

Arquitectura y Construcciones Sostenibles

Héctor Lautaro Crespo Caicedo
Raúl Marcelo Villegas Riera



Arquitectura y Construcciones Sostenibles

Héctor Lautaro Crespo Caicedo
Raúl Marcelo Villegas Riera

ISBN: 978-9942-53-172-8
Primera edición, 2026



© Autor

Héctor Lautaro Crespo Caicedo

Su experiencia profesional la integra el ejercicio técnico y la gestión pública y académica donde se ha desempeñado como Profesor de la Universidad Autónoma Regional de los Andes Uniandes – Babahoyo, Jefe de Análisis – Proyectos, Asesor de Alcaldía y Director de Obras Públicas del Municipio de Babahoyo. En la actualidad se desempeña como constructor y fiscalizador de obras civiles tanto en el sector público como en el sector privado y como Profesor Titular de la Facultad de Administración, Finanzas e Informática (FAFI) de la Universidad Técnica de Babahoyo UTB.

Raúl Marcelo Villegas Riera

Dentro de su trayectoria profesional ha sido diseñador y constructor de importantes proyectos hospitalarios en la ciudad de Babahoyo, entre ellos la Clínica Maternidad Germán, el Hospital General Touma, la Clínica de Especialidades Nasamed, la Clínica Traumatológica Olvera y el Centro de Imágenes Cediec. Asimismo, ha desarrollado edificaciones particulares emblemáticas como el edificio Maxicarnes, el Condominio Mi Río, la Importadora Vizueté Álvarez y el edificio del Colegio Médico de Los Ríos.

© Editorial Grupo Compás, 2026

Guayaquil, Ecuador

www.grupocompas.com

<http://repositorio.grupocompas.com>

Primera edición, 2026

Esta obra ha sido sometida a un proceso de evaluación bajo el sistema de arbitraje doble ciego (double-blind peer review), garantizando el anonimato tanto de los autores como de los evaluadores externos. El dictamen favorable certifica que el contenido cumple con los más altos estándares de rigor científico, calidad editorial y originalidad exigidos por la comunidad académica internacional para su indexación y reconocimiento científico.

ISBN: 978-9942-53-172-8

Distribución online

Acceso abierto



Cita

Crespo, H., Villegas, R. (2026)
Arquitectura y Construcciones
Sostenibles. Editorial Grupo
Compás

Este libro ha sido debidamente examinado y valorado en la modalidad doble par ciego con fin de garantizar la calidad de la publicación. El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Índice

Prólogo invitado	7
Introducción.....	9
 Capítulo 1	 12
¿Por qué debemos cambiar la forma de construir?	12
1.1 La crisis climática en palabras simples	13
1.2 El impacto generado en la sociedad y su medio ambiente por la industria de la construcción	14
1.3 Consumo de energía, agua y materiales	15
1.4 Efectos en ciudades, vivienda e infraestructura.....	16
1.5 La necesidad urgente de un nuevo modelo constructivo	17
 Capítulo 2	 19
¿Qué es la Ingeniería Regenerativa?.....	19
2.1 Evolución: de la construcción tradicional a la ingeniería regenerativa	20
2.1.1 Construcción tradicional: un modelo lineal	20
2.1.2 Construcción sostenible: reducir el impacto	20
2.1.3 Ingeniería regenerativa: restaurar y mejorar sistemas	21
2.2 Principios fundamentales de la ingeniería regenerativa	22
2.3 Pensamiento sistémico aplicado a las obras de ingeniería	23
2.4 Beneficios ambientales, sociales y económicos	23
2.5 El rol del nuevo profesional frente a los cambios.....	24
 Capítulo 3.....	 25
La construcción en el Ecuador de hoy	25
3.1 Situación actual del sector de la construcción	26
3.2 Vivienda, infraestructura y urbanización	27

3.2.1 La vivienda en el contexto ecuatoriano	27
3.2.2 Infraestructura y desarrollo territorial.....	28
3.2.3 Urbanización acelerada y expansión desordenada	29
3.3 Problemas estructurales del sector.....	30
3.3.1 Incremento de costos y baja productividad	30
3.3.2 Informalidad constructiva.....	30
3.3.3 Desperdicio de materiales y gestión de residuos.....	31
3.4 Riesgos sísmicos, climáticos e hídricos.....	31
3.5 Oportunidades para una construcción más eficiente y resiliente	32
Capítulo 4	34
Materiales sostenibles y regenerativos	34
4.1 Materiales tradicionales y su impacto ambiental	34
4.2 Concreto sostenible y alternativas contemporáneas.....	35
4.3 Materiales naturales y locales: una revalorización técnica	37
4.3.1 Cana Guadua	37
4.3.2 Madera.....	38
4.3.3 Tierra.....	38
4.4 Materiales reciclados y reutilizados: hacia una economía circular	38
4.5 Criterios prácticos para la selección de materiales sostenibles...	39
Capítulo 5	40
Energía, confort y eficiencia en edificaciones.....	40
5.1 ¿Cuál es la causa del alto consumo de energía en las edificaciones?	41
5.2 Diseño pasivo: orientación, ventilación y sombra	42
5.2.1 Orientación	42
5.2.2 Ventilación natural	43
5.2.3 Sombra y protección solar	43
5.3 Iluminación natural y confort térmico	43

5.4 Energías renovables en construcciones con parámetros de sostenibilidad.....	44
5.5 Edificaciones eficientes con bajo costo operativo.....	45
Capítulo 6	47
6.1 Dinámica urbana y presión sobre el recurso hídrico.....	47
6.2 Reutilización de la precipitación como recurso estratégico	48
6.3 Hacia un drenaje urbano con enfoque ecológico	49
6.4 Articulación entre infraestructura verde y azul.....	50
6.5 Conservación y restauración de ecosistemas hídricos.....	51
Capítulo 7	52
Construir con menor intensidad de carbono: desafíos y oportunidades para el sector	52
7.1 Comprender la huella de carbono en el ciclo de vida de una edificación.....	53
7.2 Materiales, procesos industriales y emisiones asociadas	54
7.3 Estrategias de reducción de carbono con viabilidad económica	55
7.4 Edificaciones con balance energético cero	56
Capítulo 8	59
Transformación digital y tecnología como catalizadores de la sostenibilidad.....	59
8.1 De la fragmentación a la integración digital en la construcción..	59
8.2 Gestión basada en datos: la base de decisiones sostenibles.....	60
8.3 Optimización energética con automatización inteligente	61
8.4 Los problemas urbanos y la aplicación de la Tecnología	62
8.5 La sostenibilidad y los profesionales de la construcción en la era digital.....	63

Capítulo 9	64
Gobernanza, políticas públicas y financiamiento para una construcción sostenible	64
9.1 El papel del Estado y los gobiernos locales en la transformación del sector	64
9.2 Normativa y planificación urbana con enfoque sostenible	65
9.3 Gestión de proyectos Sostenibles	66
9.4 Financiamiento de construcciones verdes	67
9.5 La sostenibilidad y la política pública	68
 Capítulo 10	 69
Casos reales con parámetros de sostenibilidad de los autores	69
10.1 Obras relevantes	69
10.1.1 Edificio de CNEL – Babahoyo	69
Tratamiento de la parcela y emplazamiento	73
.....	74
Calidad del ambiente interior, salud y bienestar para los ocupantes ...	77
Gestión y aporte a la economía circular	81
Aspectos sociales y económicos.	84
Capacidad de adaptación y resiliencia.	87
10.1.2 Ciudad Deportiva de Daule	88
Diseño paisajístico	90
Componentes espaciales del proyecto	90
Ingreso principal y acceso peatonal a través de paso elevado sobre la vía E-48:	91
Estadio:	92
Salones de usos múltiples:	92
Canchas de uso múltiple:	92
Plazas, camineras y espacios abiertos para juegos bio saludables e infantiles:	93

Piscina semiolímpica y torre de clavados:	94
Parque y laguna artificial:.....	94
Malecón y estero Banife:	96
Estrategias para un espacio urbano sostenible.....	96
Manejo de desechos y cultura del reciclaje	98
10.1.3 Edificio de Aulas – Universidad Técnica de Babahoyo.....	98
Criterios de diseño aplicados.....	100
Flexibilidad y dinamismo	101
Transparencia.....	102
Inclusión.....	103
Encuentro y Socialización	104
Interior – Exterior y Paisaje	105
Confort térmico y calidad del aire	105
Iluminación.....	106
Comodidad y acústica	107
Conectividad.....	108
10.2 Investigaciones aplicadas	111
10.2.1 Uso del raquis de banano reciclado en el hormigón de viviendas de interés social	111
10.3 Aprendizajes finales y replicabilidad.....	114
10.4 Conclusiones generales	115
Referencias	117

Prólogo invitado

Por Pablo Muñoz Hernández es-arquitecto, cofundador y CEO de la consultora en sostenibilidad Evalore, responsable de sostenibilidad del Grupo Gesvalt y profesor de sostenibilidad en diefrentes instituciones

He tenido la suerte de colaborar con Héctor Crespo y Raúl Villegas en varios de los proyectos que se recogen en este libro. También conocí a Raúl como alumno en el Máster de Construcción Sostenible y Circular de ZIGURAT Institute of Technology, donde ya mostraba una inquietud especial por llevar la sostenibilidad al terreno de la práctica.

Por eso, participar en esta publicación tiene para mí un valor especial. No solo por la relación profesional y personal que me une a los autores, sino porque el libro aborda una cuestión que considero clave: cómo hacer que la sostenibilidad deje de ser una intención general y se convierta en una forma concreta de diseñar, construir y operar edificios.

Durante los últimos años, la sostenibilidad se ha incorporado con fuerza al lenguaje de la arquitectura y la construcción. Esto es positivo, pero también exige precisión. Un edificio no es sostenible solo porque consuma menos energía, incorpore ciertos materiales o aspire a una certificación ambiental. Para que una solución pueda sostenerse en el tiempo debe responder a una triple dimensión: ambiental por supuesto, pero también económica y social. Los proyectos impulsados por Héctor y Raúl son, en ese sentido, un buen ejemplo de cómo estas tres dimensiones pueden convivir cuando existe criterio técnico, compromiso y una voluntad real de llevar la sostenibilidad a la práctica.

La dimensión ambiental es evidente. Necesitamos reducir emisiones, consumir menos recursos, gestionar mejor el agua y construir con materiales más responsables. Pero si esas medidas no son viables económicamente, difícilmente podrán generalizarse. Y si no mejoran la vida de las personas que habitan, usan, mantienen o financian esos espacios, la sostenibilidad queda incompleta.

Por eso me parece tan importante enfocar la sostenibilidad desde el valor que aporta. No solo como una responsabilidad frente al planeta, que lo es, sino también como una herramienta para tomar mejores decisiones. Un edificio bien planteado puede reducir costes operativos, anticiparse a riesgos regulatorios y de mercado, facilitar el acceso a financiación, mejorar su liquidez y mantener mejor su valor en el tiempo.

Trabajar con Héctor y Raúl en proyectos en Ecuador me ha permitido recordar que la sostenibilidad no puede aplicarse como una receta universal. Debe adaptarse al lugar, al clima, a los recursos disponibles, a la economía local y a las necesidades reales de cada proyecto. Esa flexibilidad es fundamental.

También me ha permitido aprender de una realidad constructiva distinta a la española, en un país con grandes retos, pero también con una enorme oportunidad para avanzar hacia modelos más conscientes, eficientes y resilientes. Los casos que se recogen en este libro muestran precisamente esa oportunidad: proyectos concretos, desarrollados desde el contexto ecuatoriano, que demuestran que la sostenibilidad no tiene por qué quedarse en el plano teórico. Puede aplicarse, medirse y convertirse en una forma distinta de proyectar y construir.

Agradezco sinceramente a Héctor y Raúl la invitación a participar en este libro. Su trabajo me parece inspirador por la manera en que combina conocimiento técnico, experiencia real de obra y compromiso con el territorio. Espero que estas páginas contribuyan a seguir impulsando una forma de construir más rigurosa, más útil y más alineada con los desafíos de nuestro tiempo.

Introducción

La forma en que una sociedad construye su territorio refleja mucho más que decisiones técnicas o estéticas. Revela su manera de entender el desarrollo, su relación con la naturaleza y las prioridades que define para la vida colectiva. En el caso del Ecuador, la construcción ha sido históricamente un componente central del crecimiento económico y social, impulsando la generación de empleo, la provisión de infraestructura y la expansión urbana. Pero a pesar de esto la expansión del área de la construcción en el Ecuador se ha visto afectada con estas consecuencias.

Todo el impacto sobre el ecosistema, el daño constante a los recursos naturales y la proliferación de asentamientos irregulares en áreas de riesgo han sido cada vez más fuerte tomando en cuenta los intereses económicos de diferentes grupos sin importar la sostenibilidad y el daño que han generado en el tiempo.

Nuestro país es reconocido a nivel internacional por su diversidad en muchos aspectos, con diferentes regiones, con climas, costumbres, y una cultura muy diversa, pero con pocas políticas o planes de prevención que precautelen el medio ambiente sin afectar el desarrollo de la nueva infraestructura propuesta.

Grandes sismos, inundaciones periódicas en cada etapa invernal y sequías muy pronunciadas que afectan mucho a la población producto del constante daño que los mismos seres humanos generamos al planeta por nuestras malas costumbres de vida que presentamos. A esto se suma los efectos del cambio climático mundial y la poca planificación que se viene haciendo en diferentes sectores. El crecimiento informal, la ocupación de zonas riesgosas que deben ser prohibidas para su expansión han servido para formar ciudades muy débiles con limitados planes de protección con un elevado costo social para el futuro.

Es evidente entonces que ante todo este panorama desfavorable es necesario desarrollar esta propuesta de las Construcciones Sostenibles, por ser una obra que replantea el desarrollo de esta actividad en el Ecuador tomando en cuenta cada una de estas condiciones y los cambios que mundo solicita para el futuro.

La idea es generar una cultura con visión de futuro, regenerativa, con edificaciones que sean amigables con el medio ambiente y dentro del campo de los cambios que la sostenibilidad requiere.

Se quiere que la actividad de la construcción se convierta en la fortaleza para el cambio ecológico que todo el mundo requiere, pero dinamizando la economía local y comunitaria en beneficio de su gente y de cada uno de los sectores donde el nivel económico es muy variable por su condición social.

Dentro de esta obra se analizan algunos retos que tenemos como país dentro del proceso de las construcciones, donde se deben analizar temas de optimización energética, recuperación del agua, reutilización de residuos, los problemas del cambio climático y la vulnerabilidad que tenemos frente a las amenazas naturales que se nos presentan.

Es importante el análisis de un diseño bioclimático que permita reducir la demanda energética tomando en cuenta condiciones del clima, de luz, el aire, integrando fuentes renovables, la optimización del agua, la disminución de la huella de carbono en cada uno de los procesos constructivos que tradicionalmente se llevan a cabo en nuestro medio. Además, se analizan los materiales locales, su comportamiento y su impacto en la sostenibilidad de cada uno de los proyectos que se generan.

Toda esta transformación del sector de la construcción requiere de la innovación de sus procesos. Por eso es importante la implementación de nuevas técnicas, sistemas y procesos que permitan ir innovando, pero protegiendo a la vez, formando parte del desarrollo, pero además integrando el cuidado del medio ambiente de nuestras ciudades.

Es indudable que una planificación responsable, apegada a la normativa existente ayudara a implementar construcciones y metodologías sostenibles que vayan acorde a los cambios que el mundo actual requiere.

Así mismo los objetivos de desarrollo sostenible están vinculados en la articulación de este libro tomando en cuenta metas que se refieren al consumo del agua, con la energía, con la infraestructura, con la producción, con ciudades sostenibles y con el cambio climático

Luego es importante destacar que este libro incorpora algunas investigaciones y casos ejecutados por los autores del mismo donde se explican experiencias aplicadas demostrando la aplicación de actividades en el campo de la sostenibilidad las cuales no han quedado solamente en la parte teórica.

La idea es plantear una solución hacia el futuro, mirando hacia el 2045 y dirigido a profesionales del área de la construcción y estudiantes en formación tanto del área de la ingeniería y la arquitectura que se

encuentren comprometidos con el desarrollo de la construcción en el Ecuador.

Cada proyecto se concibe como una oportunidad para construir con propósito, regenerar el territorio y contribuir al bienestar de las personas, las ciudades y los ecosistemas del país.

Capítulo 1

¿Por qué debemos cambiar la forma de construir?

La manera en que se construye un territorio influye directamente en la forma en que este es habitado, gestionado y proyectado hacia el futuro. Las edificaciones, las ciudades y la infraestructura no pueden entenderse únicamente como soluciones técnicas a necesidades funcionales inmediatas; son, en realidad, el reflejo tangible de las prioridades colectivas, de la relación que una sociedad establece con la naturaleza y del modelo de desarrollo que decide seguir a lo largo del tiempo.

Dentro de toda la historia la construcción se convirtió en el eje generador de desarrollo económico en el Ecuador.

Siempre ha sido considerado como el motor en la generación de empleo y desarrollo de todos los sectores del país y dotando de la infraestructura necesaria a las ciudades que mucha falta les hace.

Sin embargo, ese crecimiento siempre se ha visto involucrado en los problemas medio ambientales que se han desarrollado en la actividad de la construcción, por el uso de materiales contaminantes, el maltrato del uso de suelo, el mal uso del agua entre otros. Además, hay que tomar en cuenta las brechas que se generan por la desigualdad en la mayoría de los barrios donde se presentan casos de contaminación y excesos en los sectores más vulnerables de la sociedad por la poca cultura de protección con el medio ambiental en las construcciones que se han ido generando.

Esa realidad inmediata es la que hace necesaria el involucramiento de cada uno de los sectores de la sociedad para que se enfoquen en la protección ambiental y en el desarrollo de medidas sostenibles en los procesos de construcción que permitan generar edificaciones más verdes en beneficio del país y del planeta entero.

Cuando se presentan adversidades naturales en nuestras regiones es evidente la fragilidad de los sistemas de desarrollo urbano con que se cuenta en cada uno de los entes gubernamentales, lo cual se refleja en los grandes periodos de sequias, inundaciones, olas de calor o de fríos prolongados cada uno de los inconvenientes que se vive año a año.

Es por esta razón, es necesario definir que con los métodos tradicionales constructivos resulta muy desfavorable en la actualidad, tomando en cuenta el enfoque sostenible que se ha ido desarrollando a nivel mundial y es hora de replantear los criterios técnicos, legales, ambientales,

económicos y sociales que permitan ir desarrollando actividades constructivas con un enfoque más adecuado a la actualidad en la que vivimos.

Es aquí entonces donde nos damos cuenta la necesidad de preguntarnos: ¿el por qué es importante dar un cambio radical a la forma de construir?. A partir de un análisis claro y accesible, se examinan los fundamentos de la crisis climática, el rol que cumple el sector de la construcción dentro de este proceso y la urgencia de avanzar hacia un nuevo modelo constructivo, particularmente relevante para países en desarrollo como el Ecuador.

1.1 La crisis climática en palabras simples

La crisis climática alude a la transformación acelerada del sistema climático global provocada, en gran medida, por la intervención humana.

Muchas actividades relacionadas con la combustión indiscriminada de materiales contaminantes como el gas, el petróleo, los plásticos, entre otros, la tala constante de bosques y árboles para ser utilizados en el sector de la construcción, la alta emisión de contaminantes que han complicado la composición de la atmosfera son algunos de los factores que afectan los cambios históricos de temperaturas y de los ciclos naturales que tradicionalmente ha presentado el planeta en muchas de sus zonas.

Además, los cambios en los patrones tradicionales de la temporada lluviosa que se habían mantenido por años en sectores que ya tenían un formato claro de las temporadas de lluvias o sequías y ahora se han alterado totalmente los cuales forman parte de los detalles que debemos analizar en el cambio climático que presenta el planeta y que es una forma de resistirse de a poco al daño que se va generando día a día en muchos sectores

No podemos decir hoy en día que es un fenómeno aislado, estas alteraciones tienen implicaciones sociales, económicas y siempre los sectores de menores recursos terminan siendo las más vulnerables y las más afectadas debido a la distribución inequitativa de los recursos entregados, llevando a enfrentar mayores riesgos por los efectos generados y evidenciando las brechas sociales en los grandes cinturones de pobreza con que cuentan las ciudades principalmente en los países latinoamericanos.

Es claro de se debe entender esta problemática para afrontar las consecuencias y así generar modelos de planificación y estrategias de cambio en el sector medio ambiental que vayan directamente vinculadas

en ese sentido para poder dar un giro considerable a toda la industria de la construcción donde podamos mantener un planeta sano y con una protección acorde a la necesidad de mundo actual

1.2 El impacto generado en la sociedad y su medio ambiente por la industria de la construcción

Entre los mayores consumidores de recursos naturales a nivel mundial se encuentra toda la industria de la construcción, desde las demoliciones que se realizan, la extracción de materias primas, el uso de agregados extraídos de minas o vertientes naturales son parte del proceso en el ciclo de vida en una obra los que generan cambios y problemas en la sociedad como en el medio ambiente.

Materiales muy importantes e indispensables en el ciclo de vida de un proyecto de construcción, como el cemento, el acero o el vidrio requieren de muchos recursos naturales dentro de sus procesos de producción desperdiciando grandes cantidades de energía y agua que terminan afectando al medio ambiente

Es aquí donde es muy necesaria la planificación de entes gubernamentales quienes deben ser muy rigurosos con sanciones ejemplarizadoras que permitan la utilización de muchos recursos, pero buscando siempre la protección del medio ambiente y el cuidado de los diversos materiales que se utilizan en diferentes formas en el proceso de la construcción. Materia prima que logre minimizar el impacto en cada proceso, la reutilización de materiales, la resiembra de especies que fueron parte de una tala planificada y técnica, la utilización de suelos tomando las precauciones técnicas y legales que cada caso amerita y de esta manera se logre multiplicar la biodiversidad y reducir el impacto a corto, a mediano y a largo plazo.

Es en este punto donde también se debe analizar las condiciones de vida de la población donde la actividad constructiva incide de manera principal en la obtención de vivienda digna con accesos a todos los servicios básicos que una familia requiere, con calidad de espacio y una forma de poder integrarse económicamente a las diferentes oportunidades que se le puedan presentar en un momento dado.

Cuando no hay una visión articulada entre todos los sectores involucrados se genera en un divorcio entre la construcción, el medio ambiente y la sostenibilidad llevando a la ocupación de zonas que presentan múltiples

amenazas y que no representan una protección a las inversiones que cada familia pueda invertir para la obtención de su vivienda propia.

El desarrollo de viviendas sin la supervisión técnica con profesionales que logren vigilar la aplicación de normas y estrategias adecuadas se traduce en la limitada capacidad técnica que se tiene para enfrentarse a cada uno de los problemas que se pueden presentar a lo largo de la vida útil de una vivienda. Un claro ejemplo es la poca capacidad antisísmica con que cuentan las construcciones en nuestro país, principalmente las viviendas en los sectores urbanos marginales las cuales con la presencia de algún evento sísmico presentan graves problemas estructurales demostrando la vulnerabilidad a la que estamos sometidos en el medio

1.3 Consumo de energía, agua y materiales

Uno de los aspectos más críticos del sector de la construcción es su elevado consumo de recursos. Las edificaciones demandan energía no solo durante su proceso constructivo, sino a lo largo de toda su vida útil, principalmente para climatización, iluminación y operación de equipos.

En los sectores más calurosos de nuestro país, con un clima muy caliente y húmedo, las consideraciones que se deben tomar en los diseños de las construcciones resultan preponderantes en el momento de empezar una construcción cuando se deben analizar la orientación del sol, las condiciones de ventilaciones, el control de la radiación, la decisión de los materiales a utilizarse, la necesidad de sistemas de climatización mecánicos. En caso de no hacerlo se incrementa de forma considerable la demanda energética con altas planillas mensuales complicando los costos de operación y el desenvolvimiento adecuado de la construcción con el pasar del tiempo.

Otro punto muy necesario para el análisis es el proceso tradicional del uso del agua dentro de las construcciones desde la producción del hormigón en la ejecución de la obra hasta el gasto del agua en su operatividad diaria sin una cultura de reutilización que permita minimizar el uso elevado que representa en cada caso, lo cual depende de la metodología constructiva que permita cambiar la forma tradicional de la utilización del agua en el proceso de ejecución de las edificaciones en general.

Es importante la preocupación latente que existe en algunos escenarios donde la disponibilidad del agua es limitada debido a factores climáticos y demográficos que han ido complicando su obtención y donde es más

necesario la aplicación de medidas inmediatas que permitan el adecuado uso de este importante recurso natural

En todo lo que tiene que ver con el uso de materiales es importante las estrategias de reutilización, reciclaje, la adecuada disposición de residuos de la construcción que permitan bajar el impacto que actualmente se genera con la aplicación de políticas de economía circular que pueden ser bien aplicadas para generar otros beneficios principalmente a la población más necesitada que siempre requiere de nuevas fuentes de ingresos.

Con estrategias nulas en economía circular para la reutilización de desechos en el área de la construcción se reduce las posibilidades de minimizar costos y la utilización adecuada de materia prima que permita llevar a cabo un proceso que cumpla estándares modernos de sostenibilidad en la construcción.

Esta situación representa una pérdida significativa de recursos y un problema ambiental creciente, especialmente en entornos urbanos con limitada capacidad de gestión de residuos.

1.4 Efectos en ciudades, vivienda e infraestructura

Las ciudades concentran la mayor parte de la población y de la actividad económica y al mismo tiempo son responsables de una proporción considerable del consumo de recursos y de las emisiones contaminantes. Es claro que el desarrollo de las ciudades está vinculado con una planificación clara y con objetivos bien definidos que permitan mejorar los patrones de movilidad, calidad de servicios básicos, ambiente óptimo y un adecuado uso del suelo urbano y rural en cada sector. Es evidente que la buena planificación de una ciudad es un bienestar colectivo, para toda la sociedad, es decir para cada uno de sus integrantes sin distinguir condición social.

En muchos casos el crecimiento urbano se ha visto involucrado en la conveniencia de inversionistas que solo han analizado la rentabilidad de su negocio pero no han tomado en cuenta el bienestar común de la sociedad y es en ese momento que ha sido necesaria la intervención de la supervisión estatal en todos sus niveles para hacer cumplir la normativa en beneficio de la sociedad entera y buscando precautelar el desarrollo inmobiliario o de cualquier construcción que se genere lo cual resulta también una gran generación de fuentes de empleos para nuestros sectores.

Hay muchos casos en Ecuador donde se han desarrollado proyectos de construcción en laderas inestables, en márgenes de ríos, en solares vulnerables, en sectores inundables entre otros casos donde las condiciones de éxito son muy limitadas por lo antitécnico de sus construcciones.

La construcción de vivienda familiar presenta este tipo de problemas en sectores donde carecen de asesoría técnica que permita obtener una construcción de calidad. Existe una carencia de diseños profesionales con deficiencias técnicas con una nula aplicación de estrategias de eficiencia arquitectónica, energética, sanitaria, eléctrica, estructural. Todos estos inconvenientes en la patología de construcción terminan afectando directamente a la calidad de vida, a la salud y a la estabilidad financiera del grupo familiar involucrado.

