas, pero hacia un mismo objetivo como lo es la implementación de una actividad edilicia reflexiva y armónica con el medio.

Conclusiones

Es posible volver a la valoración del suelo como un material idóneo de construcción, resignificándolo en el contexto urbano y rural por medio de las técnicas que sin desconocer su antecedente milenario, le permiten ser tenido en cuenta como elemento moderno. El valor estético de la tierra tiene un gran potencial una vez entendida su heterogeneidad, o su imperfección según desde donde se le mire, lo cual puede ser aprovechado por el arquitecto y el constructor como una característica a favor de la aceptación por parte de la comunidad y no como un defecto. También crece su potencial cuando hemos agregado a los sistemas constructivos con un alto consumo de suelo como la tapia, otros menos robustos con igual capacidad de ser abordados desde la sismo resistencia y la factibilidad económica como el bahareque moderno y los bloques de suelo cemento. Incluso hay otra línea de investigación mediante la cual el suelo residual puede ser valorizado como un material de construcción de mayor resistencia a la compresión y durabilidad ante agentes atmosféricos como el CO_2 y la abrasión eólica, y es el caso de los geopolímeros, que consiste en hacer que el suelo reaccione químicamente y se comporte como un concreto que puede alcanzar los 21 MPa o más de resistencia a la compresión. En este caso se emplean residuos industriales como las cenizas volantes resultantes

de la combustión del carbón y soluciones químicas que son las que activarán aquellas partes del suelo hasta modificar su microestructura. Al respecto se pueden consultar los trabajos desarrollados por el científico francés Joseph Davidovits, y los ingenieros químicos Alejandro Salazar Jaramillo, en Cali, y William Alarcón, en Bogotá.

Tal como se dijo en la introducción de este texto, el cemento es el segundo material más consumido en el mundo después del agua, y eso se debe a la masiva producción de concreto para distintos usos que van desde una vivienda unifamiliar hasta presas y puentes monumentales. Precisamente para la confección de esos concretos se requiere, además de cemento, entre 4,5 y 5,0 veces más cantidades en peso de agregados como arena y grava, y es el segundo aspecto objeto de preocupación mundial para el sector tanto de la construcción como de los ambientalistas. El Concreto con Agregados Reciclados (CAR) nos brinda una opción factible de ser llevada a escala industrial cumpliendo con los requisitos de desempeño estructural y de durabilidad, los trabajos realizados por el autor desde 1998 son consecuentes en lo atinente a resultados obtenidos de distintos ensayos practicados a las mezclas recicladas, además de la evolución presentada por otros autores de Colombia y de la comunidad científica internacional. Muy alentador contar con industrias en ciudades colombianas que ya se dedican a la transformación y valorización de escombros y han incorporado dichas prácticas a su ejercicio económico, disminuyendo la presión sobre los ecosistemas urbanos y hallando en ello una retribución económica al generar agregados de menor costo en comparación con los obtenidos de canteras, ríos o lagos.

Una ciudad como Medellín y su área metropolitana generan en la actualidad una media de 7 500 toneladas diarias de

RCD, de las cuales un 20 % (1 500 toneladas) suelen ser escombros. Entre las dos empresas prefabricadoras y recicladoras de la región transforman un promedio de 270 de estas toneladas, por lo que aún hay espacio para iniciativas en este sentido, pero sobre todo, para aquellas que partan también de lo público, en las cuales puede presentarse una labor ejemplarizante por parte de las administraciones municipales al implementar prácticas de producción y empleo de concreto reciclado en proyectos como placas polideportivas, andenes, separadores o bordillos y pavimentación articulada de espacios públicos. Así que es totalmente viable que coexistan las iniciativas públicas y las privadas en un mismo contexto metropolitano, en condiciones de equidad, pudiendo inclusive allanarse el camino para que las obras construidas en aras del beneficio colectivo como los Parques Biblioteca, entre otras, no solo representen un valor arquitectónico y urbanístico para la ciudad, sino también un valor agregado socio ambiental, como quiera que el trabajo en pro de lograr una construcción sostenible como hecho habitual en lo urbano y en lo rural, trasciende al ejercicio de balances económicos y flujos de energía y masas, para desencadenar en una retribución aún mayor como lo es la consolidación de una cultura que integre reflexivamente la construcción y la naturaleza.