En base a esto es importante analizar los costos de rehabilitación, mantenimiento o reconstrucción que se van generando a lo largo del tiempo y que representan un grave problema para la economía de las familias afectadas. En el caso de la infraestructura pública que también resulta afectada por estas causas generan una gran carga financiera al estado que al final termina también afectando a la sociedad en general.

1.5 La necesidad urgente de un nuevo modelo constructivo

Frente a este escenario, resulta evidente la necesidad de transformar de manera profunda la forma en que se concibe y ejecuta la construcción. El modelo tradicional, basado en el consumo intensivo de recursos, con una visión de corto plazo, ha demostrado ser insostenible desde los puntos de vista ambiental, social y económico.

Un nuevo modelo constructivo debe incorporar criterios de eficiencia energética, uso responsable de materiales, gestión sostenible del agua y adaptación al contexto climático y territorial. Con la aplicación de nuevas estrategias de sostenibilidad no se trata solo de buscar culpables en cada caso sino de generar nuevos enfoques de carácter educativos para ir cambiando la conciencia de todos los involucrados en la cadena de la construcción. Para esto es necesario revisar técnicas, metodologías, estrategias, normativas y de esta manera redefinir el papel de cada uno de los profesionales, técnicos y obreros de la construcción y así poder estar acorde a los requerimientos que mundo actual, con parámetros sostenibles.

El cambio en la forma de construir es responsabilidad de todos, es una decisión apremiante por el bien de la sociedad, generando una ingeniería constructiva comprometida con el cambio generacional y con el futuro sostenible

Capítulo 2

¿Qué es la Ingeniería Regenerativa?

La ingeniería ha acompañado el desarrollo de las civilizaciones desde sus primeras formas de organización social, ofreciendo soluciones técnicas para habitar el territorio, producir bienes y transformar el entorno natural. A lo largo de este proceso histórico, la disciplina ha demostrado una notable capacidad para enfrentar problemas complejos y responder a las necesidades de cada época. Anteriormente se analizaban las materias primas necesarias para la obtención de materiales a utilizarse en el proceso de la construcción, pero sin revisar los factores que generaban impactos negativos desde su obtención como materia prima, en el momento de su fabricación, su utilización como material de construcción o en su destino final.

Hoy en día, ya se está analizando cada uno de los factores que impactan dentro del proceso de obtención de los materiales o durante su uso como material de construcción. Todo esto analiza la rentabilidad favorable de dicho proceso, el tiempo de ejecución de obra y las implicaciones que el material utilizado tiene dentro del proceso constructivo.

Hoy en día se analiza mucho el alto consumo energético, la huella ambiental que se genera, la calidad de los materiales, su durabilidad, su afectación buscando siempre la mejor característica eco ambiental y cumpliendo con los parámetros de sostenibilidad que se han puesto de moda a nivel mundial.

Todo este moderno modelo que respeta el medio ambiente y que cumple con parámetros de sostenibilidad hace que se mire la ingeniería como un proceso responsable analizando las condiciones de todo el entorno para construir buscando siempre el bienestar colectivo tanto de los beneficiarios directos e indirectos de la obra.

En este punto surge la Ingeniería Regenerativa como una nueva propuesta para reducir los impactos negativos que se producen en todo el proceso constructivo. En ese contexto se proponen activamente los cambios ecológicos, comunitarios, sociales y ambientales en territorio relacionado con el desarrollo contemporáneo del proceso de construcción en el medio.

Asimismo, se destaca el rol estratégico que deben asumir los profesionales en este nuevo escenario, especialmente en países como el Ecuador, donde

los desafíos ambientales, sociales y territoriales son particularmente complejos.

2.1 Evolución: de la construcción tradicional a la ingeniería regenerativa

2.1.1 Construcción tradicional: un modelo lineal

Durante décadas, la construcción se desarrolló bajo un modelo lineal de producción y consumo. Todo el proceso de construcción se convirtió en un proceso donde se extrae la materia prima, se convierten en materiales de la construcción, se incorporan en las obras, cumplen su vida útil y posteriormente en el momento de las demoliciones se convierten en desechos de obra. Todo esto se lo realiza sin muchas restricciones cuando son desechos se divorcian de la construcción y se convierte en otro tipo de problemas en las sociedades nuestras donde los entes encargados de los desechos urbanos no tienen un proceso adecuado que les puedan dar el uso correcto finalmente, salvo las grandes ciudades donde si tienen procesos de reutilización o reciclaje de algunos materiales o desechos que provienen del campo de la construcción.

Hoy en día ya nos preocupamos con la reducción de costos, buscando disminuir los tiempos de la obra y el cumplimiento de la normativa vigente.

Ahora todo ese contexto en economías sensibles con amplias debilidades, con una planificación urbana deficiente, sin un acompañamiento técnico con profesionales calificados en la rama hacen que se genere un entorno vulnerable que presentara problemas en el futuro.

Cada uno de los entornos contruidos con esas características presentan muchas de desigualdades con ambientes poco eficientes, constructivamente hablando, que terminan siendo insostenibles en el medio que se han desarrollado, los cuales en el futuro serán parte de los grandes problemas que se presentan en los sectores urbano marginales de las ciudades, principalmente.

2.1.2 Construcción sostenible: reducir el impacto

Frente a los efectos cada vez más evidentes del modelo tradicional, a finales del siglo XX surge el concepto de construcción sostenible, alineado con los principios del desarrollo sostenible. Este enfoque introduce criterios de eficiencia energética, ahorro de agua, reducción de emisiones

y uso racional de materiales, apoyándose en herramientas de evaluación ambiental, normativas específicas y sistemas de certificación.

Cuando entramos en el campo de la construcción sostenible se ha dado un paso importante cuando se analizan los inconvenientes ambientales por el mal uso de materiales desde el proceso de diseño, pasando por el proceso de construcción y terminando en las demoliciones y la disposición final de los materiales desalojados.

Se promueve la reducción de costos, la disminución de los tiempos de construcción, el descenso del gasto energético, el uso eficiente de los recursos y materiales, lo que genera la disminución de los impactos dentro de la actividad de construcción.

La eficiencia de los procesos juega un papel fundamental de mejora continua, lo que conlleva la reducción de la huella y la generación de construcciones cumplidoras de los estándares modernos de sostenibilidad

Se reduce el impacto, pero no necesariamente se generan beneficios netos para el territorio ni se fortalecen los sistemas sociales y ambientales preexistentes. Esta limitación ha impulsado la búsqueda de enfoques más integrales y transformadores.

2.1.3 Ingeniería regenerativa: restaurar y mejorar sistemas

La ingeniería regenerativa plantea un cambio conceptual de fondo. En lugar de preguntarse únicamente cómo reducir los impactos negativos, propone una pregunta más ambiciosa: ¿de qué manera las obras de ingeniería pueden contribuir activamente a la regeneración de los ecosistemas y al fortalecimiento de las comunidades?

Con esa idea las construcciones buscan formar parte de una nueva red con condiciones ambientales y de sostenibilidad con un amplio respeto por el planeta tierra. En ese punto se busca generar aportes positivos con la utilización de materiales y metodologías que cumplan con estas condiciones actuales que siempre va en busca de reducir impactos buscando la optimización energética, la obtención de energías limpias, reducir huella de carbono, optimización del consumo del agua y una integración social de los beneficiarios en cada uno de los procesos buscando generar una conciencia educativa medio ambiental que logre un cambio significativo de las construcciones del futuro con un enfoque netamente sostenible.

La ingeniería regenerativa no busca replicar soluciones estándar, sino diseñar respuestas específicas, coherentes con las condiciones ambientales, culturales y económicas de cada lugar.

2.2 Principios fundamentales de la ingeniería regenerativa

La ingeniería regenerativa se sustenta en un conjunto de principios que orientan tanto el proceso de diseño como la construcción y la operación de las obras. Uno de los principios centrales es el reconocimiento de los sistemas naturales como sistemas vivos, caracterizados por relaciones cíclicas, interdependencia y capacidad de adaptación.

Es importante destacar que ese enfoque de la nueva Ingeniería Regenerativa busca un cambio desde el diseño de las obras, con una interacción de los ciclos naturales del agua, de la energía, de la biodiversidad procurando su integración a lugares afectados por la mano del hombre. Se busca un enfoque responsable y circular de los recursos utilizados, con que se cuenta, buscando el respeto medio ambiental con la preferencia de la utilización de materiales locales, renovables y llevando siempre la idea de la reutilización o el reciclaje como punto fundamental del proceso constructivo.

Además, implementar una economía circular que permita a los beneficiarios o habitantes de los sectores a intervenir en el proceso durante todo el ciclo de la obra desde su diseño, construcción, uso y algunos casos en el momento de su demolición final. En este contexto es importante anotar que no se trata de presentar modelos estandarizados sino de presentar opciones que se apeguen a las condiciones climáticas, económicas, sociales y culturales de la zona tomando conciencia ambiental y sostenible que permita generar una protección con el medio ambiente por parte de las nuevas construcciones que se generen en el medio.

Si trabajamos todos en este sentido vamos a generar una nueva Ingeniería Regenerativa que reconoce las condiciones del sector y lo integra al proceso técnico de construcción enlazando cada una de las condiciones de pertinencia y sostenibilidad. De tal forma es importante destacar que la resiliencia y la flexibilidad se establecen como objetivos prioritarios. Las obras regenerativas se conciben para adaptarse a cambios futuros climáticos, tecnológicos o sociales mediante sistemas flexibles, estructuras modulares y una planificación orientada al largo plazo.

2.3 Pensamiento sistémico aplicado a las obras de ingeniería

El pensamiento sistémico constituye una herramienta fundamental dentro de la ingeniería regenerativa. En contraste con el enfoque convencional, que tiende a analizar los problemas de forma sectorizada y aislada, esta perspectiva adopta una visión integradora que reconoce las múltiples interrelaciones existentes entre los componentes de un sistema. No se trata de optimizar partes individuales sin considerar el conjunto, sino de comprender cómo cada elemento se involucra y es influido por los demás dentro de una red compleja de interdependencias. Es importante entender que el proceso de constructivo en todos sus niveles no es un objeto independiente sino más bien es un conjunto que abarca un entramado arquitectónico técnico, que valoriza el campo social y ambiental respetando las condiciones de sus habitantes y compartiendo limitaciones y fortalezas que se presenten en cada uno de los casos.

El diseño que se propone involucra el consumo energético, la reutilización del agua, la dinámica de movilidad, la ocupación del suelo, así como las relaciones sociales que se generen en los espacios destinados para el efecto. Por esta razón cada decisión que se tome en torno a los materiales, la configuración de los espacios o la orientación de la edificación deben ser evaluados en su totalidad revisando cada una de sus afectaciones que puedan generarse a corto y mediano plazo para buscar alternativas de solución que logre minimizar los impactos y de esta manera tener una construcción que se involucre en el cambio sostenible que se requiere para nuestra sociedad mirando siempre hacia el futuro. Con todo este enfoque se busca generar soluciones con beneficios para todos los sectores involucrados, es decir beneficiarios, la sociedad, la planificación territorial, el medio ambiente y la sostenibilidad en general. Por ejemplo, un sistema de agua que logre la reutilización del mismo, no reduce la demanda, pero si el consumo facturado mensual de agua potable, en el caso de viviendas, logrando una baja del costo mensual y beneficiando la economía de la familia que cuenta con ese nuevo beneficio que al final termina reduciendo su gasto en los costos operativos mensuales de su vivienda.

2.4 Beneficios ambientales, sociales y económicos

Desde el punto de vista ambiental, la ingeniería regenerativa contribuye a la restauración de ecosistemas, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la calidad del aire, del agua y del suelo. Las intervenciones constructivas pueden evolucionar hacia verdaderas infraestructuras verdes, capaces de integrar biodiversidad y desempeñar

funciones ecológicas activas dentro del territorio. A pesar del beneficio que puede brindar la ejecución de una nueva obra en una familia o sectores puede también colaborar creando una conciencia ecológica sostenible y con un elevado criterio medio ambiental donde se pueda mejorar la calidad del aire desempeñando un rol más restaurativo en nuestro ecosistema. Todos los procesos de construcción desde su periodo de diseño deben ser más participativos y no solo presentar soluciones técnicas arquitectónicas, bonitas, sino con proyectos que reduzcan el impacto negativo que puede formar en un momento dado y promoviendo dinámicas de cohesión social en base al nuevo entorno que está mejorando basado en la nueva construcción. Estamos claros que siempre debemos estar enlazados con la inversión económica que se vaya a realizar dentro de un proyecto, principalmente en obras sociales o en sectores donde los recursos económicos son muy limitados y no podemos darnos el lujo de incrementar sus costos. Es evidente que la inversión inicial puede ser algo mayor en un momento dado, pero a largo plazo se generan beneficios económicos con menores costos debido a la eficiencia energética propuesta, a los mantenimientos, a la operación, o con la durabilidad de los materiales permitiendo mayores beneficios a los inversionistas de cualquier escala, en lo público o privado. Además, involucrando a los habitantes de todos los sectores se genera una economía circular que logre impulsar y promover las condiciones de empleo.

2.5 El rol del nuevo profesional frente a los cambios

Estamos claros que el nuevo rol que representa el profesional de la construcción en esta propuesta ya no solamente se debe limitar al diseño de la obra en sí, desde su parte arquitectónica y de presupuesto, sino que se debe involucrar como un actor clave del proceso de innovación y de cambio, con soluciones amigables al medio ambiente, presentándose en muchos casos como un investigador más, y buscando la utilización de materiales poco utilizados que minimicen el impacto o los riesgos frente a todos los daños que se vienen ocasionando por la industria de la construcción en diferentes escalas. Esto nos lleva a involucrarnos en una formación interdisciplinaria con una visión social, técnica, económica, ambiental y con parámetros de sostenibilidad que logren la aplicación de las nuevas tendencias en beneficio de la obra y del planeta, orientadas a fortalecer la obra en sí, pero respetando el entorno donde se desarrolla que es siempre el más afectado con la ejecución de múltiples construcciones.

Capítulo 3

La construcción en el Ecuador de hoy

La construcción en el Ecuador atraviesa un momento decisivo, en su condición de sector estratégico para el desarrollo económico, social y territorial del país, la construcción ha evolucionado en estrecha relación con los ciclos económicos, los niveles de inversión pública y privada, el crecimiento demográfico y las formas históricas de ocupación del territorio. Es importante evidenciar que la construcción ha formado parte del desarrollo históricamente en el Ecuador, pero la problemática constante que se ha presentado como el cambio climático, la creciente expansión urbana sin una adecuada planificación territorial en la mayoría de las ciudades, la explotación inadecuada de los recursos naturales, las grandes brechas sociales existentes en cada sector forman parte de las limitaciones que históricamente hemos tenido como país.

En los últimos años la gran demanda de vivienda ha sido uno de los principales motores de donde la construcción ha podido afianzar su desarrollo con grandes proyectos inmobiliarios que han permitido que este gran sector ocupe un lugar preponderante en la economía nacional. Pero el problema de la mala planificación territorial generó un crecimiento desordenado sin una visión técnica a corto y a mediano plazo. Esto ha provocado el crecimiento de ciudades con entornos urbanos dispersos y altamente vulnerables a las afectaciones que se presentan año a año en cada sector.

Por esta razón se propone un análisis completo de la situación actual del Ecuador donde se aborde su desarrollo económico y social, conjuntamente con la problemática de vivienda e infraestructura y las grandes debilidades que como país presentamos ante la presencia de riesgos climáticos, sísmicos y ambientales. Buscamos un modelo donde se identifiquen las oportunidades orientadas a ser más productivos, eficientes y coherentes con todos los principios de sostenibilidad y protección medio ambiental que se van desarrollando a nivel mundial

Comprender este escenario resulta fundamental para plantear, en los capítulos posteriores, una transformación profunda de la forma de construir con una visión proyectada hacia el año 2045.

3.1 Situación actual del sector de la construcción

El sector de la construcción ha sido históricamente uno de los pilares de la economía ecuatoriana, tanto por su aporte al Producto Interno Bruto como por su capacidad de generar empleo directo e indirecto.

Es clave el comportamiento de la actividad de la construcción dentro del comportamiento de la economía del país, cuando la construcción decae se nota su papel preponderante en los índices económicos estatales demostrando la contracción económica que es capaz de generar, a diferencia de los momentos que las construcciones se van multiplicando en cada uno de los sectores donde los indicadores presentan su resultado favorable en la macroeconomía del país. La generación de empleo es clave, la construcción representa un elevado índice en la cantidad de empleos que se tienen a nivel nacional y sumado a la cadena de suministro de materiales, el transporte, los servicios profesionales son parte de esa inyección poderosa que esta actividad representa en la economía nacional.

Ya en el contexto local, todos los altibajos que se han generado en la actividad de la construcción han estado relacionados con los niveles de inversión pública especialmente en obras de infraestructura o en programas de viviendas tanto en el sector público o privado. Sin embargo, uno de los problemas más grandes que se ha ido presentando es la dependencia del dinero público en la inversión de recursos para la ejecución de importantes obras a nivel nacional como la construcción de hospitales, carreteras, centros educativos, obras de infraestructura y alcantarillados entre otras. Ya en el campo privado si bien es cierto son dineros no estatales los que se invierten en un momento dado estos dependen de las condiciones políticas y económicas del país buscando las mejores condiciones para su inversión en el país y dependiendo mucho de la banca pública y estatal en la entrega de créditos con intereses convenientes que permitan a los beneficiarios recibir algún financiamiento para lograr la compra de alguna propiedad.

Además, si tomamos en cuenta la actividad productiva, los métodos tradicionales de construcción requieren de mucha mano de obra y una escasa implementación de sistemas industrializados que permitan bajar los tiempos de construcción y el impacto que se produce con la utilización de materiales que presentan un daño al ecosistema.

Con la implementación de sistemas digitales, prefabricados o modulares los cuales casi siempre han sido impulsadas de mejor manera por la

empresa privada quienes se han encargado de innovar las nuevas tecnologías que en el campo de la construcción se han generado. Toda esta diferencia metodológica ha permitido variaciones en los costos finales, en los tiempos y en la calidad de las construcciones

Esta gran brecha que se genera también se evidencia en el tipo de constructores que se dedican a esta actividad como grandes empresas, medianos contratistas, pequeños profesionales y maestros de obras con precarias condiciones de informalidad lo que ha hecho casi imposible la transmisión de conocimientos o metodologías adecuadas que limitan la calidad de las construcciones

Ya en tema normativo específicamente hablando, el país cuenta con una legislación técnica bastante adecuada que no ha sido aplicada de forma clara y homogénea en todos los sectores o estratos de la construcción. Los diferentes estamentos responsables de su aplicación ya sean estos entes gubernamentales como ministerios o secretarías son responsables desde su ámbito pero los municipios que son responsables en la parte local en algún momento no han articulado adecuadamente acciones con el fin de mejorar los procesos de supervisión y control de las obras lo que limita el control normativo que se debe implementar con el fin de verificar el cumplimiento en cada proceso a ejecutarse. Todos estos inconvenientes afectan la calidad de las construcciones, pero también incrementan los riesgos ante fenómenos naturales con construcciones que no han sido supervisadas técnicamente.

3.2 Vivienda, infraestructura y urbanización

3.2.1 La vivienda en el contexto ecuatoriano

El acceso a una vivienda adecuada continúa siendo uno de los principales desafíos sociales del Ecuador. A pesar de los esfuerzos desarrollados a través de programas de vivienda social, el déficit habitacional tanto cuantitativo como cualitativo persiste, especialmente en los sectores de menores ingresos y en las zonas urbano-marginales y rurales.

Uno de los problemas principales de la construcción de vivienda familiar en el Ecuador es la construcción progresiva, por etapas, que se va realizando sin un adecuado acompañamiento profesional que vaya supervisando la aplicación de la normativa vigente y el uso de materiales adecuados que permitan generar una obra de calidad y cumpliendo los estándares que cada familia requiere. Ese problema se va generando desde la planificación de la obra, sin un diseño adecuado y haciendo

cambios en el camino, modificando las condiciones de la obra sin tener en cuenta las repercusiones que esto genere en el momento de concluir un proyecto. Habitaciones que no cuentan con las dimensiones mínimas establecidas, recubrimientos no adecuados en cada caso, instalaciones con diámetros o tuberías no aceptadas en la normativa, materiales de baja calidad que son encontrados en el mercado por su bajo costo, escaleras construidas sin un acompañamiento técnico donde cada huella o contrahuella tienen diferentes medidas provocando una estructura sin una simetría arquitectónica que permita el uso adecuado de la misma entre otras son parte de los problemas que se presentan a menudo.

Todo este proceso es parte de una cultura social histórica como se han ido desarrollando las construcciones en el Ecuador debido a lo limitado de los recursos, sin un acceso claro a las líneas de crédito, principalmente en familias con empleos informales que no pueden aplicar a los requisitos básicos solicitados por una entidad financiera y sin un adecuado acompañamiento técnico de un profesional de la construcción que permita cumplir con la normativa y revisar cada uno de los materiales a utilizarse en todo el proceso de la obra.

Esto genera edificaciones con debilidades arquitectónicas, estructurales y de ingenierías básicas en sus instalaciones provocando un bajo desempeño térmico, una ventilación inadecuada, materiales de mala calidad y una nula aplicación de criterios técnicos de optimización energética que a la larga terminan afectando a la economía de sus propietarios con el elevado consumo de energía eléctrica por la utilización obligatoria de equipos de climatización que permitan obtener un área con mayores comodidades para las familias, lo que también incrementa la vulnerabilidad de los sectores principalmente los urbanos marginales donde se encuentran las familias con menores recursos económicos.

En numerosos casos, las viviendas no incorporan criterios bioclimáticos básicos, desaprovechando condiciones naturales favorables como la ventilación cruzada, la orientación adecuada o el control de la radiación solar. Esta situación se traduce en mayores consumos energéticos, condiciones de confort deficientes y un incremento de los costos de operación para las familias.

3.2.2 Infraestructura y desarrollo territorial

La infraestructura constituye la base sobre la cual se estructura el desarrollo territorial. La calidad de vida de las familias está ligada siempre principalmente a los sistemas de agua potable de las ciudades, las redes

viales con se cuentan, los equipamientos urbanos, la infraestructura eléctrica, entre otros, que son los parámetros que garantizan siempre las mejores condiciones en cada uno de los sectores y permite condiciones donde se logra minimizar las brechas que demuestran las diferencias en cada uno de los barrios de las ciudades.

En el Ecuador ese comportamiento diferenciado que se ha tenido en sectores de más alta plusvalía donde los inversionistas privados han permitido dotar de mejores condiciones de infraestructura a ciudadelas o desarrollos habitaciones modernos a diferencia de sectores suburbanos o urbano marginales que viven esperando la inversión de los entes públicos, los cuales siempre son limitados, y en muchos casos demoran en llegar a cada uno de los barrios donde las condiciones económicas de sus habitantes son evidentemente bajas. Estas asimetrías evidencian el desequilibrio en la planificación urbana, en las construcciones y en el tipo de construcciones que podemos encontrar en cada uno de estos casos dificultando la aplicación de un modelo sostenible, con un respeto al medio ambiental e inclusivo que permita generar un cambio en nuestras ciudades.

Otro problema recurrente es la ausencia de mantenimiento preventivo y de una planificación orientada al largo plazo. Muchas infraestructuras se conciben priorizando el costo inicial por sobre el análisis del ciclo de vida útil, lo que deriva en deterioro prematuro, mayores costos de rehabilitación y una menor resiliencia frente a eventos extremos.

3.2.3 Urbanización acelerada y expansión desordenada

El proceso de urbanización en el Ecuador se ha intensificado en las últimas décadas.

La mayoría de los casos de expansión urbana en el Ecuador principalmente en sectores donde la población vive con escasos recursos económicos se han dado sin una adecuada planificación urbana, en muchos casos sobre terrenos agrícolas y muy vulnerables a las afectaciones frecuentes por los efectos climáticos en cada zona.

Esto se ha visto más afectado cuando se asientan en terrenos que carecen de obras básicas como redes de agua potable, sistemas de alcantarillado sanitario o pluvial, redes de energía eléctrica, sistemas de telefonía entre otros, lo que complica el proceso de planificación urbana y de desarrollo ordenado en estos sectores.

Esta característica de expansión urbana cambia un poco en sectores de mayor plusvalía donde la empresa privada ha ido aplicando sus criterios técnicos enlazados con una visión comercial donde se ha podido mejorar un poco el tema de la planificación y minimizando el impacto que se pueda generar con el desarrollo de nuevas soluciones habitacionales en las ciudades.

3.3 Problemas estructurales del sector

3.3.1 Incremento de costos y baja productividad

El incremento sostenido de los costos de construcción constituye uno de los principales problemas del sector. La dependencia de materiales importados, la variabilidad de los precios internacionales, los costos logísticos y la ineficiencia en los procesos constructivos inciden directamente en el valor final de las obras.

La baja productividad es otro factor crítico. La limitada planificación, el escaso uso de herramientas digitales y la insuficiente capacitación técnica generan retrasos, reprocesos y sobrecostos. En muchos casos, la gestión de obra se apoya más en la experiencia empírica que en metodologías sistematizadas y verificables.

3.3.2 Informalidad constructiva

La informalidad representa uno de los mayores desafíos estructurales de la construcción en el Ecuador. Un porcentaje significativo de edificaciones se ejecuta sin permisos municipales, sin estudios de suelos, sin diseños estructurales adecuados y sin supervisión técnica profesional.

Esta realidad incrementa de manera significativa los riesgos vinculados a la seguridad estructural, particularmente en un territorio caracterizado por una elevada amenaza sísmica. Las edificaciones ejecutadas en condiciones de informalidad suelen emplear materiales de calidad variable, configuraciones estructurales inadecuadas y detalles constructivos deficientes, lo que reduce su capacidad de disipar energía y resistir solicitaciones extremas. Toda la informalidad en la construcción incrementa la posibilidad que las obras presenten colapsos o daños severos estructurales o de instalaciones ante la llegada de eventos naturales que afecten directamente a las obras y a las familias en sí. Además, es evidente que ante esta informalidad constructiva se complica la aplicación de la normativa vigente y aún más la aplicación de medidas

de sostenibilidad o de eficiencia energética por ser temas que requieren un mayor tratamiento técnico en sí.

En el mayor de los casos todos los esfuerzos se basan en avanzar cada una de las etapas propuestas en la planificación empírica que se han ido estableciendo y minimizando el costo final de la vivienda sin tomar en cuenta la calidad de materiales, durabilidad de los mismos o el comportamiento de cada uno de ellos y la optimización en el consumo del agua o de la energía eléctrica.

Esta lógica de corto plazo no solo afecta la calidad del hábitat, sino que también perpetúa patrones de alto consumo y bajo desempeño ambiental, contrarios a los principios de una construcción resiliente y regenerativa.

3.3.3 Desperdicio de materiales y gestión de residuos

El desperdicio de materiales es una constante en los sistemas constructivos tradicionales. La falta de planificación integral, el desconocimiento de técnicas de optimización y la escasa capacitación de la mano de obra generan grandes volúmenes de residuos durante la ejecución de las obras.

En la mayoría de los casos, los residuos de construcción y demolición no son clasificados ni reutilizados y terminan en botaderos informales, quebradas o riberas de ríos. Esta práctica representa una pérdida económica considerable y genera impactos ambientales significativos, evidenciando la ausencia de una cultura de economía circular en el sector.