La educación es por mucho un camino fácil y rápido para el avance social y económico de las naciones; las guerras, las economías basadas en el extractivismo, los nacionalismos totalitarios, la dependencia extrema de corporaciones o firmas consultoras en temas tan vitales como la salud y el ambiente, nos han mostrado que no han resuelto las condiciones de inequidad y poco acceso a un estado de bienestar civilizado. El tabú contemporáneo que reza que ahora nuestros jóvenes

tienen más información, y por ello son más inteligentes o mejor preparados para enfrentar un mundo laboral, pierde validez cuando en realidad lo que se evidencia en situaciones límite, aquellas que se viven desde una clase en un aula de cualquier escuela, colegio o universidad, hasta aquellas vividas en altos cargos públicos y privados, es una carencia de miradas holísticas y sistémicas. Por ello, en el criterio del autor, nuestros jóvenes tienen más información pero menos formación para hacer de la primera una herramienta sólida con la que abordar preguntas de investigación y proyectos a todo nivel. La información basada en la cantidad de los datos y no en la calidad y profundidad de éstos, no permite desarrollar en el educando un factor sumamente importante para el logro eficaz e integral de un objetivo: la concentración.

La educación como camino para llegar a ser seres civilizados, es decir libres, emancipados, respetuosos del otro y de la naturaleza, es posible. Sin embargo, a pesar de la aprobación que tiene toda aquella afirmación que propende por defender el papel de la enseñanza-aprendizaje, es pertinente hacerse cuestionamientos en torno a qué tipo de educación es de la que se habla, tal como en su libro publicado en el año 2008, titulado *La Escuela de la Noche*, el escritor y ensayista colombiano William Ospina nos lo sugiere:

“Uno oye decir continuamente que la solución de los problemas de su país, que la solución de los problemas del mundo, está en la educación. La tesis parece evidente, pero, ¿de qué educación hablamos? Hasta los funcionarios de la Santa Inquisición tenían métodos educativos, la Alemania

nazi publicaba cartillas para enseñar el antisemitismo (...) ¿Qué pasaría si, aún admitiendo que la educación es la solución de muchos problemas, tuviéramos que aceptar que la educación, cierto tipo de educación, es también el problema? ¡Qué apasionante desafío para la inteligencia, no limitarnos a celebrar la educación en abstracto, sino exigirnos una nueva idea sobre lo que la educación debería ser!”.

Bibliografía

- Alarcón, W. (2012). Nanotecnología de los materiales. En: Encuentro Internacional de Innovación y Avances Tecnológicos Tecno-construcción. Camacol Valle, Cali, Colombia.
- Angulo, D. (2010). Arquitectura de tierra y bloque de tierra comprimido (BTC). En: VII Seminario Internacional de Hábitat Sostenible: BIOCASA. Cali, Colombia.
- Aguiló, Miguel. (2013). Qué significa construir. Claves conceptuales de la ingeniería civil. *Ed. Abada Editores*. Madrid, España; 200.
- Alaejos Gutiérrez, Pilar. (2010). Experiencias de hormigón reciclado estructural en España en el marco de la Instrucción EHE. *CEDEX*. Madrid, España; 20.
- AMVA. (2010). Documento base para la formulación de una Política Pública de Construcción Sostenible en el Valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de *Aburrá*. Medellín, Colombia; 182.
- Bachelard, Gastón. (1994). La tierra y los ensueños de la voluntad. *Ed. Fondo de cultura económica*. México D.F., México. 454.
- Bedoya, Carlos. (2002). Ecomaterials in construction: recycled concrete with rubbles. *IAHS, XXX World Congress on Housing*. Coimbra, Portugal. Septiembre, 833-840. ISBN 972-9027-31-5.
- Bedoya, Carlos. (2007; 2011). Construcción sostenible. Para volver al camino. *Ed. DIKÉ-Cátedra UNESCO de Sostenibilidad*. ISBN 978-958-98269-2-8.
- Bedoya, C. (2013). El concreto con agregados reciclados (CAR) y su gestión integral en un proyecto de viabilidad para el

ecosistema urbano de Medellín. En: X Seminario Internacional de Hábitat Sostenible: BIOCASA. Cali, Colombia.