3.4 Riesgos sísmicos, climáticos e hídricos

El Ecuador es un territorio altamente expuesto a amenazas naturales. La ubicación del Ecuador, en la zona central del continente, en una línea donde la vulnerabilidad sísmica y climática nos ha afectado tradicionalmente durante años, incrementa las condiciones de peligro que se puedan presentar en cada uno de los casos

El riesgo sísmico siempre será un factor de mucho cuidado en cada uno de los sectores del Ecuador debido a la ubicación en una zona de alta actividad tectónica. Es importante describir que el país cuenta con instrumentos normativos al respecto establecidos dentro de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, pero debido a todo el grado de informalidad con que se manejan las construcciones todo queda escrito en la normativa, pero no puesto en práctica de manera eficiente

Esta brecha entre la regulación y la práctica es particularmente evidente en edificaciones informales y en procesos de autoconstrucción, donde la supervisión técnica es limitada o inexistente, lo que incrementa la vulnerabilidad estructural del proyecto edificado.

Por otra parte, el cambio climático está intensificando amenazas de origen hidrometeorológico, tales como inundaciones, sequías prolongadas y procesos de erosión en zonas de ladera. Las fuertes condiciones climatológicas en cada una de las regiones del Ecuador han producido en la costa, grandes inundaciones, desbordamientos de ríos y deterioro de muros de protección. En el sector andino, en la sierra los deslizamientos son el pan de cada día, con grandes aluviones o desplazamientos de tierra que han dejado incomunicados a múltiples poblaciones por el daño constante de vías o carreteras. Así mismo grandes periodos de sequías en todas las regiones complica el caudal de sus ríos, generando problemas importantes en el sector agrícola, por falta de agua en sus plantaciones o en el sector eléctrico por la falta de agua para la generación energética en las grandes centrales con que se cuentan en el país. Todos estos problemas nos ponen ante la necesidad de incorporar criterios técnicos planificados para minimizar los impactos y estar prevenidos ante cualquier inconveniente que se pueda generar en el futuro mejorando la calidad de la planificación territorial con estrategias de adaptación climática antes este tipo de adversidades

La gestión del recurso hídrico representa un desafío crítico. La impermeabilización excesiva del suelo, la falta de sistemas de drenaje adecuados y la escasa incorporación de soluciones basadas en la naturaleza incrementan la vulnerabilidad urbana frente a eventos extremos.

3.5 Oportunidades para una construcción más eficiente y resiliente

A pesar de los desafíos descritos, el contexto actual ofrece oportunidades reales para transformar el sector de la construcción en el Ecuador. Con los criterios de optimización energética, con la aplicación a las nuevas estrategias y sistemas de economía renovables se convierten en la clave para disminuir el consumo y los costos operativos durante toda la vida útil de la edificación.

Con esto se quiere mejorar las condiciones de las viviendas, reduciendo los impactos negativos debido al uso de sistemas mecánicos tradicionales y bajando el consumo de energía eléctrica en las viviendas. Así mismo el uso de materiales locales con la aplicación de nuevas tecnologías que

permitan desarrollar soluciones que se apeguen a las condiciones climáticas y sociales de todo el país.

También hay que destacar la utilización de nuevos procesos con procesos prefabricados que permitan una metodología constructiva más rápida y limpia dentro de las construcciones, optimizando recursos, abaratando costos y bajando tiempos de ejecución. Todos estos cambios colaboran con el control de obra mejorando la productividad en cada uno de los procesos.

La capacitación técnica continua, la formalización del sector y el fortalecimiento de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad constituyen elementos clave para consolidar este cambio. El Ecuador cuenta con una riqueza climática, cultural y humana que puede convertirse en la base de un modelo constructivo innovador, resiliente y coherente con los principios de la ingeniería regenerativa.

Capítulo 4

Materiales sostenibles y regenerativos

La parte fundamental en el proceso de construcción se relacionan con los materiales a utilizarse dentro de toda obra de ingeniería. Es evidente que el tipo de materiales influyen en la calidad de la construcción y se enlaza en la vida útil de las mismas. Además, va incorporando su comportamiento a las condiciones climáticas adversas que se presentan en cada temporada. Es aquí donde debemos tener claro el tipo de materia prima con que se produce cada uno de los materiales utilizados desde su extracción hasta su disposición final los cuales deben estar comprometidos con la protección del medio ambiente y la aplicación de medidas de sostenibilidad que permitan bajar los impactos que cada material pueden generar en el proceso constructivo.

El modelo que se viene utilizando tradicionalmente en las construcciones que se ejecutan presenta un enfoque donde se privilegian la resistencia, el costo y la disponibilidad lo que ha permitido el desarrollo de la actividad constructiva en cada una de las obras. El problema que se presenta es el alto consumo energético y mala metodología en la extracción de los recursos donde la afectación al ecosistema, las elevadas emisiones de gases, la gran acumulación de residuos y los cambios climatológicos han impactado negativamente al desarrollo de la actividad en el país.

Por esta razón es importante la utilización de materiales que cumplan con condiciones de sostenibilidad lo que representa un giro significativo en la industria y en la actividad de la construcción. No solo por la disminución de los impactos sino por la culturización de todos los involucrados en el proceso con el uso de materiales verdes que generen un bajo impacto ambiental y permita el desarrollo de modernos sistemas ecológicos que mejoren las condiciones del entorno.

4.1 Materiales tradicionales y su impacto ambiental

Materiales como el cemento, el acero, el vidrio y los productos cerámicos han sido fundamentales para el desarrollo de la construcción contemporánea. Su estandarización y confiabilidad estructural permitieron resolver, a gran escala, necesidades habitacionales, industriales y de infraestructura. No obstante, el uso intensivo y poco reflexivo de estos materiales ha puesto en evidencia impactos ambientales que hoy resultan difíciles de ignorar.

Estamos claros que el principal componente en el proceso de la construcción es el cemento por su utilización en la producción de concreto en todas sus presentaciones y es la principal fuente de emisión de dióxido de carbono dentro de su fabricación, principalmente en su proceso de clinkerización con la descarbonización de la caliza y con la gran demanda de combustibles y electricidad. Por esta razón el cemento es uno de los principales actores de cambio que se necesitan para bajar los impactos generados por la industria de la construcción. Es importante destacar los controles de calidad con que cuenta la industria cementera es uno de los más importantes que existen en el país y siempre han estado preocupados de minimizar el impacto tratando de generar una industria más verde que baje el daño medio ambiental que se pueda generar.

En el caso del acero también presenta una huella ambiental muy considerable, debido a los grandes volúmenes de energía que se requieren en su producción. Un punto muy rescatable en el caso del acero es la reutilización del mismo y la capacidad de reciclar lo cual constituye una ventaja competitiva generando una economía circular en el sector. Esta característica del reciclaje es una gran ventaja que posee el acero en el proceso de construcción lo que permite bajar un poco el daño que este material pueda producir en su momento.

En el caso de los materiales de recubrimientos cerámicos o porcelánicos requieren de procesos de cocción los cuales generan altas temperaturas. Las extracciones de materiales pétreos directamente desde minas o canteras naturales pueden provocar alteraciones dentro del ecosistema con la contaminación de las aguas y el daño de los suelos, en muchos casos agrícolas. Todo esto sumado a los pocos controles de uso de suelos por los entes reguladores complican aún más el panorama.

Las cadenas de suministro y transporte de los materiales debido a todas las emisiones asociadas representan una gran amenaza en el medio de la construcción.

En tal virtud es importante buscar alternativas con esquemas circulares, sostenibles, amigables con el medio ambiente que permitan una selección y gestión de materiales que logre minimizar el impacto dentro de la actividad de la construcción.

4.2 Concreto sostenible y alternativas contemporáneas

El concreto es, sin duda, el material de construcción más utilizado en el mundo y uno de los pilares de la infraestructura ecuatoriana. Por esta razón,

cualquier estrategia orientada a mejorar la sostenibilidad del sector debe necesariamente abordar la transformación del concreto convencional.

El concepto de concreto sostenible se basa en la reducción de su huella ambiental mediante la optimización de componentes y procesos. La estrategia que se propone es la utilización de materiales cementantes alternativos que permitan suplir el papel del cemento tradicional y así bajar la huella ambiental, reduciendo las emisiones producidas por la producción de Clinker, para lo cual se ha analizado que en el Ecuador, por su ubicación geográfica, se puede utilizar cenizas volcánica o residuos con materiales puzolánicos donde se convierta en una alternativa viable y a su vez ir generando una economía circular que beneficie a los habitantes de la zona con la utilización de recursos locales y reutilizados.

Así mismo es importante pensar en la incorporación de agregados reciclados los cuales pueden generar resistencias aceptables y que puedan ayudar a reducir la huella que se produce con la explotación de estos materiales desde sus canteras o minas donde se generan múltiples daños con el paso de maquinaria pesada, los problemas de polvo que se generan, el derrame de combustibles y aceites entre otros. Es importante que se debe analizar su desempeño estructural tomando en cuenta que estos agregados reciclados no puedan tener el mismo comportamiento de los agregados tradicionales que son utilizados en el hormigón.

Otra estrategia que es importante aplicar en este caso es la optimización del diseño estructural, con modernos sistemas y con el uso de concretos de alto desempeño donde se puede mejorar el uso de estos materiales reduciendo la huella que se genera. Así mismo el componente prefabricado es una opción muy importante para la reducción de pérdidas y tiempos de ejecución en las obras lo que mejora la rentabilidad los costos finales de cada obra.

Sin lugar a dudas una construcción sostenible requiere de mucha investigación para la utilización de materiales no tradicionales que permitan mejorar las condiciones desfavorables que se presentan con la utilización de muchos los cuales desde su extracción de la materia prima van perjudicando el medio ambiente. Para esto es importante el papel que pueda ofrecer la academia con las universidades quienes pueden solventar estos procesos de investigación que permitan encontrar las nuevas vías de utilización de materiales no tradicionales y modernos que generen un cambio en el proceso constructivo reduciendo el daño ambiental.

4.3 Materiales naturales y locales: una revalorización técnica

Los materiales naturales y locales han acompañado históricamente a las comunidades humanas, adaptándose a las condiciones climáticas, culturales y geográficas de cada territorio. En la construcción contemporánea, estos materiales han sido frecuentemente subvalorados, sin embargo, desde una perspectiva técnica y sostenible, su revalorización resulta fundamental.

4.3.1 Caña Guadua

La caña guadua es uno de los materiales más poderosos en el ámbito de la sostenibilidad dentro de la construcción, debido a su resistencia, su durabilidad, su precio y por ser un material de la zona en el litoral ecuatoriano. Es un recurso renovable que permite la combinación de algunas características que pueden generar beneficios en el campo ambiental.

Este material es tradicional de la zona litoral e históricamente ha sido utilizado como elemento en andamios o no como material de construcción en todo tipo de obras por su resistencia y la facilidad de compra en estos sectores. Incorporarlo como un material alternativo de construcción directo permitiría realizar obras livianas y resistentes que cumplan con los parámetros de sismo resistencia establecidos dentro de la norma y bajando el impacto medio ambiental que se pueda producir tradicionalmente

Al mismo tiempo, su uso fomenta el fortalecimiento de economías locales, impulsa cadenas productivas sostenibles y promueve un modelo constructivo que articula el conocimiento tradicional con innovación técnica.

Existen múltiples estudios de la utilización de la caña guadua como elementos estructurales en columnas o vigas o como elementos de mamposterías champeadas con mortero generando un elemento acústico, reductor de calor, mejorando las situaciones de confort dentro de las viviendas y reduciendo el consumo energético debido a las condiciones de temperatura mucho más agradables que evitan el uso constante de acondicionadores de aires que elevan el costo final de la planilla de energía eléctrica en los hogares.

4.3.2 Madera

La madera, cuando proviene de fuentes gestionadas de manera responsable, es un material renovable con excelentes propiedades estructurales y térmicas. Su huella de carbono es considerablemente menor que la de los materiales industriales y contribuye al almacenamiento de carbono durante la vida útil de la edificación. Los sistemas modernos de madera estructural han ampliado sus posibilidades de aplicación, incluso en edificaciones de mayor escala.

4.3.3 Tierra

La construcción con tierra, en sistemas como el adobe y el bahareque, ha sido históricamente subestimada. Sin embargo, se trata de un material local, abundante y con excelente comportamiento térmico. Cuando se combina con un diseño adecuado, refuerzos estructurales y criterios sismorresistentes, puede ofrecer soluciones seguras, económicas y altamente sostenibles, especialmente en contextos rurales y vivienda de interés social.

4.4 Materiales reciclados y reutilizados: hacia una economía circular

La incorporación de materiales reciclados y reutilizados constituye un componente esencial de la economía circular aplicada al sector de la construcción. Este enfoque propone sustituir el esquema lineal de extracción – uso – desecho por un modelo en el que los materiales mantienen su valor durante el mayor tiempo posible, reduciendo la demanda de recursos vírgenes y la generación de residuos.

Existen muchos agregados que pueden formar parte de los hormigones en una obra, materiales alternativos no tradicionales que pueden generar una resistencia considerable y adecuada a las construcciones y de esa manera bajar el impacto que representa la utilización de agregados tradicionales. El raquí del banano, la cascara del coco, residuos de llantas, fibras de algunos materiales entre otros son materiales que requieren de un estudio previo para revisar sus condiciones de resistencia y así adaptarlos a aplicaciones constructivas. Aquí también entra el reciclaje de productos de todo tipo que pueden formar parte de la gran industria de la construcción y que puedan integrar la economía circular dotando de nuevas fuentes de ingresos para muchos habitantes de bajos recursos que mucho lo necesitan. Esta transformación cultural y educativa dentro del campo de la construcción es muy importante, con marcos normativos

modernos que regulen el uso de nuevos materiales y que se logre generar confianza en la población y en los técnicos responsables que se resisten al cambio quienes continúan usando materiales tradicionales con los viejos problemas conocidos. Todas estas alternativas van a dotar de soluciones sostenibles dentro del proceso de la construcción con innovación y desarrollo acorde a las nuevas tendencias en las que vivimos a nivel mundial

4.5 Criterios prácticos para la selección de materiales sostenibles

La elección de materiales con criterios de sostenibilidad no debe restringirse a proyectos emblemáticos o de alta visibilidad. Existen lineamientos operativos que pueden aplicarse a obras de diversas escalas y tipologías, integrando consideraciones ambientales, técnicas y económicas desde las etapas iniciales del diseño.

Uno de los criterios fundamentales es el origen local del material, lo que contribuye a reducir emisiones asociadas al transporte y a fortalecer cadenas productivas regionales. Es importante que se revise el impacto ambiental y las emisiones generadas en su proceso de producción desde la obtención de la materia prima de los materiales donde se debe considerar el consumo de energía y de agua. Es importante, además, definir la durabilidad de cada uno de los materiales y los procesos de mantenimientos que requieren luego del paso del tiempo. Cada material tiene un comportamiento totalmente diferente y en algunos casos se puede considerar un proceso de reciclaje de los mismos reinsertando su utilización en nuevos procesos de construcción generando circularidad en su ciclo de vida.

Además, es claro que el comportamiento de los materiales debido a las condiciones climáticas de la zona es muy importante cuando se revisan condiciones de calor, de humedad, exposición solar, absorción térmica entre otros que permiten definir cada una de las características básicas de los materiales y su comportamiento frente a las adversidades

Un análisis responsable y técnico de cada uno de los materiales permite orientar a un modelo responsable frente a las condiciones actuales de sostenibilidad y alineado a nuevos desafíos que se presentan en el mundo moderno y que los constructores estamos en la obligación de enfrentarlos en beneficio del medio ambiente y del planeta.

Capítulo 5

Energía, confort y eficiencia en edificaciones

Las edificaciones forman parte activa del territorio en el que se implantan. Lejos de comportarse como objetos estáticos, funcionan como sistemas abiertos que intercambian energía, aire, radiación y humedad con el ambiente con las personas que los habitan. De estos intercambios dependen tanto el consumo energético del edificio como su impacto ambiental de manera directa, el nivel de confort físico y psicológico que experimentan sus usuarios.

En el contexto actual atravesado por la crisis climática, el incremento sostenido del costo de la energía y la presión creciente sobre los recursos naturales el desempeño energético de las edificaciones ha pasado a ocupar un lugar central en la agenda del desarrollo sostenible. A escala global, el sector de la construcción y la edificación concentran una proporción significativa del consumo de energía final y de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta realidad resulta particularmente crítica en los países en desarrollo, donde gran parte del parque construido presenta bajos niveles de eficiencia energética y escasas estrategias de control ambiental.

En el caso ecuatoriano, la problemática adquiere matices propios. La diversidad climática del país que incluye regiones cálidas y húmedas, zonas templadas y áreas de clima frío ofrece condiciones favorables para la aplicación de estrategias pasivas de diseño.

El problema principal es la corriente de las construcciones tradicionales donde se continúan aplicando estrategias convencionales que terminan siendo perjudiciales y sensibles ante las condiciones actuales de sostenibilidad. Estos sistemas se preocupan únicamente de garantizar las condiciones de habitabilidad, pero sin analizar el comportamiento de cada uno de los materiales usados, sus costos de operación y mantenimiento, sin tomar en cuenta la demanda energética que significa desde sus inicios con el tratamiento de la materia prima.

5.1 ¿Cuál es la causa del alto consumo de energía en las edificaciones?

El consumo energético en el sector de la construcción está relacionado con muchos factores culturales, ambientales y técnicos dentro de todas las fases de las edificaciones desde su diseño, construcción y funcionamiento posterior.

Las malas decisiones que se toman desde el diseño arquitectónico con la distribución de los espacios, el nivel de asoleamiento y las condiciones del uso de los materiales que fueron utilizados en el momento de la construcción hacen que se tenga que sobrellevar las altas tarifas de consumo energético dentro de las edificaciones complicando las condiciones económicas de sus habitantes.

Ya en el uso diario de las viviendas, específicamente hablando, el control del gasto energético que se hace día a día es la única solución que se puede implementar operativamente cuando desde sus inicios no se tomaron las precauciones de optimización energética, de usos de materiales y de ejecución de estrategias que permitan minimizar el impacto de las condiciones de calor sobre la edificación y de esta manera poder bajar el consumo energético diario. El uso constante del aire acondicionado, los sistemas de ventilación principalmente en los climas calurosos y húmedos del litoral ecuatoriano son la principal causa del alto consumo de energía eléctrica en los hogares. La baja condición de protección térmica de las envolventes en las construcciones, cubiertas expuestas a elevada radiación solar son otras de las causas.

El desarrollo urbano con poca o inadecuada planificación también contribuye en el comportamiento energético, con edificaciones mal orientadas, disminución de la vegetación urbana, pocos planes de reforestación incrementan la formación de las denominadas islas de calor urbano que producen el incremento de la demanda en los sistemas de climatización en cada uno de los hogares y promueve su dependencia en las familias de la zona.

La poca cultura de eficiencia energética, sumado con los sistemas ineficientes de energía, durante todo el proceso de vida útil hace que se generen construcciones donde solo se mira la inversión económica inicial buscando bajar el costo de construcción, pero sin tomar en cuenta condiciones de optimización energética que nos permitan reducir el consumo durante el tiempo y bajar los costos operativos que esto conlleva en el futuro.

Indudablemente que la cultura de eficiencia energética tiene mucho que ver en los esquemas ineficientes con que se cuenta, donde un gran cambio sustancial permitiría desde sus inicios orientar el ahorro dentro del consumo energético, con el cambio de mentalidad desde el diseño, en el momento de la construcción y en uso diario operativo de las viviendas en todos los niveles de la sociedad ecuatoriana.

5.2 Diseño pasivo: orientación, ventilación y sombra

El diseño pasivo constituye una de las estrategias más eficaces y accesibles para reducir el consumo energético en las edificaciones. A diferencia de soluciones tecnológicas complejas, se apoya en principios simples: comprender el clima, aprovechar los recursos naturales disponibles y adaptar la forma del edificio a su entorno inmediato.

5.2.1 Orientación

La orientación de una edificación en relación con el recorrido solar y los vientos predominantes condiciona de manera decisiva su comportamiento térmico y lumínico. La ubicación de la edificación desde el momento de tomar la decisión de la compra del solar es fundamental en el desempeño lumínico de la construcción. Ese punto es fundamental para la compra de un solar o para la decisión de la ubicación de la vivienda en algún proyecto habitacional que se esté ofertando. El aprovechamiento de la luz natural, tomando en cuenta la llegada en las mañanas y la salida del sol en horas de la tarde optimizan el aprovechamiento de la luz natural y favorecen a la ventilación cruzada permitiendo bajar la dependencia con los sistemas de climatización utilizados tradicionalmente que son los responsables del alto consumo energético en las viviendas.

La exposición de las fachadas en las horas de mayor sol son el punto fundamental de generación de calor, aun mas cuando no se han tomado en cuenta las condiciones de afectación en las envolventes arquitectónicas de cada vivienda hace que se vuelvan más vulnerables a las causas que afectan el calor acumulado en cada edificación.

La adecuada disposición de vanos, corredores, balcones, aleros y espacios intermedios de transición contribuye a generar sombra, promover corrientes de aire y disminuyen la carga térmica interior. Estas estrategias pasivas permiten mejorar el confort ambiental de manera significativa, minimizando el uso de equipos mecánicos y optimizando el desempeño energético del edificio desde su concepción arquitectónica.

5.2.2 Ventilación natural

Dentro del proceso de diseño arquitectónico de las viviendas, la ventilación natural es clave para mejorar la calidad del aire natural y las condiciones de confort térmico con que se vive.

La renovación constante del aire, el aprovechamiento de la circulación de grandes corrientes de aires, la altura entre pisos, el ancho de pasillos y habitaciones, la ubicación de ventanas de circulación de aire permite manejar la temperatura interior de las viviendas y así generar una mejor condición de confort entre sus habitantes.

Otras estrategias arquitectónicas que pueden ser desarrolladas en el momento del diseño también permiten generar condiciones favorables dentro de las edificaciones como las doble alturas y los espacios abiertos promueven mejores condiciones de ventilación natural en cada uno de los diseños

Además, una ventilación adecuada contribuye al bienestar de los ocupantes al disminuir la concentración de contaminantes en los espacios interiores lo cual va más allá del tema arquitectónico y se relaciona con la salud interior de los habitantes en las viviendas

5.2.3 Sombra y protección solar

El control de la radiación solar es determinante para evitar el sobrecalentamiento de los espacios interiores. Elementos como aleros, parasoles, celosías, pantallas vegetales y fachadas ventiladas permiten bloquear la radiación directa sin comprometer el ingreso de luz natural.

Estas soluciones, además de su función térmica, pueden integrarse como componentes de identidad arquitectónica, incorporando materiales locales y técnicas constructivas tradicionales adaptadas al contexto climático y social.

5.3 Iluminación natural y confort térmico

La iluminación natural representa uno de los recursos más valiosos y al mismo tiempo más desaprovechados en la edificación contemporánea. Un planteamiento lumínico adecuado no solo disminuye el consumo de energía eléctrica destinada a la iluminación artificial, sino que también mejora la calidad visual de los espacios y ejerce efectos positivos sobre el bienestar psicológico, la productividad y la salud de los usuarios.

La luz natural es indispensable dentro de los diseños arquitectónicos de las viviendas y edificaciones de todo tipo. El uso de patios interiores, la ubicación de las ventanas, el alto entre lasas, los colores utilizados en paredes entre otros son condiciones que permiten tener habitaciones más claras que nos garanticen la distribución adecuada de la luminosidad interior. Así mismo el uso de controles de iluminación solar y lumínico aporta en los diseños y permite el uso adecuado sin que se produzca la pérdida excesiva de luz debido a las variaciones de radiación en los ambientes diseñados.

En nuestro medio el alto nivel de humedad con que se cuenta es una variable muy importante que muchas veces no es tomada en cuenta en diseños o en planes de optimización energética lo que perjudica la percepción que tienen de bienestar en cada uno de los ambientes.

Es claro que tener construcciones bien diseñadas arquitectónicamente donde se tomen en cuenta sistemas de ventilación natural y con condiciones favorables de confort térmico dentro del diseño nos permitirá tener viviendas o edificaciones acorde a las necesidades de los usuarios o propietarios sin depender de sistemas mecánicos de climatización con alto consumo energético

El empleo de materiales con adecuada inercia térmica, la aplicación de colores claros en fachadas y cubiertas para reflejar radiación solar, la integración de soluciones basadas en la naturaleza como cubiertas vegetales, muros verdes y arbolado estratégico contribuyen a estabilizar la temperatura interior y mejorar el desempeño térmico global del edificio, reduciendo su demanda energética.

5.4 Energías renovables en construcciones con parámetros de sostenibilidad

Una gran oportunidad energética para lograr minimizar los problemas que conocemos en la actualidad es la aplicación de energías renovables tomando en cuenta las virtudes con que cuenta el Ecuador con los recursos naturales como las horas de luz, los recursos hídricos entre otros.

Los beneficios que se conocen de la aplicación de energía fotovoltaica en las construcciones que se ejecuten en todos los niveles en el Ecuador son inigualables. Estos sistemas pueden ser implementados en cubiertas o estructuras que se adaptan a los diseños arquitectónicos en todo tipo de inversiones.

Es claro que con la generación de energía fotovoltaica podemos reducir la dependencia de la vivienda al sistema público y en algunos casos si la cantidad de energía fotovoltaica es mayor a la consumida en una edificación, ese excedente puede ser inyectado a la red y recibir alguna compensación por parte del ente público generador.

Además, es importante el uso eficiente de los sistemas de agua caliente en las viviendas o en construcciones de tipo comerciales, alimentados mediante el uso de sistemas de energía solar térmica, donde este tipo de agua es muy necesario y que cuando se usa con la energía de la red pública genera grandes kW de consumo diario afectando a sus propietarios con altas planillas de energía eléctrica.

En grandes potencias mundiales el uso de energía eólica termina siendo una gran salida a la implementación de generación de energía por métodos no tradicionales que sería muy conveniente aplicarlo en el Ecuador a diferentes escalas.

Es importante destaca que cualquier tipo de energía renovable que se proponga implementar en alguna edificación se debe contar con diseños que estén acorde a este tipo de nuevas tecnologías que permitan acoplarse a los cambios que la modernidad requiere.

5.5 Edificaciones eficientes con bajo costo operativo

Uno de los principales errores es pensar que la implementación de sistemas energéticos eficientes solo puede darse en proyectos de alta plusvalía con presupuestos altos. Estos sistemas pueden ser adaptados a todo tipo de edificaciones tomando en cuenta la demanda y la capacidad requerida en cada caso. Al final el ahorro o los beneficios generados terminan siendo proporcionales al valor de la demanda energética requerida en cada uno de los casos lo que convertiría en construcciones sostenibles en todo su periodo de vida

Estamos claros que dotar de edificaciones eficientes con sistemas modernos de energías renovables va a incrementar los costos finales de construcción, pero se termina disminuyendo, con el tiempo, los costos operativos y de mantenimiento obligatorios a la largo de la vida útil de la obra y dotando de mejores condiciones de habitabilidad y confort a sus propietarios.

Podemos concluir que la implementación de sistemas de energías eficientes en construcciones modernas adaptadas arquitectónicamente a

estos sistemas va a generar ciudades más resilientes que estén listas a enfrentar desafíos actuales económicos y ambientales

Nota adicional capítulo 5:

La simulación energética como herramienta de decisión

Por Pablo Muñoz Hernández

Hoy en día contamos con herramientas que nos permiten entender con bastante precisión cómo se comportará un edificio antes de construirlo o rehabilitarlo. Me refiero a herramientas de modelado energético y simulación dinámica. Algunos softwares avanzados permiten generar una recreación digital precisa del proyecto y testar distintas soluciones de diseño para evaluar cuáles tienen más sentido en términos de consumo energético, confort y, no menos importante, coste.

La aparición de estas herramientas tiene el potencial de cambiar el proceso de toma de decisiones, porque permite comparar alternativas con datos y considerar varios factores al mismo tiempo: las emisiones de carbono durante la fase operativa, el bienestar de los usuarios y los costes de funcionamiento del edificio. Si además cruzamos estos resultados con los costes de inversión de cada solución propuesta, podemos entender mejor los tiempos de retorno, priorizar medidas y evitar inversiones que no aportan suficiente valor.

El mayor impacto suele producirse en las fases tempranas del proyecto. Es ahí donde todavía se pueden tomar decisiones de gran peso con un coste relativo muy bajo: orientación, compacidad, relación entre partes opacas y acristaladas de la envolvente, distribución y relación entre usos y estancias, estrategias de sombra o planteamiento general de la envolvente.

Pero la simulación también aporta valor en fases más avanzadas. Incluso cuando la geometría, el programa y las orientaciones ya están definidos, sigue siendo posible optimizar soluciones concretas: características de los vidrios, transmitancias, factor solar, espesores de aislamiento, inercia térmica, protecciones solares, cubiertas verdes o dimensionado de sistemas renovables, entre otros aspectos.

No se trata de sustituir el criterio de arquitectos e ingenieros, sino de poner a su disposición herramientas que antes no existían o no tenían este nivel de precisión. La simulación energética debe entenderse como un aliado del proyecto: ayuda a contrastar intuiciones, detectar oportunidades y tomar decisiones más sólidas.

El objetivo final es tomar mejores decisiones: mejorar el comportamiento real del edificio y reducir costes, tanto en la operación como en la inversión inicial. Bien utilizada, la simulación ayuda a evitar soluciones sobredimensionadas, detectar medidas de alto impacto y orientar el proyecto hacia aquello que realmente aporta valor.

En definitiva, simular no es añadir complejidad innecesaria al proyecto. Es utilizar mejor la información disponible para diseñar, construir y rehabilitar con más precisión, más eficiencia y mejor criterio económico.

Capítulo 6

El agua como fundamento básico en el proceso de la sostenibilidad no es únicamente un recurso natural más dentro del sistema productivo; constituye la base misma sobre la cual se sostiene la vida, el desarrollo económico y la estabilidad ecológica. Su disponibilidad y calidad condicionan la salud pública, la producción agrícola, el funcionamiento industrial y la integridad de los ecosistemas. Sin embargo, durante décadas su gestión ha sido tratada de manera sectorizada, priorizando los procesos de captación, potabilización y descarga, sin integrar de forma sistémica su vínculo con el territorio, la dinámica climática y los procesos naturales.

El crecimiento demográfico es parte fundamental con la presión que se ejerce sobre los ecosistemas debido a la densidad poblacional que asociado a los cambios climáticos deja en evidencia los problemas que nuestros sectores presentan debido a la poca planificación urbana con que se cuenta, lo que también desnuda los inconvenientes en los sistemas de dotación de agua potable principalmente en países en vías de desarrollo como el nuestro.

En este punto podemos definir el agua como elemento principal en la vida de la población donde no solamente se capta, se utiliza y desecha, sino que también se puede reutilizar en labores secundarias que permitan su uso, disminuyendo la cantidad de agua que se requiere en cada edificación.

Para esto se requiere que el agua desempeñe un rol diferente al que ha visto desempeñando en cada una de las ciudades donde se debe involucrar en procesos ambientales y sostenibles favoreciendo la reducción de su demanda en diversos asentamientos poblacionales.

Con todo este enfoque se puede demostrar una gestión responsable dentro del proceso sostenible y ambiental que se quiere implementar en nuestra sociedad

El análisis incorpora una mirada contextual centrada en Ecuador y América Latina, regiones donde la disponibilidad hídrica coexiste, de manera paradójica, con escenarios de escasez local, contaminación y alta exposición a eventos extremos.

6.1 Dinámica urbana y presión sobre el recurso hídrico

El crecimiento de las ciudades ha implicado una demanda creciente de agua y una transformación profunda de los ciclos naturales. La

concentración de población, actividades económicas y servicios incrementa tanto el consumo de agua potable como la generación de aguas residuales.

Uno de los principales problemas es las grandes extensiones de terreno que se van generando, mejorando su nivel de relleno en cada sector lo que cambian los sentidos de escurrimiento del agua y los procesos de drenaje en las precipitaciones. El comportamiento hidrológico se va alterando a medida que va incrementando las soluciones habitacionales de todo tipo con o sin planificación previa.

En el Ecuador ese crecimiento constante en sectores urbano marginales sin una planificación adecuada hace que se cambien las condiciones hídricas en las ciudades. Esto se debe a los rellenos de las márgenes de ríos, esteros o sabanas que incrementa la vulnerabilidad frente a las adversidades que se presentan principalmente en la temporada invernal. En estos sectores es donde más se evidencia la desigualdad social y las amenazas ambientales con que se vive a diario y la poca planificación de los entes gubernamentales al respecto.

La llegada de muchas obras necesarias e indispensable hace que se altere el comportamiento hidráulico en la evacuación de las aguas lluvias en las ciudades. La pavimentación de muchas calles, los rellenos de solares bajos que almacenan tradicionalmente agua, entre otros generan una recarga de los acuíferos y la alteración de los volúmenes tradicionales de drenaje de las aguas productos de las precipitaciones que se tienen. Por esta razón en las estaciones invernales los sistemas de drenajes terminan colapsando permitiendo las inundaciones y los estancamientos de agua en diferentes sectores los cuales complican viviendas, locales, calles y todo lo que encuentra a su paso.

Por esta razón los sistemas de diseño urbano deben ser modernizados precautelando las zonas protegidas que requieren un tratamiento especial en relación a otras zonas, buscando integrar esa agua de las inundaciones a grandes sistemas de protección que permitan una adecuada evacuación de las mismas en sitios que no altere el ecosistema ni afecte a la población en riesgo.

6.2 Reutilización de la precipitación como recurso estratégico

La recolección y uso de agua lluvia representa una alternativa técnica viable para disminuir la presión sobre fuentes de agua tratada, especialmente en entornos urbanos donde la demanda es elevada. A pesar de su relativa

simplicidad constructiva y de los beneficios económicos y ambientales que ofrece, su aplicación aún es limitada, en parte por la falta de incentivos normativos y por la persistencia de modelos convencionales de abastecimiento.

La idea principal es crear sistemas paralelos de agua en las edificaciones con la finalidad de recolectar el agua producto de las precipitaciones y podría ser también la que utilizamos en lavamanos y en lavanderías la cual puede ser almacenada en cisternas paralelas para luego ser reutilizada principalmente en los sistemas sanitarios como en el caso de los inodoros en las viviendas donde se consume la mayor cantidad de agua por día por persona estadísticamente. Esta agua si cumple con unos niveles de filtración puede ser utilizadas en riego de jardines una vez que cumpla con parámetros básicos de pureza.

Es muy importante la reducción del consumo de agua potable, tomando en cuenta los niveles de sequías que en determinados momentos estamos afectados en diferentes sectores tomando en cuenta las condiciones climatológicas que se presentan en nuestros territorios. Además, es importante tomar en cuenta las temporadas de lluvias abundantes donde se puede almacenar grandes cantidades de aguas y de esta manera poder minimizar el impacto que esto generar en el ecosistema nuestro.

Incorporar estos sistemas desde la etapa de diseño arquitectónico permite optimizar costos y garantizar una integración funcional con la estructura del edificio. Más allá del aspecto técnico, su implementación contribuye a consolidar una cultura de gestión responsable del agua.

6.3 Hacia un drenaje urbano con enfoque ecológico

Los modelos tradicionales de drenaje han privilegiado la conducción rápida del agua hacia colectores y ríos, bajo el supuesto de que la eficiencia radica en su evacuación inmediata. Esto es el denominador común de nuestras poblaciones, siempre tratar de evacuar lo más rápidamente posible las aguas productos de las precipitaciones o crecientes para evitar las inundaciones que tanto nos afectan, pero al trasladar esas aguas a ríos, quebradas, esteros o sabanas no analizamos el impacto que puede generar aguas abajo a otras poblaciones o familias que también van a sufrir de estos inconvenientes.

Por todos estos detalles es importante la implementación de sistemas de drenajes pluviales sostenibles los cuales se presentan como una alternativa ante los deficientes sistemas con que contamos en la actualidad, ante

salvadas excepciones en grandes ciudades o en poblaciones que han tenido la posibilidad de implementar modernos sistemas de evacuación de aguas lluvias que les permiten una protección adecuada ante estos fenómenos naturales. Estos nuevos sistemas sostenibles priorizan las infiltraciones, el almacenamiento temporal del agua de lluvia para su reutilización evitando el desperdicio continuo como ocurre actualmente, proponiendo soluciones sostenibles desde el punto hidrológico.

Antes estas soluciones podemos plantear pavimentos permeables, modernas zanjas de recolecciones de aguas lluvias, encauzamiento de ríos, protección de riberas, grandes zonas de almacenamientos, dragados entre otros y así disminuir el caudal de los ríos para evitar los desbordamientos y futuras inundaciones. Adicionalmente se propone implementar grandes procesos de filtración donde se pueda mejorar la calidad del agua para su reutilización y reincorporación a los entornos que necesitan en nuestro medios.

Estos nuevos sistemas de drenajes sostenibles aportan un nuevo enfoque donde se enlazan con la transformación cultural y profesional en el ámbito de la ingeniería: se pasa de un paradigma centrado exclusivamente en la conducción eficiente del agua hacia otro que reconoce su papel como componente activo y estructurante del entorno construido.

6.4 Articulación entre infraestructura verde y azul

La planificación urbana contemporánea ha comenzado a reconocer la importancia de integrar los sistemas naturales dentro de la estructura funcional de la ciudad. En este marco, la infraestructura verde compuesta por parques, arbolado urbano, corredores ecológicos, cubiertas, muros vegetales y la infraestructura azul integrada por ríos, esteros, lagunas, humedales y cuerpos de agua configuran una red interconectada que regula procesos ambientales esenciales.

Todo este conglomerado ayuda a mitigar efectos enlazados con el cambio climático, la calidad de agua y cuidado de las especies en extinción. Además, se fortalece una función de tipo social dotando de sitios de recreación y esparcimiento en contacto con la naturaleza respetando su hábitat y basado en la comunidad y la sociedad en general.

En conclusión, viendo desde una visión regenerativa y sostenible se busca la protección de riberas y de cauces urbanos para evitar su destrucción y la afectación de los procesos naturales cuando se generan grandes obras de ingeniería y de hormigón que terminan afectando el ecosistema.

La incorporación de vegetación nativa, franjas de amortiguamiento y zonas de transición ecológica no solo reduce la vulnerabilidad frente a inundaciones, sino que restablece funciones ecosistémicas clave, mejora la calidad paisajística y refuerza la resiliencia territorial frente a escenarios climáticos cambiantes.

6.5 Conservación y restauración de ecosistemas hídricos

Los ecosistemas asociados al agua cumplen funciones indispensables en la regulación del ciclo hidrológico y en la conservación de la biodiversidad. Es claro la falta de planificación urbana y la expansión descontrolada con la ocupación de grandes extensiones de terrenos en las ciudades donde no cuentan con servicios básicos que permitan desarrollar de forma adecuada las actividades de las familias que viven en estos sectores lo cual provoca su grave impacto desde las perspectivas ambiental y técnica. Con los cambios que se van generando a nivel mundial y la propuesta moderna de sostenibilidad urbana se establecen modelos de protección con el uso adecuado de suelos en las ciudades, el tratamiento de las aguas residuales y modelos de restauración ecológica modernos. Todos estos casos no solo se orientan a la solución de los impactos ya generados sino a la recuperación de los sistemas naturales en función de la sostenibilidad ecológica.

Más allá de corregir desequilibrios puntuales, se trata de restablecer procesos hidrológicos, biológicos y paisajísticos que han sido alterados por dinámicas urbanas inadecuadas.

Desde una perspectiva regenerativa, el objetivo supera la simple reducción de la huella ambiental. La aspiración es revitalizar los ecosistemas hídricos, fortaleciendo su capacidad de autorregulación, adaptación y resiliencia frente a presiones antrópicas y climáticas.

Medidas de protección para la protección de ríos, esteros, sabanas son indispensables en este tipo de soluciones reconociéndolos como parte de una infraestructura natural con medidas generadas por el hombre que permitan combinar soluciones que sean sostenibles y amigables con el ecosistema.

Es importante destacar que las soluciones no constituyen solamente a una solución ambiental, sino con políticas estatales a largo plazo con bases ecológicas que fortalezcan el desarrollo urbano como un pilar fundamental buscando ciudades sostenibles, con protección ambiental y respetuosas del planeta en sí.

Capítulo 7

Construir con menor intensidad de carbono: desafíos y oportunidades para el sector

El sector de la construcción ocupa una posición determinante dentro del panorama climático global. No solo participa de manera directa en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo energético de los edificios, sino que concentra una elevada carga ambiental derivada de los procesos extractivos, industriales y logísticos que permiten materializar cada proyecto. Todo el proceso de construcción a nivel mundial promueve la movilización de materia prima, materiales, consumo de energía, movimiento de maquinarias, equipos camineros y traslados que terminan siendo muy considerable en el impacto generado al ecosistema.

En el balance total de estas emisiones, las actividades en el sector de la construcción representan una gran generación del impacto total, lo cual sumado a los problemas producidos por el cambio climático a nivel mundial terminan siendo un componente importante del daño que tradicionalmente hemos estado expuestos.

En los últimos años todas las políticas y estrategias dentro de los procesos técnicos de protección ambiental y buscando apegarse a los cambios generados dentro de la normativa de sostenibilidad se centraron en la eficiencia energética. Han existido cambios en los sistemas de climatización y en los sistemas energéticos a nivel mundial, pero a pesar de estos cambios se evidenció aún más que gran parte de las emisiones se generan antes del funcionamiento de los edificios, en su etapa de construcción, principalmente en todo el proceso de obtención y tratamiento de las materias primas, lo que conlleva a una visión diferente del ciclo de vida de los materiales.

Por esta razón la necesidad de bajar las emisiones de carbono en los procesos de construcción termina siendo una responsabilidad de todos los involucrados en los proyectos de construcción.

En base a lo expuesto es indispensable el nuevo enfoque que deben tener todas las construcciones pensando siempre en la parte regenerativa, sostenible y eco ambiental con procesos que permitan disminuir todas las emisiones incorporadas.

Finalmente podemos definir que los procesos de descarbonización en la construcción es uno de los caminos más adecuados para poder dar viabilidad competitiva de toda la cadena de construcción a largo plazo.

7.1 Comprender la huella de carbono en el ciclo de vida de una edificación

La huella de carbono constituye un indicador que expresa, en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), el volumen total de emisiones generadas directa e indirectamente por un producto, proceso o sistema. En el ámbito de la construcción, su análisis exige adoptar una perspectiva de ciclo de vida que abarque desde la extracción de materias primas hasta el fin de la vida útil de la edificación.

Dentro de este marco, resulta fundamental distinguir dos dimensiones interrelacionadas:

Carbono incorporado, que comprende las emisiones asociadas a la extracción, transformación y transporte de materiales, así como a los procesos constructivos, el mantenimiento mayor, las rehabilitaciones y la eventual demolición o disposición final.

Carbono operacional, vinculado al consumo energético durante la fase de uso del edificio: climatización, ventilación mecánica, iluminación, equipos, bombeo y demás sistemas auxiliares.

El desempeño energético ha sido tradicionalmente el problema que los técnicos nos fijábamos siempre dentro de los impactos del proceso de operación de las edificaciones. Con el paso del tiempo y con los planes de eficiencia se han incorporado nuevos procesos renovables que permiten minimizar el impacto. Según estudios se ha definido que todas las emisiones generadas durante del proceso de construcción de las edificaciones desde la extracción de materias primas hasta la puesta en funcionamiento de las construcciones representa más del 50% de todo el impacto que generan las construcciones durante su ciclo de vida.

Todos estos inconvenientes tienen consecuencias claves y significativas en el proceso de construcción y su operación. Por esta razón las soluciones que se propongan deben integrarse en planes a corto, mediano y a largo plazo para de esta manera buscar soluciones que permitan minimizar el impacto por parte de la composición de emisiones en todo el proceso.

En un contexto de urgencia climática, donde el factor tiempo resulta determinante para limitar el aumento de la temperatura global, la

reducción de estas emisiones tempranas se convierte en una prioridad técnica.

Incorporar la evaluación de la huella de carbono desde las etapas preliminares de diseño permite analizar comparativamente distintas alternativas estructurales, tipologías constructivas y materiales antes de su definición final. Esta aproximación facilita la toma de decisiones informadas, integrando criterios ambientales junto con consideraciones económicas, funcionales y normativas, y orientando el proyecto hacia soluciones de menor intensidad climática desde su concepción.

Esta práctica, cada vez más extendida en proyectos internacionales, debería consolidarse como herramienta habitual en la planificación de edificaciones públicas y privadas en América Latina.

7.2 Materiales, procesos industriales y emisiones asociadas

Los materiales estructurales predominantes en la construcción contemporánea concreto, acero y aluminio concentran una fracción significativa de las emisiones globales del sector. Su impacto no se limita al consumo energético de los procesos industriales, sino que incluye reacciones químicas inherentes a su producción.

El caso del cemento Portland es paradigmático. La fabricación de Clinker requiere temperaturas elevadas y genera emisiones tanto por combustión de combustibles como por la descarbonatación de la caliza.

Todas las emisiones que se generan en la industria de la construcción son claves en este proceso de análisis tomando en cuenta desde los inicios del ciclo en la obtención de las materias primas en el caso de los materiales de donde se analizan las reacciones químicas de cada material. En este análisis el componente más importante es el cemento el cual presenta un impacto significativo en todo el proceso constructivo en el rubro concreto y en todo lo relacionado con los morteros que se utilizan.

El acero es otro material importante por su alto requerimiento energético desde el proceso de extracción, la fundición y su elaboración. A esto se suma el crecimiento de la demanda de infraestructuras a nivel mundial lo que hace mucho más fuerte su requerimiento energético. A pesar de todo lo indicado el acero tiene un punto a favor por ser un material que permite labores de reciclaje o reutilización en el caso de demolición o rehabilitaciones de estructuras minimizando en algo el impacto generado, pero a pesar de todo mantiene niveles altos de emisiones en toda la industria de la construcción.

A estos impactos se suman factores operativos que con frecuencia reciben menor atención, tales como:

- Transporte de materiales a largas distancias.
- Uso ineficiente de maquinaria en obra.
- Sobreconsumo derivado de diseños sobredimensionados.
- Generación de residuos por planificación deficiente.
- Pérdidas por almacenamiento inadecuado.

En numerosos proyectos, una parte significativa de estas emisiones podría reducirse mediante una mejor coordinación técnica, optimización estructural y gestión logística eficiente. Esto evidencia que la transición hacia una construcción con menor carbono no depende exclusivamente de innovaciones disruptivas, sino también de decisiones profesionales informadas y rigurosas.

7.3 Estrategias de reducción de carbono con viabilidad económica

Persisten percepciones que asocian la descarbonización con incrementos inevitables de costos. Sin embargo, múltiples experiencias demuestran que muchas estrategias de reducción de emisiones pueden implementarse sin afectar la rentabilidad del proyecto e incluso generar beneficios financieros a mediano plazo.

Una de las medidas más efectivas es la optimización estructural. Es claro que cuando se diseñan edificaciones es importante optimizar el uso de los materiales, considerando cargas reales con las condiciones de suelo claras y con modelaciones estructurales modernas buscando el manejo eficiente de los recursos, pero sin afectar las condiciones de seguridad de la edificación y de esta manera poder reducir la incorporación de carbono en todo el proceso.

Así mismo es importante que se logre la utilización de materiales de la zona buscando siempre que tenga un buen comportamiento en todo lo relacionado con la durabilidad de los mismos y generando cadenas de economía circular que beneficien a los moradores de la zona y buscando condiciones medio ambientales para la protección del planeta. Esto al final beneficia a las condiciones de las construcciones porque minimiza las distancias de transporte de materiales disminuyendo el proceso de las emisiones que tanto afectan al sistema.

Así mismo el uso de materiales no tradicionales que terminan siendo recuperados o reciclados de procesos industriales como la escoria o de procesos agrícolas como las fibras vegetales terminan siendo una

excelente alternativa para bajar el impacto principalmente en la elaboración del concreto. En el Ecuador por ser un gran productor agrícola con una variedad infinita de producción es un punto del cual se debe tener muy en cuenta todo lo que tiene que ver con investigaciones y el desarrollo de tecnologías asociados a este tipo y así poder mitigar los impactos de la industria en estos casos.

Así mismo el diseño de edificaciones que utilizan mucho la ventilación natural, las condiciones bioclimáticas, la fortaleza del sol entre otros generan una disminución energética que al final presenta beneficios considerables, tomando en cuenta que los sistemas de climatización son los que mayor parte de la demanda energética de una vivienda o en edificaciones representa.

Con todo esto podemos demostrar que, haciendo una planificación responsable en toda la utilización de recursos, reduciendo desperdicios, reutilizando materiales o usando metodologías modernas de materiales prefabricados ayudan a mejorar el desempeño sin incrementar los costos finales de una obra y mitigando el impacto característico, histórico, de toda la actividad de la construcción.

Estas medidas evidencian que la reducción de carbono es, en gran medida, una cuestión de criterio técnico y planificación estratégica.

7.4 Edificaciones con balance energético cero

Internacionalmente se conocen como edificaciones Net Zero Energy Buildings NZEB donde presentan un balance energético cero, cuando después de un año de vida demuestran que generan la misma cantidad de energía que consumen. Todo esto lo pueden demostrar con la reducción de la demanda energética, la eficiencia de los sistemas integrados a la edificación y la generación de energía renovable.

Se promueven las edificaciones con criterios con mejor desempeño energético, reducción de emisiones donde se priorizan el diseño bioclimático, la envolvente térmica, sistemas eficientes, iluminación LED, Integración de energías renovables, entre otros.

Es importante destacar que las condiciones climáticas dentro del Ecuador son diferentes tomando en cuenta las regiones como la Costa, la Sierra o en Oriente. El diseño con características de ventilación natural, aprovechamiento de radiación solar natural pueden colaborar a minimizar el consumo de energía en las edificaciones. La implementación de paneles solares que permitan la generación de energía reingresándola al sistema

público y esta manera poder compensar los valores consumidos vs los valores generados permitirá a las familias un excedente económico de mucho beneficio para ellos.

Así mismo la nueva tendencia indica que no solamente se trata de reducir el impacto sino de integrar un efecto regenerativo en las construcciones con la utilización de materiales con baja de huella de carbono y estrategias de economía circular desde la etapa de diseño de las edificaciones.

Nota adicional capítulo 7:**Más allá del consumo energético: el valor del ciclo de vida****Por Pablo Muñoz Hernández**

Si analizar el rendimiento operativo de un edificio es importante, no lo es menos analizar su ciclo de vida completo. Durante muchos años, la sostenibilidad en edificación se ha asociado sobre todo al consumo energético durante la fase de uso. Sin embargo, una parte muy relevante del impacto ambiental de un edificio se decide mucho antes: en la elección de materiales, sistemas constructivos y criterios de diseño.

No todas las decisiones pueden valorarse únicamente por su impacto inicial. Un material puede tener un mayor impacto ambiental en su fabricación, pero una vida útil más larga, menor mantenimiento o mejores prestaciones a lo largo del tiempo. Del mismo modo, una solución puede ser más cara al inicio y, sin embargo, tener más sentido si reduce sustituciones, mejora la durabilidad o mantiene mejor su valor durante la vida útil del edificio.

Por eso, hablar de ciclo de vida implica analizar también la sostenibilidad económica del proyecto. No basta con comparar costes de inversión. Hay que entender qué ocurre durante los años de uso, mantenimiento, reposición y eventual desmontaje o demolición.

Hoy en día existen numerosas herramientas que nos permiten evaluar tanto los impactos medioambientales como los costes vinculados a nuestras decisiones de a lo largo de todo el ciclo de vida. Aun así, aquí conviene aplicar una mirada práctica. No siempre es necesario estudiar con el mismo nivel de detalle cada partida de un edificio. En muchos casos, una lógica similar a la regla de Pareto puede ser suficiente para orientar las decisiones: un número limitado de partidas concentra buena parte del impacto ambiental y económico del proyecto.

Estructura, envolvente, instalaciones y determinados acabados suelen tener un peso muy superior al de otros elementos menores. Priorizar el análisis sobre estas partidas permite identificar oportunidades reales de reducción de impacto y de coste sin convertir el proceso en un ejercicio inabarcable.

El edificio como banco de materiales

La circularidad introduce además un cambio de mirada. Un edificio puede trascender el concepto de producto terminado que cumple una función durante un periodo determinado. También puede entenderse como un conjunto de materiales, componentes y sistemas con valor futuro.

Hasta ahora, gran parte de la construcción ha funcionado bajo una lógica lineal: extraer, fabricar, construir, usar y demoler. Pero muchos de los sistemas que integran un edificio (o partes de esos sistemas) podrían reutilizarse o reciclarse si se diseñan desde el principio con esa intención.

Esto exige incorporar criterios de diseño circular: trazabilidad de materiales, sistemas prefabricados o desmontables, diseño para la deconstrucción y la adaptabilidad, facilidad de sustitución y, en definitiva, soluciones pensadas para poder separarse del edificio al final de su vida útil y reintegrarse en la cadena de valor. No se trata solo de reducir residuos. Se trata de conservar valor.

Probablemente este será uno de los grandes retos del sector de la construcción en los próximos años. Todavía no estamos plenamente preparados para capturar todo ese valor económico y ambiental. Pero el potencial está ahí. Un edificio no es solo un activo inmobiliario. También puede ser, si se diseña adecuadamente, un banco de materiales para el futuro.

Capítulo 8

Transformación digital y tecnología como catalizadores de la sostenibilidad

La revolución digital ha comenzado a redefinir de manera profunda el funcionamiento del sector de la construcción. Más que una simple incorporación de herramientas informáticas, se trata de una reconfiguración estructural en la forma en que se conciben, planifican, ejecutan y gestionan los proyectos a lo largo de su ciclo de vida. Esta transformación implica pasar de procesos fragmentados y reactivos a dinámicas integradas, predictivas y basadas en información verificable.

Revisando el enfoque sostenible, la tecnología toma un papel protagónico dentro de todos los proyectos, donde la optimización de los recursos tiene un papel fundamental, como la mitigación de los impactos ambientales y todo desde la etapa de diseño de las obras.