- Bertalanffy, Ludwig. (1976). Teoría General de los Sistemas. *Fondo de Cultura Económico*. ISBN 968-16-0627-2, 336.

- Buck, A. (1977). Recycled Concrete as a Source of Aggregate. *Journal of the American Concrete Institute*. Detroit, vol. 41, N° 5, pp. 212-220.

- DEFRA. (2009). Construction Code of practice for the sustainable use of soils and construction sites. Soils Policy Team. London, UK; 64.

- Domínguez, J. (2012). Uso a gran escala de concretos reciclados. En: Foro Internacional del Concreto. IMCYC, México.

- Duica, C. (2011). Gestión Integral de RCD en la ciudad de Bogotá. En: Exporesiduos, Medellín, Colombia.

- Etxeberría, M. (2011). Propiedades del hormigón de árido reciclado fabricado con adiciones, activa e inerte. *Revista de la Construcción*, vol. 10, N° 3, pp. 4-15.

- Farbiarz, J. (2001). Hormigón, el material: principios básicos de la tecnología del hormigón. Ed. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 252 p.

- Fundación Universitaria Iberoamericana-FUNIBER. (2009). Introducción a la gestión de proyectos. *Funiber*. Bogotá.

- Funtowicz, S. y Ravetz, J. (2000). La ciencia posnormal. Ciencia con la gente. Ed. Icaria. Barcelona, España, 110 p.

- González, Luis F. (2013). Del alarife al arquitecto. El saber hacer y el pensar la arquitectura en Colombia, 1847-1936. *Ed. OjoXojO*. Medellín.

- Guillaud, H. (2010). Valores de las arquitecturas de tierra para un porvenir sostenible. En: VII Seminario Internacional de Hábitat Sostenible: BIOCASA. Cali, Colombia.

- Hernández, H. (2001). Técnica y tecnología: selección crítica de textos. Ed. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 179 p.

- Kuhn, Thomas. (2004). Estructura de las revoluciones científicas. *Ed. Fondo de cultura económica*. Bogotá, Colombia; 319.
- Leemann, A.; Hoffmann, C. (2009). Recycled concrete and mixed rubble as aggregates: influence on variations in composition on the concrete properties. *EMPA*. Dübendorf, Switzerland; 21.
- Levy, Salomon. (2006). Produzindo concretos ecologica e politicamente corretos. *Exacta*, 375-384.
- Martínez Hoyos, Raúl; Rave, Julia. (2004). Construcción de vivienda en tierra: las posibilidades de la tierra para la construcción de viviendas, sus tecnologías y articulación a normas sismo resistentes. *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín*. Medellín, Colombia; 158.
- Martínez, I. y Mendoza, C. (2006). Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*. Vol. VII, N° 3, pp. 151-164.
- Nixon, P. J. (1978). Recycled concrete as an aggregate for concrete – a review. *RILEM TC-37-DRC, Materials and Structures*. Pp. 371-378.
- Ospina, W. (2008). La escuela de la noche. Ed. Norma. Bogotá, Colombia, 200 p.
- Ott, Daniel. (2006). Oferta y demanda de recursos minerales secundarios en Medellín, Colombia. Un modelo dinámico. *ETH*. Zúrich, Suiza; 11.
- Pallasmaa, Juhani. (2014). La mano que piensa. *Ed. Gustavo Gili*. Barcelona, España; 180.
- Peña Collazos, Wilmar. (2008). Dinámicas emergentes de la realidad: del Pensamiento Complejo al Pensamiento Sistémico Autopoiético. *Revista Latinoamericana de Bioética*, Julio-Diciembre, 72-87.
- Riveros, S. (2013). Construcción con tierra en Colombia. En: coloquio de la Maestría en Construcción. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Colombia.