Los procesos de simulación permiten revisar cualquier escenario que se pueda presentar en el futuro reduciendo los riesgos y buscando las soluciones a tiempo para evitar contratiempos posteriores.

En el Ecuador, con todos los problemas económicos constantes, los efectos del cambio climático, las grandes brechas de desigualdad en los distintos barrios o sectores donde se ven las limitaciones o los problemas generados por la falta de obras de infraestructura sanitaria, la llegada de herramientas digitales es un importante mecanismo de cambio para mejorar las condiciones en el sector de la construcción. Se requiere la aplicación rigurosa de nuevos criterios técnicos que se adapten a las condiciones de la zona y de sus habitantes donde se destaque la reducción de desperdicios, la optimización energética que permitan fortalecer las condiciones de sostenibilidad de cada una de las construcciones y así poder entrar de lleno en un cambio profundo de las condiciones tradiciones que han estado vigente durante años en todos los procesos de construcción en este país.

8.1 De la fragmentación a la integración digital en la construcción

Históricamente, la construcción ha sido uno de los sectores menos digitalizados en comparación con otras industrias productivas.

La combinación de múltiples profesiones que convergen en el proceso de construcción, la dependencia de procesos tradicionales que no han sido

cambiado durante años, el uso de materiales con fuerte impacto ambiental, los desperdicios constantes en el proceso de construcción han generado siempre ineficiencias que han pasado factura con todos los impactos que se han presentado históricamente desde el diseño hasta el proceso operativo de las edificaciones.

Con la llegada de la era tecnológica se quiere superar muchos de estos inconvenientes los cuales en las grandes empresas constructoras se están aplicando estrategias novedosas de cambio que van dando resultados visibles, no así en el caso de las construcciones pequeñas tradicionales donde se continúan con metodologías obsoletas que afecta al proceso. Sin embargo, se busca una integración de profesionales de todas las profesiones relacionadas en el proceso constructivo que permitan la aplicación de estrategias que logren minimizar cada uno de los impactos que se presenten.

La llegada del BIM en todo el proceso de construcción es uno de los avances más importante de los últimos años en el campo de la construcción, el cual incorpora parámetros geométricos, físicos, de costos, ambientales, arquitectónicos, que dan una mejor visión de toda la planificación y de su construcción en sí. Esta interacción de profesiones permite detectar conflictos que se van generando en el proceso y buscar soluciones de inmediato en el proceso de la construcción beneficiando la secuencia adecuada respetando criterios técnicos y sostenibles.

Así mismo, al poder planificar más detalladamente desde el diseño permite simular y ajustar reduciendo retrasos, desperdicios y generación de emisiones dentro de todos los procesos constructivos que al final terminan perjudicando a la obra y su entorno.

El problema actual es la aceptación a los procesos BIM por parte del 100% de la industria de la construcción en el campo público y privado para ver la calidad de los resultados mediante la reducción de los impactos que es el objetivo final que todos queremos.

8.2 Gestión basada en datos: la base de decisiones sostenibles

La disponibilidad creciente de datos ha transformado la evaluación de proyectos de infraestructura y edificaciones. En el marco de la sostenibilidad, los datos permiten cuantificar impactos que anteriormente solo se estimaban de manera aproximada, facilitando comparaciones objetivas entre distintas alternativas de diseño.

Mediante herramientas de análisis y simulación es posible examinar variables como:

- Cálculos volumétricos de Obra
- Comportamiento calorífico de las edificaciones
- Demanda energética
- Comportamiento Hídrico
- Comportamiento sostenible
- Demanda de recursos para la operación
- Demanda de recursos para el mantenimiento

Todos estos cambios fortalecen los criterios y la toma de decisiones dentro de un proyecto, con valores más cercanos y reales que van asociadas a las soluciones que permitan aplicar términos ambientales y sostenibles acorde a las necesidades actuales.

En países como el Ecuador con climas diversos debido a su condición geográfica, los procesos de simulaciones estructurales, climáticas y energéticas terminan teniendo vital importancia en las aplicaciones de estas nuevas metodologías donde se analizan cada una de las condiciones en particular debido a los comportamientos ambientales distintos generando obras eficientes en todos los sentidos.

Todo este proceso no solamente radica en el proceso de diseño sino en el momento de su construcción y posteriormente para su operación y mantenimiento, donde se permite identificar falencias, perdidas o desviaciones que puedan ser ajustadas en el proceso disminuyendo la brecha que históricamente se ha generado entre las condiciones del diseño en lo teórico y en el funcionamiento en si de las edificaciones.

8.3 Optimización energética con automatización inteligente

La gestión sostenible dentro del proceso de las edificaciones en los últimos años se ha desarrollado mediante tecnologías de monitoreo con la aplicación de sensores de alta precisión que permiten optimizar el consumo energético, el consumo de agua, los niveles de climatización y las condiciones de confort de las edificaciones reduciendo perdidas innecesarias que históricamente se han mantenido debido a sistemas de control obsoletos que no permitían ese tipo de control.

Son sistemas modernos de automatización que permiten controlar los niveles de iluminación y los momentos de encendidos solo cuando se lo necesitan, el control de los niveles de ventilación o las condiciones de climatización con temperaturas agradables, pero cuidando la demanda

energética de los equipos lo que permite reducir el gasto, pero mejorando el confort de los visitantes y propietarios de las instalaciones.

Todo este tipo de sistemas inteligentes de sensores en el ordenamiento urbano en el caso de las ciudades permiten una gestión funcional, modernos e inteligentes con la optimización de recursos enlazados a los sistemas públicos sanitarios que dependen de los entes municipales y que en el momento de los eventos críticos que se presentan permiten una rápida actuación de los involucrados en generar soluciones operativas que logren solucionar los problemas suscitados, evitando las pérdidas económicas y los riesgos comunes en estos casos.

Todas estas tecnologías tienen una perspectiva regenerativa la cual logra fortalecer el entorno y llevan a un proceso más equilibrado para que las ciudades puedan enfrentarse a los problemas que se presentan anualmente debido al cambio climático.

8.4 Los problemas urbanos y la aplicación de la Tecnología

Todos los cambios tecnológicos que en la actualidad pueden aplicarse tienen la clave de buscar soluciones de bajo costo y de fácil acceso a los planes de mantenimiento, con la calificación de técnicos capacitados en cada zona que puedan hacerse cargo de esos trabajos y evitar la desconexión operativa de los mismos. En el Ecuador los problemas presupuestarios son claves y los sistemas con que se cuentan muchas veces no son compatibles con las nuevas tecnologías lo que resulta vital en el momento que se quiere implementar los nuevos sistemas.

Todas las soluciones que se quieran implementar deben ser económica y técnicamente viable a las condiciones actuales y deben permitir una aplicación de planes y metodologías sostenibles con el tiempo. El requerimiento de búsqueda de mejores procesos tecnológicos, depende a más de su costo de las condiciones de adaptabilidad tecnológica en los sistemas propios principalmente en la parte pública la cual termina siendo una gran limitante en el momento de la decisión final en la búsqueda de eficiencia y control de obra.

La capacitación continua de los técnicos que se encargan de la aplicación de estos sistemas es clave en el momento de la toma de decisión de compra o de implementación de los mismos. Además, estos cambios no solo requieren el costo y la adaptabilidad de los sistemas sino además un proceso de la culturización de los involucrados donde se requieren cambios de procesos y metodologías utilizadas con la finalidad de poder

implementar las mejoras que se requieren con las nuevas tendencias sostenibles a nivel mundial.

Existen muchos casos principalmente en el sector público en el Ecuador donde se han implementado sistemas tecnológicos modernos que ante el primer daño presentado no cuentan con técnicos o con los recursos necesarios para solventar los inconvenientes lo que complica su reparación o reinserción en los procesos de cambio.

8.5 La sostenibilidad y los profesionales de la construcción en la era digital

El profesional contemporáneo tiene ya un perfil acorde a los cambios, lo cual sale desde la academia, las universidades quienes han reformulado sus pensum en la búsqueda de la implementación de estrategias de sostenibilidad que permitan lanzar a la sociedad un profesional que tenga las herramientas necesarias para enfrentarse a los cambios que el nuevo proceso requiere. La necesidad de interpretar toda la información tecnológica y la integración de los diversos sistemas multidisciplinarios que se han ido generando hacen que el trabajo en equipo se haga cada vez más importante ante la necesidad de manejar muchos temas donde cada profesional pueda evaluar de mejor manera sus impactos de una manera más clara en la parte tecnológica, técnica, social o ambiental.

Por esta razón los nuevos profesionales y el trabajo en equipo se tornan muchos más indispensables con los nuevos conceptos de sostenibilidad y optimización de todos los procesos requeridos donde se busca minimizar las pérdidas y buscando procesos respetuosos del medio ambiente y una conciencia social acorde a los cambios que destacar en estos últimos años.

Toda la digitalización en el proceso de construcción se convierte en una herramienta para la reducción de impactos que logren conseguir entornos más equitativos en la ejecución de las obras desde su proceso de diseño, en la construcción, en la operación y luego en su mantenimiento final.

Es importante destacar que en este sentido, en el año 2014 en la Organización de Naciones Unidas ONU en la Cumbre del Clima Barack Obama, ex presidente de los EEUU, dijo en su discurso:

“Somos la primera generación que siente el impacto del cambio climático y la última que puede hacer algo al respecto”

Capítulo 9

Gobernanza, políticas públicas y financiamiento para una construcción sostenible

La consolidación de un modelo de construcción sostenible y con enfoque regenerativo no depende exclusivamente de avances tecnológicos, innovación en materiales o del compromiso ético de arquitectos e ingenieros. Aunque estos factores son fundamentales, resultan insuficientes si no están respaldados por un marco institucional sólido, políticas públicas coherentes y mecanismos financieros que orienten de manera sistemática el comportamiento del mercado.

Todos los cambios que se requieren en el sector de la construcción requieren de soluciones que se involucren en la planificación territorial, el financiamiento de dichas soluciones y la búsqueda de metodologías acorde a los cambios. Desde este punto de vista la empresa privada, los entes gubernamentales incluido el gobierno central desempeñan un papel clave para la generación de planes, metodologías y normativas que logren una aplicación acorde de todos los cambios propuestos dentro del desarrollo urbano.

En el caso del Ecuador donde la demanda de vivienda es muy amplia, donde todavía se mantienen invasiones de grandes lotes de terrenos sin los servicios básicos necesarios y elementales para tener una vida digna, cada normativa que se apruebe, cada plan que se aplique y cada proyecto que se ejecute constituyen una propuesta de cambio a largo plazo para poder entrar en una era sostenible que se requieren en el nuevo contexto mundial de este tema.

9.1 El papel del Estado y los gobiernos locales en la transformación del sector

El Estado tiene la responsabilidad de establecer las reglas del juego bajo las cuales se organiza el territorio y se desarrolla la actividad constructiva. A través de marcos legales, reglamentos técnicos, políticas de inversión y sistemas de control, define los estándares mínimos que orientan la actuación de profesionales, empresas y ciudadanos.

Sin embargo, su función no debe limitarse a regular o sancionar. En todo este proceso de cambio y de búsqueda de poder implementar procesos sostenibles y amigables con el medio ambiente el estado cumple un papel

fundamental y preponderante en la ejecución de la obra pública donde se deben implementar soluciones que incorporen criterios de optimización energética y de acciones sostenibles que logren minimizar el impacto ambiental. Además, con la aplicación de una nueva normativa en el sector público, con la llegada del BIM y la aplicación de nuevas tecnologías se puede lograr las metas propuestas. Cada una de las obras que se ejecuten en el sector público deben ser laboratorios demostrativos donde se evidencien las soluciones sostenibles que indiquen la viabilidad de cada uno de los procesos. Todos estos procesos deben ser replicados en el campo privado de la construcción para así poder enlazar los objetivos propuestos.

Ya en cada una de las ciudades los municipios tienen un papel preponderante y directo sobre la ejecución de proyectos públicos donde son responsables del ordenamiento territorial, del control de construcciones y la gestión de los servicios claves de saneamiento. Por esta razón toda la gestión pública municipal, local debe también estar enlazada con soluciones sostenibles que sean aplicadas en todas sus obras con metodologías adecuadas y la aplicación de tecnologías que permitan valorar cada uno de los cambios propuestos para así definir la viabilidad de lo ejecutados y poder en algún momento demostrar la reducción del impacto que se ha generado con los cambios.

Cuando se logre empatar las políticas del gobierno central y de los gobiernos locales municipales todos los procesos de sostenibilidad que se quieran aplicar dejaran de ser iniciativas dispersas y logran aterrizar con un eje de cambio en el desarrollo territorial a corto, a mediano y a largo plazo.

9.2 Normativa y planificación urbana con enfoque sostenible

La normativa urbana constituye uno de los instrumentos más poderosos para orientar el crecimiento de las ciudades. Los códigos de construcción, los planes de uso de suelo y los reglamentos técnicos no solo establecen parámetros físicos, sino que configuran patrones de movilidad, consumo energético y acceso a servicios.

Un enfoque sostenible en la planificación urbana busca equilibrar tres dimensiones fundamentales: viabilidad económica, equidad social y protección ambiental. Esto exige superar modelos expansivos caracterizados por baja densidad, segregación espacial y alta dependencia del transporte motorizado.

Entre los principios centrales de una planificación sostenible se destacan:

- Fomentar ciudades compactas con densidades equilibradas.
- Promover la mezcla de usos para reducir desplazamientos.
- Proteger zonas de valor ecológico y áreas de riesgo.
- Incorporar infraestructura verde y sistemas urbanos de drenaje sostenible.

Un diseño bioclimático óptimo en las construcciones que se diseñen y se ejecuten en el futuro implica un cambio en el desempeño energético y ambiental. Para esto es importante adaptar la normativa vigente con la finalidad de incorporar parámetros de sostenibilidad en la misma y así poder facilitar este tipo de acciones que puedan ser ejecutadas y supervisadas con base a una normativa clara que permita tomar decisiones de aprobación o sancionatorias de ser el caso. Esto es fundamental para la búsqueda de soluciones sostenibles como el aprovechamiento del consumo del agua, la aplicación de sistemas de energía renovable o en el caso del uso de materiales con baja huella de carbono entre otros y así poder encaminar las construcciones del Ecuador al mundo de la sostenibilidad con todas sus implicaciones.

La planificación urbana sostenible no implica frenar el crecimiento, sino dirigirlo estratégicamente hacia modelos más resilientes y eficientes.

9.3 Gestión de proyectos Sostenibles

Una gestión ambiental y sostenible en proyectos de construcción no solamente debe quedar en el papel de la incorporación en una normativa técnica sino de ir más allá buscando la educación y la concientización de los involucrados con la finalidad de encontrar acciones en el proceso de diseño, ejecución, en la operación y en el mantenimiento de la obra, aprovechando recursos y materiales que generen un bajo impacto ambiental y que permitan en algunos casos la reutilización y el reciclaje para evitar daños en el ecosistema. Todo esto debe ser engranado dentro de todo el ciclo de vida de las construcciones buscando la optimización de cada recurso invertido siempre dentro de los parámetros sostenibles

Así mismo es importante definir que la implementación de estas nuevas estrategias en el modelo de la construcción debe enmarcarse en la reducción de costos dentro del todo el proceso de la construcción. Puede darse el caso que exista algún incremento mínimo al inicio en la etapa de diseño o al empezar la ejecución de los trabajos, pero ya en la parte

operativa de la obra y en su mantenimiento los costos deben reducir en comparación con los tradicionales demostrando la eficacia de la alternativa propuesta y generando un cambio en los criterios básicos de construcción que se vienen ejecutando en nuestro país.

Se busca siempre mitigar los impactos negativos que históricamente se han tenido dentro del proceso de construcción de las edificaciones y buscar beneficios del entorno con las nuevas metodologías que se puedan aplicar con los cambios.

9.4 Financiamiento de construcciones verdes

Uno de los paradigmas con que se cuenta es la idea de pensar que los cambios o las nuevas prácticas sostenibles dentro de rama de la construcción generaran mayores costos dentro de las obras durante todo su ciclo de vida, donde no se toman en cuenta los costos finales de operación y mantenimiento a los que también están ligados los presupuestos con que se cuentan. Dentro del análisis del ciclo de vida de las construcciones, los beneficiarios siempre se han preocupado de los costos de diseño y construcción de las obras, pero no de todo lo que representa en operación y mantenimiento posterior que al final también están relacionados en la vida útil de las obras. En lo que respecta con la construcción de viviendas muchos propietarios solo se preocupan de los costos de construcción eliminando aún más los costos de diseño, los cuales sencillamente no son tomados en cuenta y debido a los vacíos en los controles o en la normativa terminan construyendo viviendas sin un acompañamiento técnico y sin un diseño que les permita generar una construcción apegada a los estándares técnicos básico para este tipo de edificaciones. Por esta razón siempre se ve que la aplicación de soluciones sostenibles tiene costos muchos mayores en el área de la construcción lo que termina siendo un limitante para pequeños promotores, desarrolladores de este tipo de proyecto o los beneficiarios finales. Ya en el contexto del financiamiento de obras de todo tipo en el ámbito público o privado se dan privilegios para construcciones verdes o sostenibles que demuestren la aplicación de parámetros razonables y el cuidado medio ambiental establecido en la nueva normativa. Estos beneficios en los financiamientos de obras pueden dar privilegios en el precio de la misma, en el caso de viviendas, o en los parámetros del financiamiento como tasas de interés o años de gracia en los créditos.

Así mismo en el ámbito público la construcción de obras sostenibles, verdes, puede generar reducciones tributarias o exoneraciones, reducción

de impuestos municipales, facilidad en aprobación de procesos, certificaciones sostenibles entre otros lo que puede convertir al sector financiero y a los entes municipales y estatales en aliados estratégicos en la búsqueda de soluciones y la implementación de cambios sostenibles en las construcciones que se ejecuten para así lograr la integración de todos los esfuerzos que se apliquen dentro de esta transición hacia la sostenibilidad.

9.5 La sostenibilidad y la política pública

La generación de una política pública sostenible en el campo de la construcción con una normativa clara, moderna y con beneficios que favorezcan a los interesados, ya sean estos propietarios, constructores y profesionales es el punto fundamental a donde debemos llegar. La sostenibilidad no se debe ser solamente aplicada a grandes proyectos emblemáticos sino en obras públicas o privadas, como infraestructura, vivienda, centros educativos, hospitales, obras de desarrollo productivo entre otros.

Para la aplicación de esta política es importante una visión estratégica, normativa, participativa, evaluatoria que represente cada uno de los intereses de los involucrados en los cambios que se promueven.

Todos estos parámetros van a generar confianza entre los involucrados con resultados e indicadores medibles que permitan evidenciar los cambios sostenibles que se proponen.

Promover ciudades resilientes con construcciones eficientes y una gestión que demuestre el cambio responsable hace que la sostenibilidad no solamente quede en la parte teórica, sino que demuestre con la práctica la ejecución de proyectos que cumplan con cada uno de los estándares actuales.

Capítulo 10

Casos reales con parámetros de sostenibilidad de los autores

La sostenibilidad deja de ser un sueño cuando se logran plasmar proyectos reales donde se apliquen este tipo de investigaciones que permitan generar impactos positivos en beneficio del ecosistema. En este contexto los autores de este libro hemos estado involucrados en proyectos sostenibles que han hecho realidad donde se ha plasmado cada uno de los conceptos teóricos que se viene discutiendo últimamente a nivel mundial.

Por esta razón se presentan obras, consultorías de diseño, publicaciones o investigaciones donde se evidencia la aplicación de cada una de estas estrategias demostrando que las construcciones sostenibles son una realidad viable técnica, ambiental y económicamente hablando

10.1 Obras relevantes

10.1.1 Edificio de CNEL – Babahoyo

El Edificio de la Unidad de Negocio CNEL Babahoyo constituye el primer edificio institucional que incorpora condiciones formales de sostenibilidad en la provincia de Los Ríos, y de manera particular en la ciudad de Babahoyo, marcando un hito en la evolución de la infraestructura pública de la región. Su diseño y ejecución representan un avance significativo hacia edificaciones más eficientes, confortables y responsables con el entorno climático local.

Este edificio destaca la incorporación de un sistema de generación fotovoltaica diseñado para reducir la dependencia que tiene CNEL con la red convencional y de esta manera reducir la huella de carbono en el momento de su operación. Esto fue posible implementarlo tomando en cuenta la fuerte incidencia que tiene el sol en la ciudad de Babahoyo y en la ubicación urbana que tiene el edificio el cual recepta todo el sol de la tarde en la zona con lo que logra integrar las energías renovables al sistema público de la ciudad.

Además, toda la envolvente arquitectónica del edificio tiene el impacto directo con el sol de la tarde debido a su ubicación geográfica dentro de la ciudad, pero buscando una protección térmica con la finalidad de bajar el impacto de calor producido por el sol de la tarde y mejorar el desempeño térmico del edificio se colocó lana de vidrio entre la pared de

fachada del edificio y el revestimiento de la estructura del aluminio compuesto que estaba incluido en el diseño de la obra. Esto permitió la reducción del calor interno en el edificio generando ambientes confortables, bajando la utilización de los sistemas de climatización, destacando su eficiencia y además reduciendo el consumo de energía eléctrica que se contabiliza al final del periodo en la nueva obra, poniendo el ejemplo CNEL EP con la optimización del consumo de energético de sus instalaciones.

Así mismo en el proceso de eficiencia energética todo el sistema eléctrico del edificio cuenta con sensores de movimientos que activan la iluminación en los sitios donde existe circulación de personas optimizando el consumo de energía cuando los sectores están vacíos o no tienen presencia constante de empleados. Además se lograron instalar luminarias de alta eficiencia, modernas tipo led en cada uno de los pisos destacando su nivel de iluminaciones, pero disminuyendo el consumo final dotando al edificio de un confort visual por la calidad de la moderna iluminación que se instaló.

Con estas estrategias se lograron alcanzar altos indicadores de eficiencia energética, lo que genera posteriormente reducción de costos operativos y de mantenimiento convirtiendo este edificio en un referente de las construcciones públicas de la provincia de Los Ríos por ser el primer edificio que cuenta con este tipo de condiciones de eficiencia energética con criterios modernos de sostenibilidad.

Si bien no fue concebido originalmente bajo un enfoque regenerativo integral, el Edificio de CNEL Babahoyo demuestra que la infraestructura pública puede liderar procesos de transición hacia la sostenibilidad, adaptándose a las condiciones climáticas locales y promoviendo una gestión más responsable de los recursos.

Entre los principales aspectos destacables se encuentran:

- Diseño arquitectónico funcional, orientado a la optimización de espacios.
- Disminución de consumo energético con la incorporación de criterios de iluminación natural tomando en cuenta sistemas constructivos mejorados destacando normativa, durabilidad, seguridad estructural y costos bajos de mantenimiento.
- Un enfoque regenerativo en base a los pedidos de la entidad contratante buscando construcciones publicas más eficientes y con parámetros de sostenibilidad.

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CNEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA UNIDAD DE NEGOCIO LOS RÍOS.

Arquitectura: Arq. Raúl Villegas Riera. /Colaboradores, Arq. Luis Solorzano, Ing. Kleber Prieto, Arq. Henry Acosta, Ing. Wilson Plazarte

Arq. Pablo Muñoz Hernández Consultor en Sostenibilidad: EVALORE – Barcelona España

Estructura: Ing. Ignacio Chalen Bustamante (†) 1 Etapa. Ing. Genaro Huilcarema (2 Etapa)

Diseño Geotécnico: Ing. Freddy Banegas

Instalaciones Eléctricas y Electrónicas: Ing. Antonio Mazacon

Instalaciones Mecánicas: Ing. David Escalante

Instalaciones Sanitarias y Contra incendios: Ing. Charles Alcívar.

Constructor: Consorcio Edificio UDN GP

Fiscalizador: Ing. Héctor Crespo Caicedo.

Propietario: CNEL EP

Proyecto: 2016-2025

Área de terreno: 2550.77 m²

Área de Construcción: 2385.56 m²

Costo de Obra 1 Etapa: \$771.578,97.

Costo de Obra 2 Etapa: \$2.007.563,78.

Costo de Optimización Energética: \$154.348,64. (7.14%)

Costo total de la Obra: \$2.933.491,39. Costo por m²: \$1299.68

Ubicación: Calle A y Avenida Enrique Ponce Luque esquina sector Barrio Lindo, Cantón Babahoyo, Provincia Los Ríos, Ecuador.



El Proyecto inició el año 2016 sufriendo una paralización hasta el año 2020, posteriormente se reactivó en el año 2024, en cuyo proceso de ejecución de obra se implementaron criterios de optimización energética, dando cumplimiento al Acuerdo Ministerial No. MEM-MEM-2022-0022-AM de fecha 02 de junio de 2022, que expide las políticas públicas para fomentar la eficiencia energética del Ecuador, este proceso tuvo la finalización de la obra del Edificio de CNEL UN. LOS RIOS en septiembre del 2025.

La adaptación al cambio climático y la crisis energética global, reconoce la urgencia de enfrentar las consecuencias del cambio climático, ejemplificadas por la crisis energética de 2024 en el Ecuador. Esto impulsa la necesidad de replantear las políticas públicas y los procesos constructivos hacia soluciones más sostenibles, siendo la, optimización energética en fase de obra del proyecto CNEL, la estrategia planificada, para reducir el consumo energético y aumentar la eficiencia del edificio.

El enfoque colaborativo e interdisciplinario destaca la importancia de la sinergia entre todos los agentes involucrados en el proceso de construcción, desde el diseño hasta la ejecución, para lograr resultados de calidad y soluciones eficaces dentro de una visión que nos aproxima hacia

construcciones sostenibles eficientes, para lograr este objetivo, se planteó el uso de tecnologías en la toma de decisiones en fase de obra donde se emplearon herramientas tecnológicas para analizar el comportamiento energético y fundamentar las decisiones de mejoras en el diseño y ejecución de la construcción.

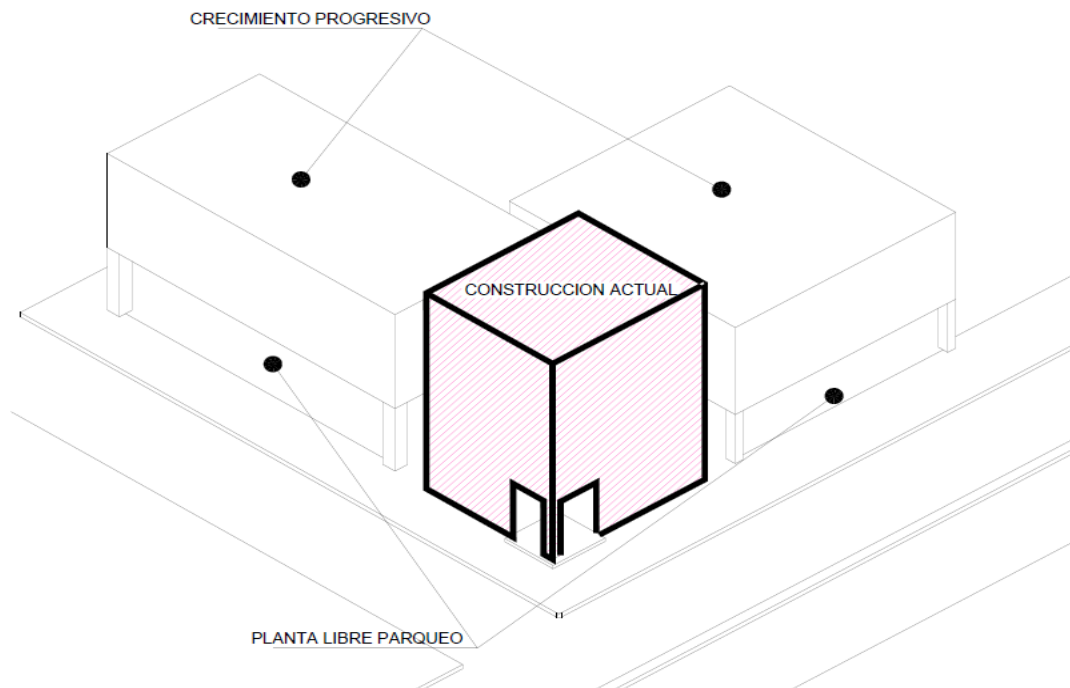


Tratamiento de la parcela y emplazamiento.

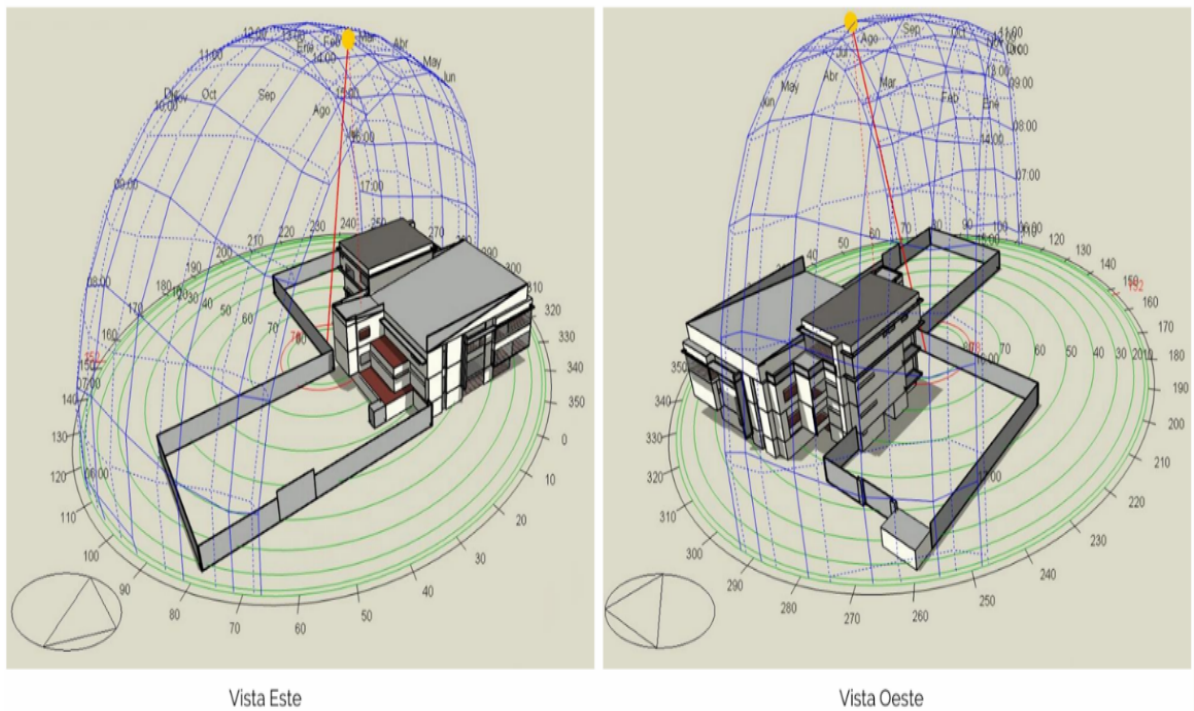
Las características geográficas de la ciudad de Babahoyo, definen zonas inundables como parte de la cuenca baja del río Guayas, lo que genera carencia de suelo urbano y altos costos para urbanizar.

El terreno de CNEL se implanta en una zona de alta plusvalía en el centro de la ciudad, contigua a una avenida principal, con un conjunto de equipamientos urbanos en las zonas de influencia.

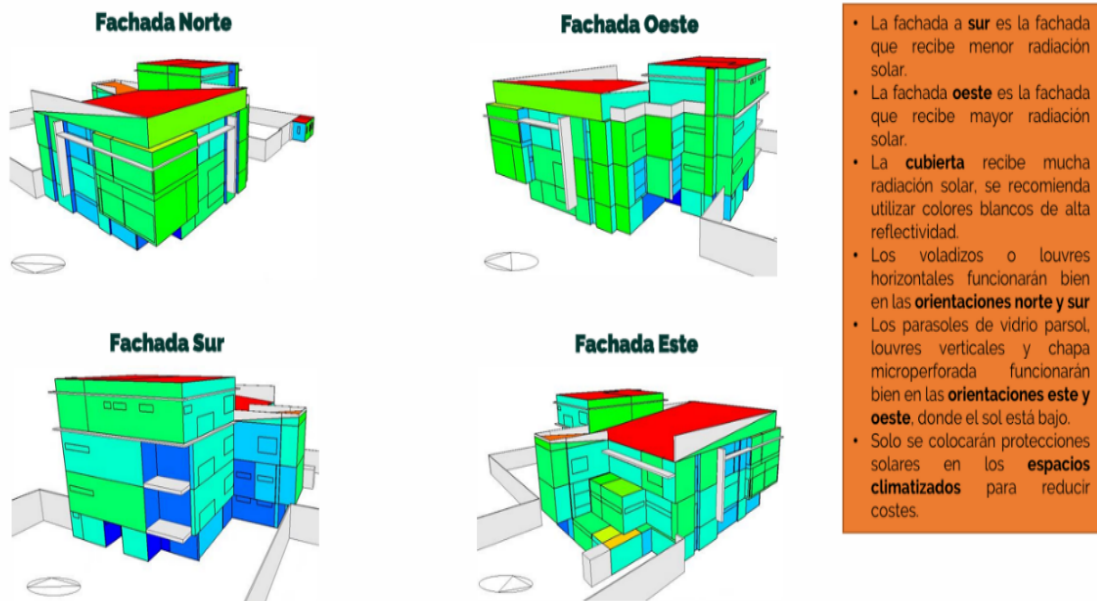
Las actividades institucionales en el tiempo conllevan necesidades que deben tener respuesta física en la programación arquitectónica. Estas actividades de diversa naturaleza deben interactuar de una manera armónica con el entorno, respondiendo de manera eficiente a las características del lugar.



La edificación se implanta en la esquina principal del terreno con criterios de modularidad, que permitirá un desarrollo de crecimiento progresivo de la edificación, permite la construcción de un conjunto de edificaciones por fases o bloques hasta en 3 etapas, con una concepción arquitectónica que permita el acoplamiento de una conjunción entre la forma y el programa arquitectónico a través de una geometría racional y simple emplazamiento, se analiza el recorrido solar y su incidencia durante los diferentes meses del año y en cada hora. Las condiciones climáticas analizadas en Babahoyo, determinan una temporada de lluvia opresiva y nublada, la temporada seca es húmeda y parcialmente nublada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22°C a 31°C y rara vez baja a menos de 20°C o sube a más de 34°C.



implementación de nuevos criterios que son asumidos por todos los agentes del proceso de manera positiva, estableciendo una nueva propuesta en la envolvente arquitectónica, las instalaciones eléctricas y en los sistemas de climatización.



Las recomendaciones detalladas a continuación fueron debatidas entre los equipos técnicos de los agentes de la construcción:

- Controlar la iluminación artificial.
- Colocar aislamiento en la cubierta
- Aislar la fachada dentro del revestimiento por el exterior.
- Utilizar chapa microperforada del 50% en las orientaciones Este-Oeste
- Utilizar voladizos de 1m en las orientaciones Norte-Sur



- Se recomienda aislar el tabique de separación de estos espacios con respecto a los espacios climatizados para minimizar la transmisión

de calor. Se recomienda la instalación fotovoltaica de 71 kW en la cubierta, empezando con una primera fase de 30 kW. Buscando la adaptabilidad a los cronogramas de obra y a los sistemas constructivos disponibles en el medio, dentro del marco presupuestario establecido por el promotor del proyecto se ejecutó el proceso de optimización con los resultados esperados.

Calidad del ambiente interior, salud y bienestar para los ocupantes.

La calidad del espacio interior, está relacionada a una vivencia que vincula al hombre con la naturaleza y la necesidad de recrear atmosferas naturales que aporten al bienestar físico y mental de los usuarios del edificio de CNEL.

La aplicación de criterios de diseños biofílicos en el entorno exterior e interior del edificio, conlleva la creación de un diseño paisajístico que utiliza un conjunto de especies nativas naturales que aportan color y confort al conjunto de visuales al recorrido del usuario en el edificio.







El uso de jardines verticales artificiales en el interior, permite minimizar el costo de mantenimiento, no requieren procesos tóxicos de fumigación, y se combinan con plantas naturales en maceteros, que pueden ser movidos al exterior para su mantenimiento.

Esta fusión de especies naturales y elementos artificiales, aportan calidad al espacio interior y exterior, junto a otras estrategias, como la creación de un área de cafetería que incluye un área de terraza, con el objetivo de repotenciar los recursos humanos de la empresa. Alineando el bienestar de los trabajadores, para mejorar el desempeño y el crecimiento en los planes de carrera institucional.

El sistema de ventanas del diseño original, contemplaba el manejo de un sistema de piel de vidrio, que fue cambiado por un sistema de ventanas corredizas, que permiten la apertura de las ventanas para alternar con el sistema de climatización en el caso de ser requerido para permitir la renovación natural del aire y reducir posibles agentes contaminantes.

Gestión y aporte a la economía circular

Todo el desempeño energético del edificio ha sido analizado mediante herramientas tecnológicas que permiten revisar las consideraciones de optimización que se han implementado dentro de la edificación. Con todo esto se demostró el compromiso generado por la entidad de energía pública con la protección del medio ambiente con la implementación de estrategias de sostenibilidad que logren dar un giro frente a los retos que se presentan en el contexto global.







El análisis del ciclo de vida del edificio en su fase de uso, ha sido determinante para la utilización de materiales y sistemas constructivos que requieren poco mantenimiento, como la estructura metálica no expuesta a la intemperie (excepto la protección solar con metal galvanizado), aluminio compuesto, aluminio natural, pinturas elastómericas. Estos materiales aportan alta durabilidad como criterio sostenible, que prolongan la vida útil del edificio, minimizando el impacto ambiental, social y económico a largo plazo.

Se utilizaron distancias amplias entre columnas, para lograr un espacio interior versátil en las diferentes áreas administrativas, con la mayor cantidad de divisiones de ambientes de aluminio y vidrio, con mobiliarios adaptables a la posible transformación de las necesidades en el tiempo.

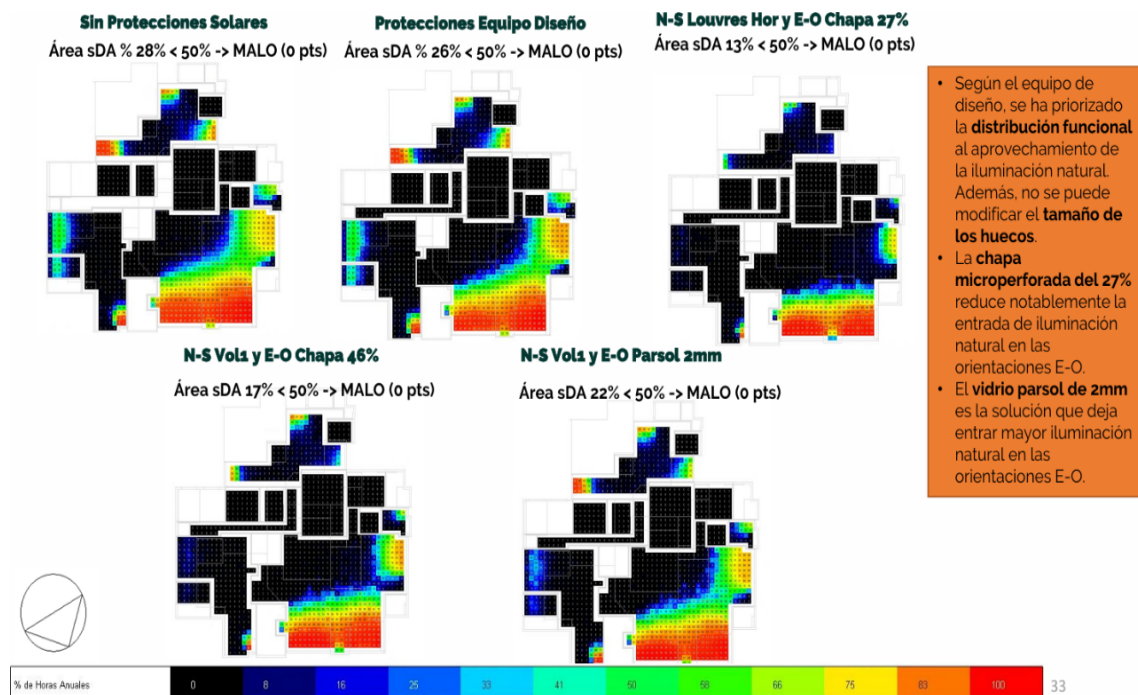
Aspectos sociales y económicos.

El equipamiento urbano de este edificio permite el contacto entre las instituciones públicas y la población, facilitando las funciones de gobierno y la solución a diversos problemas de la comunidad

Se ha destacado la cultura corporativa de CNEL, traduciendo las necesidades físicas, en lineamientos y orientaciones que han marcado la línea de ruta en el proyecto, desde su planificación hasta su mejora en la fase de construcción. Los resultados de las mejoras al proyecto, productos de los estudios de optimización energética, generan resultados positivos, como se detalla a continuación:

- Se logra mejorar la eficiencia energética de la iluminación del edificio en un 38.58% al reducir de 18,79 KW a 11.54 KW la carga instalada de iluminación en el edificio.
- Se logra mejorar en un mínimo 3,65% la eficiencia energética de la carga eléctrica instalada de climatización. Cabe mencionar que el porcentaje real de mejora en la eficiencia de climatización es mucho mayor, pero su determinación escapa del alcance de este informe.

- Se logra una reducción presupuestaria referencial de 12.87% en el presupuesto del área eléctrica del edificio, por la ejecución de la propuesta derivada del estudio de eficiencia energética.
- La disminución en la carga eléctrica de climatización, tiene una repercusión inmediata sobre la eficiencia energética del edificio.
- Se evidencian ahorros significativos en cuanto a KW-h anuales, tanto en consumo, así como en costo económico de los mismos, una vez se ejecuten los cambios propuestos.
- Con el uso de la tecnología en el control de utilización de la iluminación natural del edificio, así como del automatismo de la iluminación de áreas de paso como baños, corredores, escaleras y áreas de tránsito, se podrá lograr un mayor ahorro energético, mejorando aún más la eficiencia del edificio.



Los criterios de diseño a nivel de la materialidad de la edificación, exponen el potencial expresivo de una construcción contemporánea con un lenguaje que utiliza diversos materiales de construcción y de acabados, priorizando la durabilidad en el ciclo de uso en la edificación.

Calidad del diseño e innovación.

El proyecto CNEL enfatiza la importancia de "involucrarnos en ecosistemas de innovaciones tecnológicas" con un "enfoque colaborativo". Se concibe la arquitectura como una "matriz de procesos colaborativos

interdisciplinarios" que busca acciones y resultados frente al calentamiento global. La optimización energética implicó "los análisis técnicos pertinentes entre todos los agentes del proceso" y las recomendaciones fueron "debatidas entre los equipos técnicos de los agentes de la construcción".

La "apertura al diálogo como herramienta para construir sostenibilidad" involucro a todos los agentes del proceso y grupos que formaron parte de la ejecución de la obra. Se solicitó por parte de CNEL como entidad contratante al equipo consultor de diseño el ajuste y acoplamiento de las conclusiones del estudio de optimización energética en las instalaciones del Nuevo Edificio de CNEL.



Estos inputs en sostenibilidad fueron incorporados al proceso creativo y técnico, aportaron un nuevo lenguaje expresivo a la envolvente arquitectónica, como fruto de un proceso de análisis detallado del ciclo de vida de los materiales que servirían para mejorar la iluminación natural, aislar la cubierta de la cafetería,

aislar las fachadas Este-Oeste con elementos de protección solar con plancha microperforada en zonas acristaladas y colocar lana de vidrio entre el aluminio compuesto y la mampostería exterior; este aislamiento de lana de vidrio en planta baja se utilizó en la parte interior con una pared de gypsum como acabado, lo que se expresa a través de la franja de color azul como color institucional.

Las fachadas Norte-Sur, al tener menor exposición se sugería utilizar louvers, la zona del lado sur al ser el área de baños y servicios, no fue

aislada, utilizando estos bloques como elementos formales de contraste con los colores corporativos.

La innovación de los criterios de optimización energética, dentro de una búsqueda de soluciones sostenibles, aportan nuevos procesos en el manejo de la materialidad de la envolvente arquitectónica, que conjugan, elementos, sistemas y diferentes capas con su propia expresividad.

Capacidad de adaptación y resiliencia.

La apertura al diálogo como herramienta para construir sostenibilidad involucra a todos los agentes de la industria y específicamente en este proyecto, a los grupos de interés encabezados por los directivos de CNEL que gestionaron los recursos para un contrato complementario para la optimización energética del edificio, estas decisiones nos demuestran la forma creativa y técnica de dar soluciones a los desafíos planteados en equilibrio funcional y económico.

La sinergia y sensibilidad para abordar los problemas planteados en una obra en marcha se muestran como un escenario para iniciar la construcción de una conciencia sostenible, que en medio de limitaciones de toda índole pueden dar inicio a procesos de cambio a mayor escala.

La Corporación Nacional de Electricidad del Ecuador puede impulsar procesos que aporten conciencia social e institucional a nivel energético para empezar a construir sostenibilidad en nuestro país, en búsqueda de políticas públicas a largo plazo que enfrenten los problemas que devienen del cambio climático.



10.1.2 Ciudad Deportiva de Daule

Con la ejecución de la construcción de un complejo deportivo para la ciudad del cantón Daule se propone fomentar el deporte en los ciudadanos y generar más espacios de recreación para más familias de la ciudad. Este proyecto contará con la construcción de canchas, piscinas, áreas verdes abiertas, espacios para uso múltiple y a su vez un estadio con el objetivo de generar eventos deportivos o recreativos como conciertos y presentaciones para la ciudadanía.

En tal virtud se puede definir que el concepto integrador del proyecto está basado en el entendimiento de que la tierra es un componente crucial del entorno de construcción y que se puede planificar, diseñar, desarrollar y mantener para evitar, mitigar e incluso revertir los impactos negativos. Los paisajes sustentables crean comunidades ecológicamente fuertes con una mayor capacidad de resistencia y recuperación ante inundaciones, sequías, incendios y otros sucesos catastróficos puntuales. Benefician el entorno, a propietarios y a comunidades y economías, tanto locales como regionales.

El programa de zonificación de la ciudad deportiva en Daule y su articulación espacial desde su concepción hasta su ejecución, propone la creación de un ecosistema que priorice la salud humana y medioambiental, diseñado en sintonía con la naturaleza y la cultura; creando las condiciones económicas, ambientales y culturales, para aportar positivamente al contexto local, regional y global.

Las necesidades del proyecto se alinean con criterios actuales de preservación, conservación y regeneración del medio ambiente se convierten en ejes principales para el desarrollo de los espacios públicos, maximizando y conservando recursos de una manera sustentable y regenerando servicios ecosistémicos perdidos o dañados.

La visión del Municipio de Daule promete generar a las futuras generaciones un entorno sustentable respaldado por sistemas regenerativos, nos propone una sinergia de criterios de adaptabilidad al cambio demográfico y medioambiental, restableciendo una relación integral y esencial entre los procesos naturales y la actividad humana.

La promoción de la práctica de la ética social desde los espacios urbanos, incentivando la comunicación directa y abierta de todos los agentes que participan en los procesos de diseño, para la ejecución y planificación de equipamientos urbanos responsables, con el objetivo de mantener un liderazgo participativo y transparente, que promueva una gestión ambiental de calidad.

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO Ciudad Deportiva de Daule

Arquitectura: Arq. Raúl Villegas Riera. /Colaboradores, Arq. Luis Solorzano,

Arq. Henry Acosta, Ing. Wilson Plazarte

Arq Pablo Munoz Hernandez Consultor en Sostenibilidad: EVALORE – Barcelona España

Diseño Estructural: Ing. Genaro Huilcarema Paredes

Diseño Geotécnico: Ing. Freddy Banegas

Instalaciones Eléctricas y Electrónicas: Ing. Antonio Mazacon

Instalaciones Mecánicas: Ing. David Escalante

Instalaciones Sanitarias y Contra incendios: Ing. Charles Alcívar.

Propietario: GADM de Daule – Guayas Ecuador

Área de terreno: 136.160,47 m²

Costo total del proyecto:

Primera Etapa: \$ 1.796.533,19

Segunda Etapa: \$ 11.499.256,75

Tercera Etapa: \$ 5.178.891,87

Costo total del Proyecto: \$ 18.474.681,81

Ubicación: Daule Provincia del Guayas – Ecuador

Diseño paisajístico

Dentro de los criterios de diseño arquitectónico y el análisis del predio donde se ubican cada una de las áreas que estructuran el conjunto de edificios y espacios abiertos de la Ciudad Deportiva de Daule, el sentido del lugar está definido por su relación con el paisaje y como este influye en la integración efectiva de la arquitectura con el medio ambiente.

La particularidad funcional y el diseño del emplazamiento de este conjunto arquitectónico a escala de equipamiento urbano, requiere el estudio de todos los elementos del paisaje y las relaciones de los espacios arquitectónicos en sus dimensiones interiores y exteriores, con elementos como calles vehiculares y peatonales, espacios abiertos y cubiertos para distintas prácticas deportivas, así, como áreas destinadas a la recreación de paisajes con la siembra de 286 árboles nativos y una gran variedad de especies ornamentales y acuáticas que sirvan para el esparcimiento y la recreación; el todo, en sus partes y en su conjunto, sirven para el desarrollo de actividades medioambientales, sociales y culturales, que permitan la interacción con el paisaje, junto a la formación de una conciencia colectiva de generaciones sensibles con el medioambiente dentro de un ecosistema positivo.

Teniendo en cuenta las características de cada uno de los sectores se han definido las especies nativas, teniendo los diferentes componentes arquitectónicos y su aplicación en las diferentes áreas del paisaje.

Componentes espaciales del proyecto

Dentro del diseño final se propuso contar con un diseño definitivo que garantice la ejecución de la construcción del Complejo Deportivo en el sector delimitante del cantón Daule, al pie de la vía Daule – Santa Lucía,

proyectando variedad de espacios públicos deportivos, recreativos y culturales.

La gran diversidad funcional y complejidad de adaptabilidad al contexto urbano del proyecto, hacen prioritario, realizar diferentes análisis para integrar espacios diseñados en base a los contextos geográficos del sitio, con enfoques técnicos y funcionales que se conectan a través de recorridos vehiculares y peatonales.

La ciudad deportiva se estructura a partir de áreas de recreación abiertas, integradas desde el ingreso principal en la vía E-48, junto a un acceso peatonal a través de un paso elevado desde donde se puede acceder a canchas de usos múltiples, salones de usos múltiples, piscina semiolímpica y torre de clavados, un estanque artificial rodeado de áreas verdes con un malecón, un estadio con cancha de fútbol y espacios de parqueos vehiculares en su exterior.

Cada uno de los espacios arquitectónicos programados tienen una conceptualización de diseño e implantación, que se detalla a continuación:

Ingreso principal y acceso peatonal a través de paso elevado sobre la vía E-48:

Para facilitar el acceso a la ciudad deportiva se coloca la entrada principal a través de un carril de desaceleración contiguo a la avenida preferencial E- 48, diseñando una vía alterna peatonal y vehicular desde la avenida para dar paso a los usuarios a la zona central del emplazamiento, desde donde se puedan desplazar a los diferentes sitios de la ciudad deportiva, a través de circulaciones vehiculares o peatonales.

Debido a las características de alto tránsito vehicular del lugar del proyecto, se plantea la construcción de un paso elevado que se integra en su arquitectura con una torre para el almacenamiento de agua potable y agua de riego. El paso elevado, con una longitud aproximada de 50.86 metros, y el puente peatonal con un ancho total de 3.60 metros, está diseñado con dos extremos bien definidos: uno cuenta con una rampa de dos tramos de desarrollo, mientras que el otro extremo se enlaza con una rampa que rodea la torre del tanque elevado. En cuanto a la torre y el tanque circular, el radio interno del mismo es de 4.22 metros, seguido de una zona con un radio de 1.83 metros, y finalmente, una rampa que rodea la estructura con un ancho de 2 metros, la cual alcanza una altura de hasta 18.05 metros para conectar con el tanque elevado, mimetizando su forma y función

arquitectónica, para definir un tótem artístico representativo de la ciudad deportiva

Estadio:

Se proyecta diseñar un estadio en una primera etapa con una capacidad de 4.268 espectadores, el cual servirá para generar una constante práctica deportiva a nivel profesional y de escuelas de formación. La principal actividad deportiva del estadio, es el fútbol y podrá alternarse con la práctica del atletismo en una pista dentro del estadio; también se contempla la creación de un residencia deportiva y áreas de actividades complementarias que permitan desarrollar de manera integral y cumpliendo los estándares internacionales. También se propone desarrollar otras actividades, como, presentaciones y espectáculos artísticos, que permitan optimizar el modelo de negocios que sustente los costos administrativos y generen rentabilidad financiera.