- Rolón Aguilar, J.C. (2007). Caracterización del hormigón elaborado con áridos reciclados producto de la demolición de estructuras de hormigón. *Revista Materiales de Construcción*, Octubre-Diciembre, 5-15.
- Roth, A. (2002). Políticas Públicas: formulación, implementación y evaluación. Ed. Aurora. Bogotá, 219 p.
- Roy, D.M.; Brown, P.W. (1993). Concrete microstructure porosity and permeability. *Strategic Highway Research Program*. Washington D.C., USA; 87.
- Salazar, Alejandro. (1998). Diseño de materiales de construcción con residuos sólidos industriales. *Cátedra Viajera CORONA*. Medellín, Colombia, 22.
- Salazar, A. (2013). Sostenibilidad: una cuestión de principios. En: X Seminario Internacional de Hábitat Sostenible: BIOCASA. Cali, Colombia.
- Sennett, Richard. (2010). El artesano. Ed. Anagrama. Barcelona, España; 406.
- Serer F., M. (2001; 2006). Gestión Integrada de Proyectos. 1ª y 2ª Edición. *Editorial de la Universidad Politécnica de Cataluña*. Barcelona, España, 364; 441.
- Serres, Michel. (2004). El contrato natural. *Ed. Pre-Textos*. Valencia, España; 203.
- Yannas, F. (1981). Concreto reciclado como un nuevo agregado. *Revista IMCYC*, vol. 19, N° 122, pp. 27-46.

Esta obra fue editada
por la Biblioteca Jurídica Diké.
Se terminó de imprimir en octubre de 2015
en los talleres de Máspapelito S.A.S.
Carrera 84 No 32A-61 Tel.: 238 6544
500 Ejemplares

Cabe destacar en el libro de Carlos Mauricio Bedoya muchos aspectos, el principal a mi modo de entender es el enfoque holístico y humanista de abordar la materialidad de los residuos incorporando lo simbólico y el contexto, un contexto que siempre tiene en cuenta al otro. Este OTRO al que siempre se respeta, aunque no siempre se esté de acuerdo con él. La reflexión, el análisis de las prácticas constructivas siempre son “en relación con los vecinos, las corrientes de agua, la afectación al paisaje...” Este no caer en el alarmismo, evitando los dualismos excluyentes, buscando los inclusivos en los que todos ganamos, es un ejercicio difícil del que el autor sale airoso, lo que redundará en la mejor consecución de su objetivo, concienciar a todos los que intervienen en el ciclo productivo que va de los recursos a los residuos, para llegar al famoso *cradle to cradle*, es decir cerrar el ciclo; el residuo deviene recurso de otro ciclo.

Un mérito que no se puede dejar de mencionar es el buen estilo, Bedoya utiliza un bello lenguaje que hace del libro no solo un ensayo riguroso sino una amena lectura, una escritura emparentada en algún modo, con el tan querido y admirado realismo mágico.

Toni Solanas
Colegio de Arquitectos de Cataluña.

Hace ocho años el Arquitecto Constructor y Profesor de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Carlos Mauricio Bedoya, publicó el libro *Construcción sostenible. Para volver al camino*. Aquel trabajo alcanzó un notable reconocimiento. No sólo agotó ediciones en papel sino que su disposición gratuita en Internet, en varias páginas virtuales y con el sello de la Catedra UNESCO de Sostenibilidad, permitió el libre acceso a un número indeterminado de lectores ávidos por el tema y con enormes deseos de aplicar lo allí planteado. No se trató entonces de repercusiones mediáticas sino reales difíciles de medir o predecir.

Lo que demuestra el valor de aquel primer libro es lo que hace, en parte, valioso el segundo que ahora prologo: la continuidad de las búsquedas, lecciones y aplicaciones, cuya experiencia material está contenida en uno de los ejemplos expuesto aquí, producto de la labor de dos alumnos del profesor Bedoya. Eso indica el camino trazado y la ruta seguida.

Luis Fernando González
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín



BIBLIOTECA JURÍDICA 