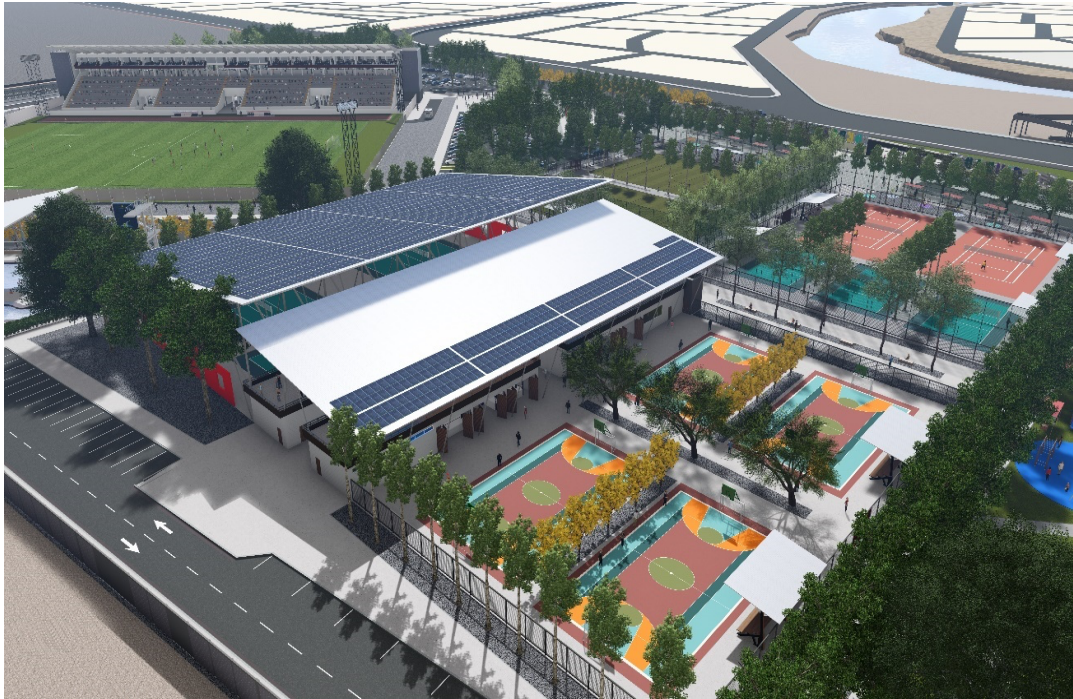
Salones de usos múltiples:

Dentro del presente proyecto se determina la ejecución de varios bloques de salones de usos múltiples, como espacios abiertos y cubiertos que sirvan para la práctica de varios deportes que se adaptan a estas condiciones, las mismas que dan características versátiles para su funcionamiento. Estos bloques están ubicados en la parte central y posterior del conjunto. Estos espacios cuentan con bloques de baños, vestidores para hombres y mujeres, además de oficinas de administración para profesores y accesos a una planta alta abierta y cubierta.

En este lugar también se proyectan cuatro canchas de hormigón, las cuales estarán cubiertas por una estructura metálica y está concebida para que pueda funcionar como un área para eventos de convenciones o reuniones masivas de cualquier tipo.

Canchas de uso múltiple:

Se proyecta la construcción de 11 canchas de usos múltiples, de las cuales dos serán sintéticas y las demás con base de hormigón, todas, dentro de un área con cerramiento metálico que impida la interrupción del resto de actividades del conjunto arquitectónico, la implantación de estas canchas está en el área central del proyecto, teniendo una vista directa desde el ingreso principal.



Plazas, camineras y espacios abiertos para juegos bio saludables e infantiles:

El concepto de una visión de arquitectura integradora con el paisaje, plantea el desarrollo y ubicación de circuitos peatonales de diferentes jerarquías, incorporando diversos senderos que conectan los espacios de la ciudad deportiva y también sirven para actividades particulares como la caminería de trote y ciclo paseo alrededor de la laguna artificial. También se proyectan espacios recreativos al aire libre como áreas de camping, juegos bio saludables, juegos infantiles ambientación en accesos y lugares de descanso a través de los recorridos del proyecto. Se han diseñado dos plazas, una en el área del parque y la otra contigua al estadio, donde se podrán desarrollar actividades, culturales, comerciales y gastronómicas; alrededor de estas plazas pudieran agruparse locales comerciales móviles que variaran dependiendo del tipo de actividad que se vaya a desarrollar. Este criterio aporta al alto valor de versatilidad de los espacios públicos que se considera como una cualidad importante para la fase de uso de la ciudad deportiva.



Piscina semiolímpica y torre de clavados:

Se proyecta la construcción de una piscina semiolímpica dentro de la ciudad deportiva, bajo el criterio de espacio cubierto para mitigar la radiación solar, la piscina es rectangular y mide 25 metros de largo, dirigida a la natación como práctica deportiva; también existe una piscina pequeña de formas circulares para niños, junto a un área baterías sanitarias, las cuales están ubicadas en la parte posterior del proyecto, cerca del estacionamiento.

El conjunto de la práctica de natación desarrolla la construcción de una torre de clavados de 10 metros de altura y 4 plataformas de clavados.

Parque y laguna artificial:

El diseño contempla una laguna artificial de 2827.5 m², que aporta de manera significativa al desarrollo de un ecosistema que incorpore especies acuáticas, botánicas y biológicas para la creación de un microclima y una fuente de reserva e información para el aprendizaje social de nuestro medioambiente. Esta laguna se forma de la captación del agua de río proveniente del estero Banife, a través de sistema de bombeo y paletas de aireamiento para su correcta conservación, además, tendrá un drenaje de reboce para las épocas de lluvias y un drenaje de fondo para eventuales mantenimiento.

El parque, como el espacio verde de gran escala del proyecto, tiene a la laguna artificial en su parte central junto con un puente peatonal para facilitar el paso a través de los senderos en sus extremos. El parque está ubicado al sureste del proyecto, desarrollado como un espacio turístico y de recreación familiar en el cual se pueden realizar actividades como paseo en botes, trote, ciclo paseo y recreación, junto a un espacio paisajístico rodeado por un diseño armónico que integra lugares destinados al camping , juegos bio saludables, juegos infantiles y una plaza de usos múltiples para ferias comerciales, culturales o gastronómicas, de manera complementaria el parque contempla un sector para juegos de mascotas.



Malecón y estero Banife:

El proyecto de la ciudad deportiva en Daule limita en uno de sus extremos con el estero Banife, afluente del río Daule, la visión paisajística e integradora de la implantación del proyecto desarrolla la implementación de un malecón lineal para la recreación familiar y contemplación del estero, aprovechando las visuales que ofrece su ubicación geográfica natural.

Este malecón es parte de la zona del Parque, y se integra a los circuitos de circulación peatonal en los externos y en el centro con la llegada del puente peatonal que intercepta con la laguna artificial.

Estrategias para un espacio urbano sostenible

- Arquitectura integradora.

La idea del respeto al paisaje y las condiciones naturales del sitio, enmarcados dentro del contexto urbano adyacente, se convierte en el eje principal del proyecto, que propone la recreación de una arquitectura paisajística con especies nativas y el manejo interactuante entre el individuo y el espacio público como diálogo permanente para la revaloración del medioambiente.



- Energía fotovoltaica.

Las condiciones actuales de crisis energética que vive nuestro país, y la situación de cambios climáticos inminentes, nos exigen generar propuestas

de diseños alineados hacia una visión para optimizar la huella energética de nuestros edificios, las condiciones legales actuales aprobadas por CNEL, mediante Resolución Nro. ARCERNNR-031/2023 el Directorio de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables aprobó la Regulación Nro. ARCERNNR-008/23 denominada «Marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica»., nos permiten generar propuestas de energía limpia para la sostenibilidad de proyectos públicos y privados. La energía generada por la planta fotovoltaica de la ciudad deportiva, permitirá un saldo positivo de generación de energía eléctrica que podrá saldar valores de consumo energético de diferentes edificios municipales a través de la modalidad de cruce de cuentas con Cnel., dentro de los marcos legales institucionales.



- Simulación energética.

La simulación energética en la fase de diseño del modelo de la ciudad deportiva en cada una de sus áreas de espacio abiertos, cubiertos y cerrados, ha permitido mejorar algunos detalles y criterios de implantación, así como la materialidad de las envolventes arquitectónicas; siendo la estrategia de mayor peso para la reducción de la incidencia de la radiación solar en el conjunto arquitectónico, la siembra de 286 árboles nativos y una gran variedad de especies ornamentales y acuáticas que sirvan para la activación de un microclima adecuado que optimice la calidad del espacio público dentro de un confort climático adecuado. La ubicación de los

árboles obedece a los resultados de la simulación energética y su incidencia positiva en la protección climática de los edificios y de cada una de las áreas de la ciudad deportiva.

- Agua de río para el riego del paisaje.

Su arquitectura plantea la construcción de una torre que tendrá múltiples usos estructurales (almacenamiento de agua potable y de riego, rampa peatonal circular, soporte de mural icónico del complejo deportivo) para el almacenamiento de agua potable y agua de riego, captada del estero Banife, la misma que servirá para el riego de todas las áreas verdes de la ciudad deportiva.

- Plan de comunicación ambiental.

El uso del espacio público de gran escala, con una programación arquitectónica diversa y versátil, permite incorporar un plan de enseñanza masiva a la población, de la necesidad de participar de manera positiva en el manejo del medio ambiente, como un compromiso social de cada individuo para mejorar la calidad de vida en nuestra aldea común, que es el planeta Tierra.

La Enseñanza interactiva con el paisajismo como elemento vinculante y de vivencia que genere conciencia, a través de disfrutar los espacios públicos, se convierten en una estrategia sostenible.

Manejo de desechos y cultura del reciclaje

El concepto circular de no pensar en el desecho, sino en la reutilización de los materiales, nos llevan a desarrollar una cultura del reciclaje, tan carente en nuestro medio, de esta forma, poder clasificar los desechos de manera técnica, para luego ser reinsertados en los procesos productivos e industriales de diferentes formas y buscar un impacto cero en el medio ambiente. Para este propósito el proyecto de la ciudad deportiva, contempla un área destinada para la clasificación de los desechos, dentro de un plan marco de comunicación ambiental.

Edificio de Aulas – Universidad Técnica de Babahoyo

El Edificio de Aulas de la Universidad Técnica de Babahoyo constituye un ejemplo concreto de infraestructura educativa diseñada bajo parámetros de sostenibilidad, eficiencia energética y optimización de recursos. Este edificio no solo responde a las necesidades funcionales de la actividad académica, sino que incorpora estrategias técnicas orientadas a reducir su

impacto ambiental y mejorar el confort de los usuarios, consolidándose como un referente de construcción sostenible en el ámbito universitario.

Entre los elementos más destacados se encuentra la generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, los cuales permiten aprovechar el alto potencial de radiación solar de la región y reducir la dependencia de la red convencional. Esta incorporación contribuye a la disminución de emisiones asociadas al consumo energético y refuerza el carácter demostrativo del edificio como espacio de aprendizaje activo sobre energías renovables.

En este nuevo edificio de aulas diseñado para la Universidad Técnica de Babahoyo tiene sistema de control energéticos que logren optimizar su consumo, tomando en cuenta la ocupación de las aulas lo que genera una reducción del costo operativo que representan los rubros de iluminación y climatización en cada una de sus áreas precautelando los recursos de la institución.

Además, los parámetros de confort térmico desarrollado en la envolvente del edificio permiten favorecer las condiciones en el interior. Cada elección en los materiales en se establecen desde el diseño de la obra promueven la disminución de la carga térmica en una zona donde la incidencia del sol es elevada y disminuye la dependencia posterior que tenga el edificio antes los sistemas de climatización que son los que llevan a un alto consumo de energía eléctrica y el elevado gasto operativo en las edificaciones.

Así mismo el uso eficiente del agua, sin comprometer las bondades que presenta el edificio hacen una obra que presenta estrategias de un uso eficiente de los recursos destacando condiciones de sostenibilidad.

Además, es importante las condiciones de ventilación natural y de iluminación que se destacan en el diseño tanto en las 39 aulas que se proponen en su construcción como en los pasillos y corredores comunes donde se muestran ambientes confortables y energéticamente eficientes para el medio educativo.

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO Edificio de Aulas – Universidad Técnica de Babahoyo

Arquitectura: Arq. Raúl Villegas Riera.

Colaboradores, Arq. Luis Solorzano, Arq. Henry Acosta, Ing. Wilson Plazarte

Arq Pablo Munoz Hernandez Consultor en Sostenibilidad: EVALORE – Barcelona España

Diseño Estructural: Ing Jorge Reyes – Ing Luis Villegas Martinez

Diseño Geotécnico: Ing. Freddy Banegas

Instalaciones Eléctricas y Electrónicas: Ing. Antonio Mazacon

Instalaciones Mecánicas: Ing. David Escalante

Instalaciones Sanitarias y Contra incendios: Ing. Charles Alcívar.

Propietario: Universidad Técnica de Babahoyo UTB - Ecuador

Área de terreno: 1.940,34 m²

Área total de construcción: 5.181,71 m² (tres plantas altas)

Costo total del proyecto: \$ 5.071.286,65 mas IVA

Ubicación: Avenida Universitaria km 1,5 via Babahoyo - Montalvo

Criterios de diseño aplicados

La transición hacia un modelo de diseño basado en el aprendizaje reconoce la necesidad de que los entornos educativos estén más centrados en el ser humano y orientados al usuario. Ante la obsolescencia de los enfoques formales para la transmisión de información, como el podio y el atril, es necesario reinventar los espacios de aprendizaje, con el estudiante como eje central de todas

las intervenciones de diseño. El entorno físico puede maximizar las oportunidades de aprendizaje y, al crear entornos educativos más informales y holísticos, movilizar a todo el campus para mejorar los resultados del aprendizaje

A través de un documento del Ministerio de Educación del Ecuador se establecen los requisitos generales de diseño. mediante un manual de lineamientos para la planificación, construcción y mantenimiento de la infraestructura educativa, donde se plantean algunos conceptos

esenciales, que corresponden a los conceptos base a ser aplicados al momento de generar el proyecto arquitectónico de infraestructura educativa.

Donde se enfatiza, que los conceptos recopilados en esta sección del manual no deben ser considerados de forma individual, ya que la aplicación conjunta de los mismos es la que permitirá generar espacios educativos de calidad, integradores y adecuados a las necesidades de la comunidad.

Dentro de este proyecto para la Universidad Técnica de Babahoyo, junto a todo el equipo de Diseño hemos considerado pertinente, la aplicación de estos criterios junto a otras ideas claves, que nos permiten generar una propuesta que aporta valor a nuestra comunidad universitaria.

Flexibilidad y dinamismo

La arquitectura no solo refleja y facilita actividades sociales, sino que también perpetúa y transforma modelos sociales

La flexibilidad y adaptabilidad en el diseño permite que los espacios se adapten a diferentes necesidades pedagógicas, utilizando mobiliario móvil y estructuras que evolucionan.



Transparencia

Consiste en crear barreras arquitectónicas que separen, pero no excluyan, fomentando una relación indirecta entre espacios interiores y exteriores. Es crucial no obstruir la conexión del estudiante con su entorno inmediato. La infraestructura debe permitir la visualización de las actividades que se están ejecutando y los estudiantes, reduciendo situaciones de riesgo.

Existe evidencia que sugiere que los espacios cerrados tienen un impacto negativo en el aprendizaje. Por el contrario, se sabe que los espacios abiertos, curvos y fluidos, en particular aquellos con techos altos, fomentan la concentración y la participación. Al facilitar el pensamiento expansivo, la conexión emocional y la concentración, los espacios abiertos pueden mejorar significativamente la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de educación superior.



Seguridad

Según el Programa Global de Escuelas Seguras (GPSS), una infraestructura segura no solo se refiere a la mejora de las instalaciones existentes para enfrentar amenazas, sino también a la planificación y construcción de nuevas instituciones con medidas de reducción de riesgos integradas. Una infraestructura adecuada puede disminuir la probabilidad de afectaciones. Para reducir la vulnerabilidad, es crucial implementar sistemas constructivos aptos para enfrentar amenazas identificables (2).



Inclusión

La Constitución de la República, en su artículo 47, numeral 7, reconoce el derecho de las personas con discapacidad a acceder a establecimientos educativos que cumplan normas de accesibilidad, sin barreras arquitectónicas y con acceso adecuado a todos los bienes y servicios. Una infraestructura preparada para fomentar la diversidad permite que todos los estudiantes se sientan integrados y bienvenidos. Todas las instituciones educativas deben cumplir con la normativa de accesibilidad universal.



Encuentro y Socialización

Las aulas de clases son los principales espacios de encuentro en las instituciones educativas, pero no tienen por qué ser los únicos. Cualquier espacio de la escuela es susceptible a ser un espacio educativo y, por lo tanto, debe organizarse coherentemente con respecto a los proyectos y programas (Gutiérrez & Pérez, 2002). Se pueden aprovechar espacios poco comunes para incorporar elementos que inviten a la interacción, mismos que deberán alinearse a la metodología de la institución y a las necesidades de la comunidad educativa.

El espacio comunitario es vital para el éxito de la educación superior. Mediante la creación de áreas comunitarias atractivas y dinámicas, las instituciones pueden atraer a los estudiantes al campus y crear un sentido de pertenencia e identidad. Un espacio comunitario de calidad fomenta los encuentros interdisciplinarios, ayudando a romper barreras que impiden la cohesión estudiantil. De forma similar a cómo funciona el espacio comunitario en el ámbito laboral, estos espacios son cruciales para propiciar los momentos entre clases y seminarios.



Interior – Exterior y Paisaje

Se debe permitir la interacción del estudiante con el entorno que lo rodea y su contexto. Parte de optimizar el espacio disponible en el terreno puede ser el uso del espacio exterior para desarrollar actividades pedagógicas y no destinar estas solo al interior. Se pueden generar este tipo de relaciones mediante aberturas que permitan conectar ambos espacios.

De igual manera, la proximidad a la naturaleza, lograda mediante un diseño interior biofílico o el acceso a espacios exteriores, puede mejorar considerablemente el estado de ánimo y la salud mental de las personas. Por lo tanto, las ventanas, los tragaluces, las plantas y los espacios verdes son características vitales de los entornos de educación superior .

Confort térmico y calidad del aire

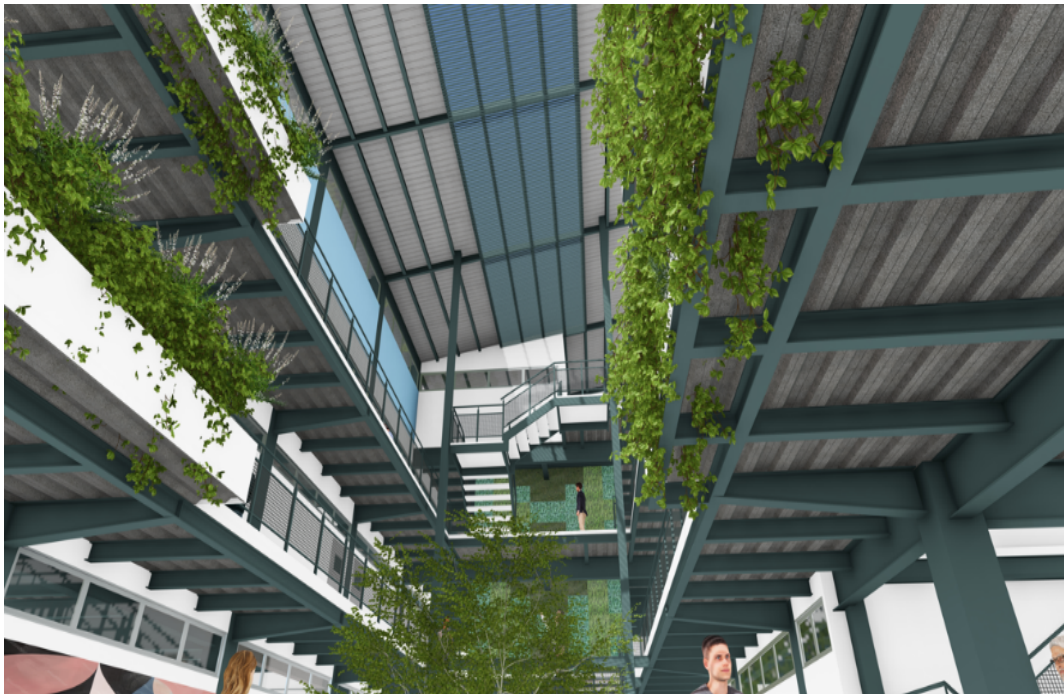
Un ambiente agradable es aquel que proporciona neutralidad térmica, evitando sensaciones extremas de calor, frío o humedad. Un ambiente térmico óptimo mejora el rendimiento cognitivo, la concentración y el bienestar general. (ENERGY5, 2023).

El aire fresco y la ventilación son esenciales para el buen funcionamiento de las instituciones. Una buena calidad del aire no solo promueve la salud

respiratoria, sino que también elimina un obstáculo para mejorar los resultados del aprendizaje.

De hecho, se sabe que la mala calidad del aire afecta negativamente la asistencia y el rendimiento académico de los estudiantes. La ventilación natural es clave en este caso, ya que elimina la necesidad de aire acondicionado y reduce los costes operativos.

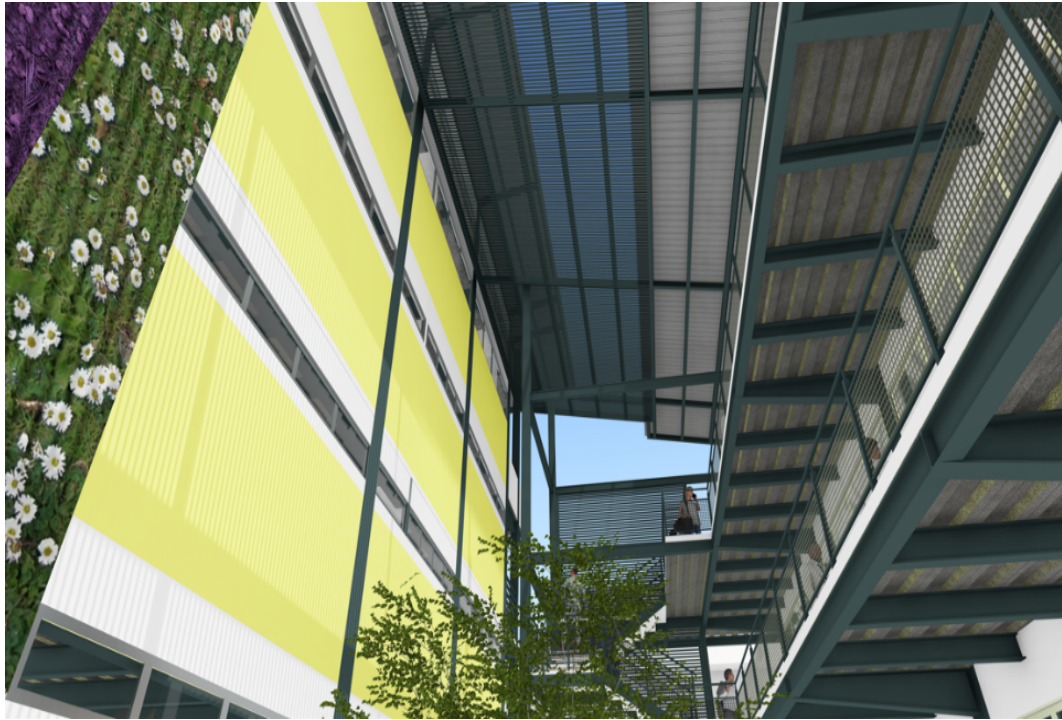
Estas medidas también contribuyen a la Calidad Ambiental Interior (CAI) general, que mide la capacidad de un edificio para optimizar la luz, el aire y la carga térmica. Las características de diseño pasivo y la relación entre los espacios interiores y exteriores son clave para mejorar la CAI para los habitantes y usuarios del edificio.



Iluminación

Es fundamental que la iluminación natural se complemente con una adecuada luz artificial, no al revés, ya que aprovechar la luz natural contribuye a la sostenibilidad al reducir el consumo de energía eléctrica durante el día. Es importante considerar lo estipulado en la normativa para iluminación natural y artificial en entornos educativos.

Investigaciones y evidencia anecdótica respaldan la teoría de que los estudiantes se desempeñan mejor cuando trabajan con luz natural, en comparación con la luz artificial. Al aumentar la claridad visual de los estudiantes, la luz natural contribuye a la motivación y genera una sensación general de bienestar.



Comodidad y acústica

Desde preescolares hasta posgrados, la comodidad física y sensorial es clave para el aprendizaje. Los asientos ergonómicos, la luz natural, el aire fresco, la acústica y la iluminación suaves contribuyen a brindar una experiencia agradable en los espacios de aprendizaje. Además, evitan que los estudiantes se distraigan por incomodidad. Entre las fuentes de incomodidad se incluyen los asientos duros e irregulares, las luces brillantes y las molestias sonoras, todo lo cual puede contribuir a condiciones de aprendizaje deficientes. Al reducir las distracciones, un entorno cómodo también alivia el estrés, ayudando a los estudiantes a mantener la concentración y la calma.

En las instituciones educativas el nivel de ruido suele ser elevado, lo que puede causar molestias, cambios de humor, estrés y cansancio en los estudiantes (Souza, 2021). La interferencia acústica de los ambientes exteriores aumenta la necesidad de hablar más alto, llevando al

agotamiento auditivo y vocal. Para mejorar las condiciones acústicas y mitigar estos efectos negativos, se pueden realizar ajustes arquitectónicos y utilizar materiales adecuados. Estrategias efectivas incluyen la aplicación de materiales con aislamiento y la implementación de barreras vegetales.

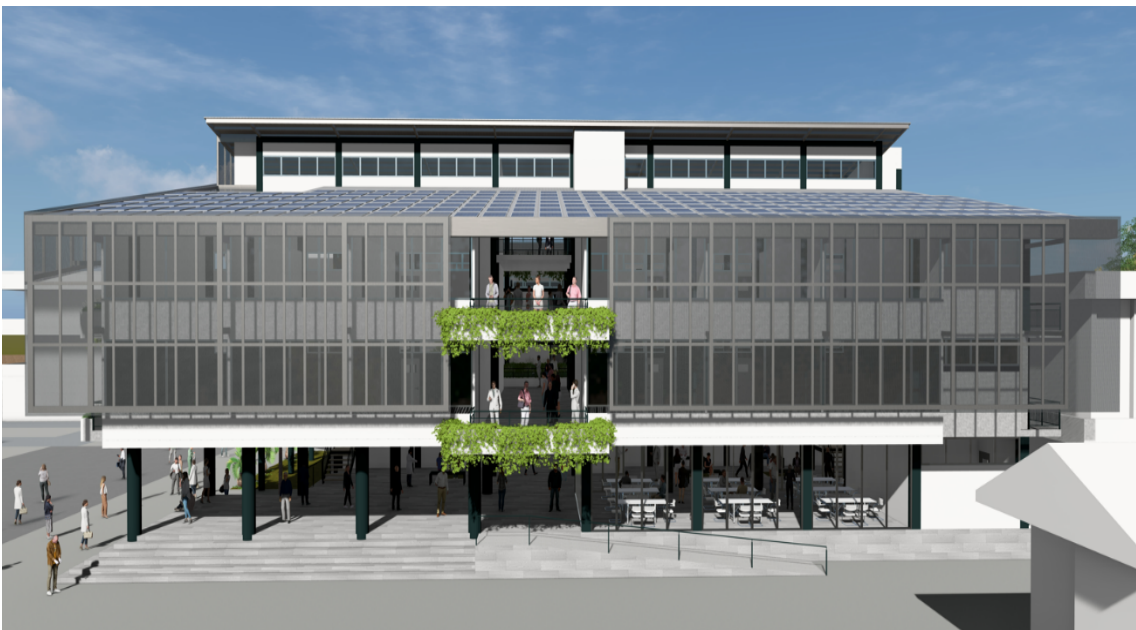
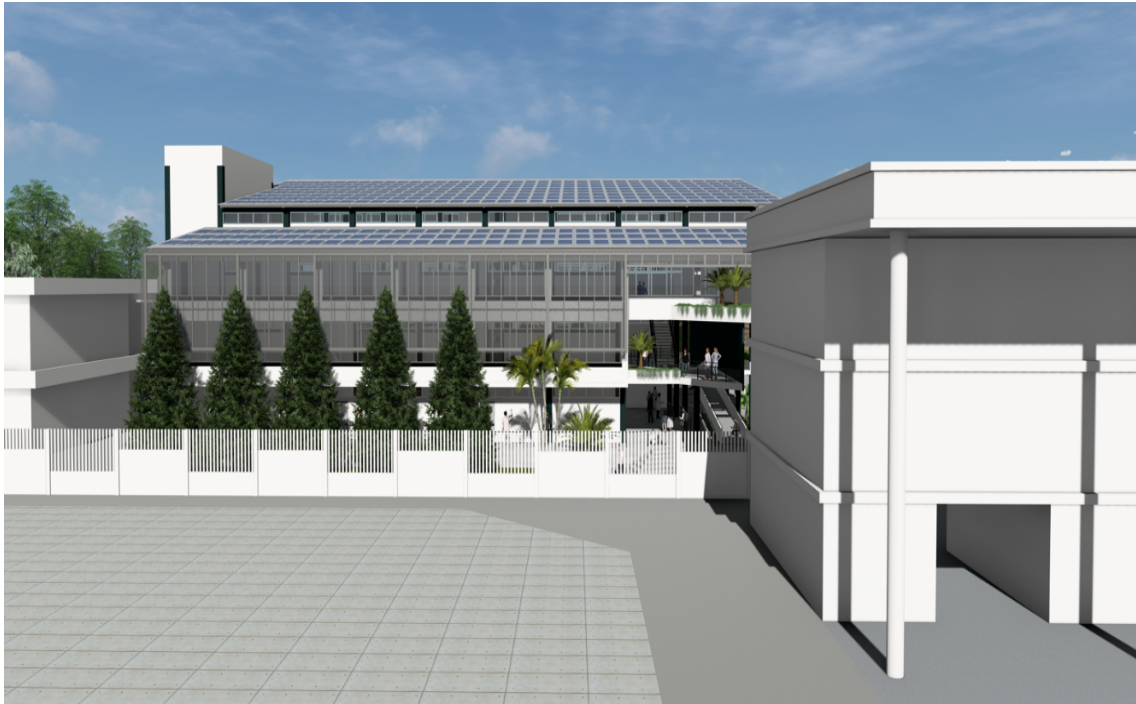
Conectividad

Hoy en día, un campus digitalmente conectado es fundamental en el panorama de la educación superior. Para crear condiciones óptimas de aprendizaje y garantizar la participación de los estudiantes, todos los actores del campus (profesorado, profesorado, administración, estudiantes y técnicos) deben contar con una conectividad rápida, segura y fluida las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Siguiendo la filosofía de "en cualquier momento y lugar" en la era del trabajo híbrido, los estudiantes buscan la flexibilidad para aprender y conectarse dondequiera que estén. De esta manera, la conectividad anima a los estudiantes a asistir al campus, contribuyendo a crear un entorno de aprendizaje más dinámico

Con todas estas características se demuestra que es posible llegar a condiciones de sostenibilidad, con innovación tecnológica y un diseño eficiente frente a los múltiples problemas que tradicionalmente se han presentado en las diferentes instituciones de educación superior principalmente en el sector público.

Este edificio termina siendo una construcción pionera en la optimización de recursos, en confort térmico, en parámetros energéticos y en el control de gastos operativos en este tipo de edificaciones, posicionando a la Universidad Técnica de Babahoyo en una institución de educación superior con un campo responsable y con condiciones de sostenibilidad único en la ciudad y en la provincia.





10.2 Investigaciones aplicadas

10.2.1 Uso del raquis de banano reciclado en el hormigón de viviendas de interés social

La investigación sobre el uso del raquis de banano reciclado como componente del hormigón constituye un ejemplo emblemático de economía circular aplicada a la ingeniería civil, particularmente relevante para el contexto ecuatoriano.

Este trabajo se desarrolló en el marco académico de la Maestría en Ingeniería Civil con mención en Construcción y Saneamiento (V Cohorte) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), en la ciudad de Guayaquil. La investigación fue realizada por el Ing. Héctor Lautaro Crespo Caicedo, como parte de su proceso de formación de cuarto nivel, y contó con la asesoría del Dr. Eduardo Santos Baquerizo, profesor investigador de la ESPOL, especialista en ingeniería civil, e investigador en temas de sostenibilidad y desarrollo de materiales alternativos.

Además, es importante destacar que los resultados de esta investigación alcanzaron también un nivel de difusión y validación internacional, al ser incluida y presentada en el Congreso Nacional “Construir en Clave Sostenible 2025”, realizado en la ciudad de Madrid, España. Este congreso fue organizado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE) y es uno de los eventos de debate sobre los principales temas de sostenibilidad que se van presentando en España. Esta participación permitió demostrar soluciones de reciclaje y reutilización de desechos orgánicos de la agricultura en el Ecuador demostrando sus condiciones de economía circular y su potencia para ser replicado en diferentes procesos con otros productos agrícolas que tengan similares condiciones como el raquí del Banano. Es importante destacar que toda esta investigación fue realizada en la ciudad de Babahoyo, en el Ecuador, un sector 100% agrícola y uno de los sectores con mayor producción a nivel mundial. Todas estas condiciones generan diversos problemas con la gran cantidad de residuos que se generan en las plantaciones y que no tienen una adecuada disposición final. Con este estudio se logra demostrar que se pueden generar soluciones de beneficio para el sector de la construcción involucrando problemas del sector agrícola y fomentando una economía circular que beneficie a los pobladores de la zona e incrementando las fuentes de trabajo que siempre son una carencia constante en estos sectores. Con este estudio se logró demostrar la viabilidad técnica de la participación del raquí del banano reciclado en el

hormigón de las construcciones de vivienda social de bajas resistencias con la optimización de recursos, la disminución de costos y la reducción del impacto medio ambiental que estos desechos generan a diario en el sector agrícola. Es importante este tipo de estudios, por intermedio de la academia, se logre incentivar nuevas investigaciones de otros desechos del sector agrícola que puedan participar en el sector de la construcción brindando mejores condiciones medio ambientales y fortaleciendo las condiciones de sostenibilidad que se presenten en el futuro.



D. Laureano Matas Trenas, Secretario General del CSCAE, hace constar que:

La comunicación elaborada por D. Ing. Héctor Lautaro Crespo Calcedo, titulada *"Elaboración de Hormigones para estructuras de viviendas de interés social (210 kg/cm²) con agregados orgánicos reciclados a base de fibras de tallo del banano en el Ecuador"*, ha sido aceptada para ser incluida en del libro de actas del Congreso Construir en Clave Sostenible 2025 que se celebrará los próximos 29 y 30 de mayo en Madrid (España), en la Fundación Giner de los Ríos.

Y para que así conste a los efectos oportunos, expide y firma la presente certificación en Madrid, a veinticuatro de abril de dos mil veinticinco.



Laureano Matas Trenas

Secretario General del CSCAE

Desde el punto de vista técnico, la investigación analiza la incorporación del raquis de banano procesado como material complementario o sustituto parcial de agregados tradicionales en mezclas de hormigón. El estudio considera aspectos como:

- Procesamiento y tratamiento del raquis (secado, trituración, clasificación).

El estudio consideró aspectos fundamentales para la incorporación del raquis de banano en el hormigón, tales como la dosificación del material en la mezcla, el comportamiento mecánico del hormigón resultante, así como las variaciones en peso, trabajabilidad y resistencia. Los resultados que se lograron obtener demostraron que la utilización de la fibra del banano en pequeñas cantidades puede generar grandes soluciones en la resistencia del hormigón que se utiliza en las viviendas de interés social en la zona.

Estos elementos son estructurales, pero en viviendas de una sola planta con bajas resistencias, en viviendas de interés social donde la optimización en cada uno de los recursos utilizados demuestra las ventajas de los criterios utilizados.

Además, es evidente la reducción de la huella de carbono en el hormigón que se utiliza en este tipo de obras cuando se logra disminuir el uso de los agregados tradicionales para este tipo de obras en la zona, donde se captan los agregados en los ríos o vertientes, reduciendo las distancias de transporte del dicho material con equipos camineros que van generando algunos inconvenientes en sus recorridos. De esta manera con la utilización de este tipo de materiales reciclados se logra disminuir las emisiones asociadas con la extracción de los mismos.

Así mismo el aprovechamiento de este material de rechazo en el proceso agrícola permite reducir la contaminación que se produce con su descomposición en cada una de las plantaciones donde se producen emisiones de gases con efecto invernadero.

De esta manera, la solución propuesta actúa tanto en la reducción de emisiones como en la prevención de impactos ambientales negativos.

El enfoque hacia la vivienda de interés social es estratégico para este tipo de proyectos donde se demandan soluciones de bajo costo, de rápida ejecución, adaptadas a contextos locales y con impacto social positivo.

La incorporación de materiales alternativos como el raquis de banano permite reducir costos de materiales, dinamizar economías locales y ofrecer soluciones habitacionales más sostenibles. Además, fortalece el concepto de vivienda digna al integrar criterios ambientales y sociales en su concepción.

Más allá de los resultados técnicos, esta investigación demuestra cómo la ingeniería puede responder creativamente a problemáticas locales,

adaptando el conocimiento científico a las realidades productivas y sociales del territorio. El uso del raquis de banano reciclado en el hormigón representa una línea de investigación con alto potencial de escalabilidad, replicable en otras regiones agrícolas del país con residuos similares.

Asimismo, este estudio refuerza el rol de la academia como generadora de soluciones aplicadas, capaces de incidir en políticas públicas, normativas técnicas y prácticas constructivas más sostenibles.

En el marco de la ingeniería regenerativa, este caso evidencia que los residuos no son un problema, sino una oportunidad de innovación, cuando se los analiza desde una visión sistémica, territorial y sostenible.

10.3 Aprendizajes finales y replicabilidad

De todas las experiencias obtenidas durante todo el proceso se puede definir las conclusiones siguientes:

- Se pueden aplicar condiciones de sostenibilidad en todo tipo de proyectos, con presupuestos grandes o pequeños.
- El éxito de los proyectos depende desde su diseño inicial para lograr la reducción de los impactos tradicionales que se generan en la construcción.
- La coordinación entre actores públicos y privados permite la articulación de los resultados finales acorde a los parámetros de sostenibilidad que se van manejando a nivel mundial.
- La sostenibilidad es responsabilidad de todos los niveles involucrados en un proyecto.

Del análisis de los casos presentados se desprenden varias lecciones transversales que pueden guiar futuros proyectos de construcción sostenible en Ecuador:

- La sostenibilidad es alcanzable incluso en proyectos con presupuestos limitados, mediante la integración de criterios de diseño y eficiencia desde las primeras etapas.
- El diseño inicial es clave para optimizar recursos, reducir impactos ambientales y asegurar la durabilidad de las edificaciones.
- La articulación entre actores públicos, académicos y técnicos potencia los resultados, generando soluciones más eficientes y socialmente inclusivas.

- Las soluciones locales, adaptadas al contexto climático, cultural y económico, suelen ser más efectivas y sostenibles que modelos importados sin ajuste territorial.

Las experiencias analizadas son replicables en distintas ciudades ecuatorianas, siempre considerando sus particularidades climáticas, sociales y económicas. La adaptación de estos aprendizajes requiere:

- Capacitación técnica continua de profesionales y equipos municipales.
- Ajuste normativo local para facilitar la implementación de criterios sostenibles.
- Voluntad política e institucional para respaldar proyectos sostenibles y regenerativos.
- Participación activa de la academia y de la comunidad en los procesos de planificación y ejecución.

La replicabilidad no implica copiar modelos, sino adaptar principios de construcción regenerativa a cada territorio, fortaleciendo un enfoque sostenible integral.

10.4 Conclusiones generales

La transformación de la forma de construir en Ecuador no es únicamente un reto técnico, sino una responsabilidad ética, social y ambiental frente al territorio y a las generaciones futuras. El modelo constructivo tradicional, basado en consumo intensivo de recursos y en lógica extractiva, ha contribuido a problemas como la degradación ambiental, la vulnerabilidad estructural, la informalidad urbana y la desigualdad en el acceso a infraestructura segura y de calidad.

Es importante destacar que las condiciones que presenta el Ecuador por su condición geográfica, la diversidad de regiones y climas, la exposición a los eventos sísmicos recurrentes requiere que todos los involucrados sean conscientes de la responsabilidad que genera la ejecución de cada obra y el impacto que esto genera a corto y a largo plazo.

Es importante que los diseñadores desde el inicio de los proyectos entiendan que la sostenibilidad no es un gasto más que se propone, sino un grupo de soluciones responsables durante todo el ciclo de vida de los proyectos, donde el diseño bioclimático, la optimización energética, el confort térmico, la reducción en el gasto del agua, la utilización clara de materiales que logren reducir el daño y la adecuada disposición final de los

residuos deben convertirse en pasos precisos y obligatorios que van a favorecer con el éxito de las construcciones que se desarrollen.

La incorporación de tecnologías innovadoras y procesos de digitalización y modelación de información en cada uno de los procesos de construcción logran mejorar la eficiencia de cada una de ellas, fortaleciendo la integración de técnicas modernas de sostenibilidad con una visión clara de futuro y acorde a los cambios y lineamientos que el mundo contemporáneo lo requieren.

La planificación urbana y las políticas públicas coherentes son determinantes para consolidar un cambio estructural. La sostenibilidad no puede depender de iniciativas aisladas; requiere marcos normativos claros, fiscalización efectiva, incentivos adecuados y acceso a financiamiento verde. La colaboración entre sector público, academia, sector privado y sociedad civil es fundamental para construir ciudades inclusivas, resilientes y seguras.

En todo este contexto la academia, con las Universidades cumplen un papel fundamental y preponderante en el cambio sostenible que se quiere generar desde todos los sectores con el campo de la construcción donde se debe vincular la teoría con la práctica formando profesionales que estén comprometidos con el cambio que puedan proponer a lo largo de su vida profesional.

Es evidente además la vinculación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el proceso sostenible que se está enrumbando nuestra sociedad dentro del contexto global.

El camino hacia la construcción sostenible y regenerativa está lleno de desafíos y oportunidades. Aprovecharlas depende de la capacidad colectiva para aprender, adaptarse y actuar con coherencia. Cada obra, proyecto y decisión representa un paso hacia un Ecuador más resiliente, equitativo y en armonía con su territorio. Construir con sentido hoy garantiza un mañana donde el desarrollo y la naturaleza sean aliados en la construcción para un futuro mejor.

Referencias

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles. *Dearq*, (4), 14-23.
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1997). La construcción sostenible: el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47.
- Bedoya Montoya, C. M. (2011). *Construcción sostenible: para volver al camino*. Biblioteca Jurídica Dike: Mares Consultoría Sostenible.
- Gordillo, J. D. B., & Elizalde, N. F. L. (2017). La construcción sostenible aplicada a las viviendas de interés social en Colombia. *Boletín Semillas Ambientales*, 11(1), 86-110.
- Macías, E. L. M. (2019). Construcciones sostenibles: Materiales ecológicos en viviendas de interés social (VIS) como aporte al hábitat urbano. *DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura*.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. *Políticas de Desarrollo Sostenible*. Quito, Ecuador.
- Moreno, L. M. V. (2019). Construcciones sostenibles, impactos ambientales. *Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente*, 14(27), 86-95.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). *Reglamentos Técnicos para Edificaciones*. Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas. *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. ONU, 2015.
- Puertas, F., Alonso López, M., & Palacios, M. (2020). Construcción sostenible. El papel de los materiales.
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.
- Rocha-Tamayo, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. *Revista nodo*, 6(11), 99-106.

Este libro es el resultado del trabajo conjunto de dos profesionales de la construcción con sólida trayectoria académica, técnica y práctica, cuyas experiencias convergen en los ámbitos de la ingeniería civil, la arquitectura, la ejecución de obra, la gestión pública y la docencia universitaria. Esta obra integra las visiones del Ing. Civ. Héctor Lautaro Crespo Caicedo y el Arq. Raúl Marcelo Villegas Riera quienes, desde enfoques personales, aportan una mirada integral y contextualizada sobre los desafíos y oportunidades de la ingeniería regenerativa y la construcción sostenible en el Ecuador.

En tal virtud, se presenta una breve reseña de la vida de cada uno de los autores donde se refleja su trayectoria profesional dentro del área de los proyectos, la construcción y la sostenibilidad:

Ing. Civil Héctor Lautaro Crespo Caicedo

Ingeniero civil graduado en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2003), Premio al Mejor Egresado de la Promoción por el Colegio de Ingenieros Civiles del Guayas (2003) y de la Sociedad Filantrópica del Guayas (2003) con formación de postgrado como Diplomado en Marketing en la Universidad de los Andes – UNIANDES (2004), Especialista en Proyectos en la Universidad de los Andes – UNIANDES (2005), Máster en Dirección de Empresas por la Universidad de los Andes – UNIANDES (2006) y Máster en Ingeniería Civil con énfasis en Construcción y Saneamiento por la Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL (2025). Actualmente ha culminado un PhD - Doctorado en Administración e Innovación de Negocios en la Universidad Internacional de Investigación de México – UIIMEX y se encuentra en etapa de titulación.

Su experiencia profesional la integra el ejercicio técnico y la gestión pública y académica donde se ha desempeñado como Profesor de la Universidad Autónoma Regional de los Andes Uniandes – Babahoyo, Jefe de Análisis – Proyectos, Asesor de Alcaldía y Director de Obras Públicas del Municipio de Babahoyo. En la actualidad se desempeña como constructor y fiscalizador de obras civiles tanto en el sector público como en el sector privado y como Profesor Titular de la Facultad de Administración, Finanzas e Informática (FAFI) de la Universidad Técnica de Babahoyo UTB.

Entre algunas de las obras más relevantes donde ha tenido participación se destacan la construcción del puente de la calle Roldós en la ciudad de Babahoyo, la construcción del Malecón de Babahoyo desde la calle Flores hasta la calle Roldós, así como la construcción del Malecón del Pireo, el Malecón en el sector de Las Marianitas, el Malecón en la Universidad Técnica de Babahoyo y el Malecón de Barreiro, consolidando importantes espacios de integración urbana y recuperación del borde fluvial de la ciudad como un polo de desarrollo turístico, cultural y comercial de la ciudad. Asimismo, ha participado en la repotenciación de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en sectores estratégicos como Los Perales, El Chorrillo, Virgilio Zúñiga, Los Tulipanes, Jorge Yáñez y el casco central de Babahoyo entre otros, además de la regeneración integral del casco central de la ciudad, la Regeneración Urbana en algunas calles de las parroquias La Unión, Pimocha y Mata de Cacao del cantón Babahoyo, la construcción del nuevo Centro Comercial Guillermo Baquerizo Jiménez y la construcción del Coliseo de Fútbol Sala en la ciudadela del Sindicato de Choferes en la ciudad de Babahoyo.

Su experiencia incluye también la pavimentación de diversas calles en la ciudad de Babahoyo y en el cantón Alfredo Baquerizo Moreno en la provincia del Guayas – Jujan en el sector de la Gruta de la Virgen, la construcción del sistema de alcantarillado Pluvial en la parroquia San Juan del cantón Pueblo Viejo, y la remodelación del Comedor de la Tropa en el Ala de Combate FAE N.º 21 de la Base Aérea de Taura en el cantón Yaguachi en la provincia del Guayas. A nivel institucional, destaca la construcción del Edificio de la Unidad de Negocio CNEL Los Ríos, primer edificio con estándares de sostenibilidad en la ciudad de Babahoyo y en la provincia donde se desempeñó en calidad de Fiscalizador de Obra, así como la ejecución de más de 300 viviendas de interés social para el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) en sectores rurales de la provincia de Los Ríos, evidenciando una trayectoria orientada al desarrollo urbano, la infraestructura básica y la mejora de la calidad de vida de la población. Dentro de todas sus obras destaca la ejecución de la Balsa Flotante en la ciudad de Babahoyo, una obra icónica para la ciudad y el país, ya que existente muy pocas obras de este tipo, sobre el río Babahoyo formando parte del desarrollo turístico, histórico, cultural, económico y comercial sobre el imponente afluente que circunda la ciudad rescatando tradiciones históricas y culturales del Babahoyo del ayer.

Es evidente que dentro de su trayectoria ha formado parte en todas las etapas de diferentes procesos de construcción como la planificación, la construcción, la fiscalización y la administración tanto en el área pública como privada lo que demuestra su formación profesional y académica en el medio. Además, su participación en foros y eventos nacionales e internacionales con especialistas e investigadores lo que le ha permitido avanzar en conocimiento y así consolidar su perspectiva profesional e ir avanzando con los desafíos y requerimientos que el cambio de la construcción va requiriendo.

Su trayectoria incluye la participación en congresos, seminarios y encuentros técnicos desarrollados en diversos países como Colombia, Perú, Argentina, Chile, Cuba, Panamá, Uruguay, México, España y Estados Unidos los cuales han colaborado a enriquecer sus conocimientos dentro del área de la construcción. Además, presenta una publicación en la Revista del Diario El Universo de Guayaquil con el Tema: La nueva forma de ejecutar las obras, en el año 2023. Cabe destacar que, en el año 2025, con la tesis desarrollada en la Maestría en Ingeniería Civil de la Escuela Superior Politécnica del Litoral de Guayaquil (ESPOL), participó en el Congreso Nacional “Construir en Clave Sostenible 2025”, realizado en la ciudad de Madrid, España, evento organizado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España (CSCAE), con la ponencia titulada “Elaboración de hormigones para estructuras de viviendas de interés social (280 kg/cm²) con agregados orgánicos reciclados a base de fibras del tallo del banano en el Ecuador”.

Esta ponencia demostró el involucramiento de la construcción en los desechos que se generan en el área de la agricultura dejando en claro ser una propuesta interesante en la sostenibilidad buscando la incorporación de materia reciclada que pueda generar beneficios en las construcciones, a bajo costo y mejorando las condiciones del ecosistema en el mundo.

Fue un lanzamiento de una propuesta generada en el Litoral ecuatoriano y proyectada al mundo entero evidenciando las estrategias que se están desarrollando en nuestro país dentro de la academia para ponerlas en práctica con profesionales locales en el área de la construcción y así generar un punto de arranque para el análisis en los diferentes entornos productivos de la zona.

De este modo, se reafirma el potencial de la economía circular como enfoque aplicable y escalable dentro de la industria de la construcción contemporánea.

Esta combinación de formación académica, experiencia institucional y práctica profesional aporta una visión integral que articula la teoría, la normativa, la gestión y la realidad constructiva del Ecuador, enriqueciendo el enfoque del libro y reforzando su carácter aplicado y contextualizado.

Arq. Raúl Marcelo Villegas Riera

Arquitecto graduado en la Universidad de Guayaquil en 1999, con un Diplomado en Arquitectura y Construcciones Sostenibles realizado en la Universidad Central de Venezuela en el año 2004, y una Maestría en Construcción Sostenible y Circular desarrollada en el Instituto de Tecnología ZIGURAT con el aval de la Universidad de Barcelona en España. Cuenta con más de 27 años de experiencia en el sector de la construcción, consolidando una amplia trayectoria profesional tanto en el ámbito público como privado, destacándose por su participación en más de 150 proyectos relacionados con el diseño, dirección y administración de obras arquitectónicas y de infraestructura con enfoque sostenible.

Dentro de su trayectoria profesional ha sido diseñador y constructor de importantes proyectos hospitalarios en la ciudad de Babahoyo, entre ellos la Clínica Maternidad Germán, el Hospital General Touma, la Clínica de Especialidades Nasamed, la Clínica Traumatológica Olvera y el Centro de Imágenes Cediec. Asimismo, ha desarrollado edificaciones particulares emblemáticas como el edificio Maxicarnes, el Condominio Mi Río, la Importadora Vizuete Álvarez y el edificio del Colegio Médico de Los Ríos. A lo largo de su carrera ha dirigido la construcción de múltiples proyectos de viviendas privadas en diferentes sectores del país y ha participado en importantes obras públicas, entre las que destacan el nuevo malecón de la ciudad de Babahoyo, desde la calle Mejía hasta la calle Roldós; la regeneración de la zona central de Babahoyo; el Parque Central de la ciudad; el Nuevo Mercado Municipal Guillermo Baquerizo Jiménez y la construcción de los nuevos cuarteles del Cuerpo de Bomberos en las parroquias Barreiro y Caracol pertenecientes al cantón Babahoyo, así como la Unidad de Diálisis en el cantón Baba, entre otras obras de relevancia regional.

Formó parte, en calidad de Administrador del Contrato, de la construcción del nuevo edificio de CNEL EP en la ciudad de Babahoyo, proyecto del cual además fue diseñador principal. Esta obra incorporó parámetros de sostenibilidad, convirtiéndose en una de las edificaciones pioneras en construcción sostenible dentro de la ciudad. De igual manera, ha desarrollado importantes diseños arquitectónicos para el sector público, como el Terminal Terrestre, el Centro de Rehabilitación de Adicciones del cantón Daule, el Centro Municipal Recreativo y Deportivo para el Municipio de Santa Lucía y el Terminal Terrestre y el Polideportivo del cantón Baba en la provincia de Los Ríos.

Entre sus proyectos más destacados se encuentra el diseño principal de la Ciudad Deportiva del cantón Daule, obra reconocida por el Instituto de Castilla y León en Valladolid, España en el año 2025, en la categoría Infraestructura, Urbanismo y Actuaciones en Espacios Exteriores, evidenciando su aporte y vinculación con la sostenibilidad en el ámbito internacional. Además, ha sido diseñador de un edificio de 39 aulas para la Universidad Técnica de Babahoyo, proyecto concebido bajo criterios de sostenibilidad, optimización energética y confort térmico, constituyéndose en un referente de construcción sostenible dentro de las instituciones educativas de la ciudad y del país.

También ha sido acreedor a importantes reconocimientos profesionales, entre ellos la distinción al Mérito Profesional otorgada por el Ilustre Municipio del Cantón Babahoyo en el año 2010 y la distinción al Mérito Profesional concedida por la Federación Médica Ecuatoriana en el año 2016.

En el sector público ha brindado asesoramiento técnico a diferentes entidades y gobiernos municipales, entre ellos los municipios de Babahoyo y Baba, en la provincia de Los Ríos, así como Daule y Santa Lucía, en la provincia del Guayas.

En el ámbito académico y editorial, registra publicaciones de artículos de arquitectura en diversos temas en la Revista Entre-Rayas de la ciudad de Caracas, Venezuela, durante los años 1998, 2020 y 2021. Asimismo, publicó el artículo "Arquitectura que rescata lo nuestro" en la revista del Diario El Universo de la ciudad de Guayaquil en el año 2005, además de la publicación "Propuesta de un Espacio Vernáculo Contemporáneo" en la Revista Domus en el año 2007.

Ha participado además como expositor en el Curso de Arquitectura y Construcción Sostenible con los temas "Estructuras Metálicas Expuestas" y "Arquitectura Vernácula Contemporánea" en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, en la Facultad de Arquitectura, en el año 2005.

De igual manera, ha participado en eventos científicos y académicos relacionados con el campo de la construcción en países como Venezuela, España y Ecuador, evidenciando una sólida formación académica, amplia experiencia profesional y liderazgo en proyectos emblemáticos vinculados a la construcción sostenible, aportando al fortalecimiento de una arquitectura responsable, eficiente e innovadora en el Ecuador.

ISBN: 978-9942-53-172-8



Compás
capacitación e investigación