

# Caso de estudio: Edificio Telefónica. Una comparación entre objetivos iniciales y características finales

## Case study: Telefónica's Offices. A comparison between initial objectives and final characteristics

Recibido: 27 de abril del 2011. Aprobado: 12 de marzo del 2012.

Camilo Villate Matiz

Universidad de los Andes, Bogotá,  
Colombia.

✉c-villate@uniandes.edu.co

Magíster en Tecnologías de la Construcción, Universidad Nacional de Colombia. Especialista internacional en Construcción, Administración y Estructuras, Universidad Politécnica de Valencia, España.

Brando Tamayo Martínez

Universidad de los Andes, Bogotá,  
Colombia.

✉b-tamayo@uniandes.edu.co

Especialista en Ciudad y Arquitectura y candidato a Maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

### Resumen

El edificio Telefónica-Telecom es un aporte a la práctica de la arquitectura responsable con el medio ambiente, pues se configura para tener un manejo energético eficiente. El proyecto logró una alta velocidad en la puesta en operación, dado que contó con un proceso de diseño y construcción de tan solo tres meses, a la vez que busca una alta flexibilidad de ocupación. Los resultados del análisis muestran cómo las características técnicas del proyecto responden a los objetivos nombrados y cómo algunas de estas tienen la capacidad de responder simultáneamente a varios objetivos y de convertirse en estrategias de integración críticas para proyectos con agendas similares.

**Palabras clave:** caso de estudio, agenda, estrategias, sistema.

### Abstract

The Telefónica-Telecom Building contributes to the architectural practice of responsibility with the environment; it was designed to have efficient energy consumption. The project was undertaken extremely rapidly: the process of design and construction was completed in three months, however at the same time, the idea was to achieve a highly flexible use for the building. The results of the analysis manifest how the technical characteristics of the project are an answer to the established objectives. Also, how they have the capacity to simultaneously provide an answer to several objectives and to become strategies of critical integration for projects with similar agendas.

**Keywords:** case study, agenda, strategies, system.

### OFICINAS CORPORATIVAS DE TELEFÓNICA

Ubicación: Bogotá D. C.  
Diseño arquitectónico: Fernando de la Carrera y  
Alejandro Cavanzo  
Diseño estructural: Interdico Ltda. y Carlos  
Castro  
Cliente: Telefónica  
Año: 2007  
Interventores: DPI Ltda. y Andrés Liévano  
Área construida: 1923 m<sup>2</sup>  
Uso: Oficinas  
Número de pisos: 2  
Constructores: ARBO Ltda. y Álvaro Rueda B.  
Asesoría bioclimática: Jorge Ramirez  
Asesoría acústica: ADT (Acústica Diseño y  
Tecnología Ltda.)

El presente artículo hace parte del proyecto de investigación titulado *Casos de estudio como apoyo a la enseñanza de la técnica*, del Departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. El marco teórico, así como variables de análisis y las herramientas empleadas para el presente caso único de estudio, han sido publicadas en el *dossier* titulado *La práctica de la arquitectura como racionalización sistémica* en este mismo medio, en la revista *Dearq 6*. En este *dossier* se explican más ampliamente los conceptos de objetivos de una agenda de un proyecto, determinantes de diseño, así como la necesidad de responder acertada y consecuentemente a estas mediante la resolución física del proyecto y la relación de sus sistemas y componentes físicos construidos.

Figura 1. Interior del proyecto Telefónica-Telecom. Fuente: Fernando de la Carrera



Este caso hace parte del proyecto de investigación *Casos de estudio como apoyo a la enseñanza de la técnica*, y se inscribe dentro del marco teórico publicado en esta revista, donde se exponen las variables principales del proceso del diseño en arquitectura y el marco conceptual y metodológico que aquí se emplea.<sup>1</sup> La metodología inductiva y exploratoria aplicada busca llegar a entender el edificio como un proceso más que como un resultado<sup>2</sup> (agenda-determinantes-resultado), para lo que se emplea el método de *rastreo del proceso* del diseño arquitectónico particular, en este caso para establecer la agenda del proyecto y sus características técnicas, que apuntan a su resolución. Así, mediante entrevistas semiestructuradas con los proyectistas, documentos como consultorías y visitas guiadas, busca dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la agenda particular del caso estudiado?
- ¿Cómo se relaciona el hecho construido con la agenda particular?
- ¿Qué características técnicas del caso pueden contribuir en mayor medida a la concreción de la agenda general propuesta?
- ¿Qué características técnicas del caso contribuyen en mayor o menor medida a la concreción de cada objetivo por separado?

A fin de resolver estas preguntas, desde las entrevistas realizadas y el uso de medios gráficos descriptivos diseñados para evidenciar características básicas de la infraestructura, como tipos de relaciones entre componentes, cantidad de componentes, valor sistémico de los componentes, etc.,<sup>3</sup> se caracteriza el edificio mediante sus rasgos técnicos particulares. Igualmente, para establecer la relación entre objetivos y características técnicas particulares de sus sistemas se les pidió a dieciséis profesionales de la arquitectura que diligenciaran cuestionarios estructurados, con el fin de indagar la existencia o no de una contribución directa entre cada característica y cada objetivo de la agenda inicial, y la argumentación de cada uno. Ello permitió establecer la validez de cada característica como estrategia por reconocer. En la figura 1 se muestra la fachada principal de acceso al edificio.

### La agenda y funciones objetivo del proyecto

Una agenda, así como un sistema complejo, usualmente es multiobjetiva.<sup>4</sup> En este caso, aunque no existe un sistema de certificación de sustentabilidad que el edificio pretenda adoptar, en el caso descrito se evidencia un interés particular proyectual de responsabilidad ambiental. Es un ejemplo que muestra cómo se aborda una agenda particular de eficiencia energética desde dos estrategias iniciales: la reutilización de una estructura y su acondicionamiento bioclimático.<sup>5</sup>

Al tiempo, Fernando de la Carrera<sup>6</sup> manifestó durante las entrevistas realizadas la necesidad de clientes y diseñadores de realizar un proyecto de forma veloz, pues los plazos de diseño y de construcción estaban reducidos a tan solo tres meses. Igualmente, se detectó durante las entrevistas realizadas el requisito de ocupación progresiva y flexible

1 Villate y Tamayo, "Práctica de la arquitectura", 178-199.

2 Villate y Tamayo, "Toma de decisiones", 312 y 315.

3 *Ibíd.*

4 Linares y Ramos, "Modelos matemáticos de optimización", 3.

5 Fernando de la Carrera, entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo, Bogotá, 2010; Ramírez, "Asesoría en el comportamiento".

6 Fernando de la Carrera, entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo, Bogotá, 2010.

del edificio como tema central de resolución, dado que el cliente estableció desde los inicios del proyecto que este sería ocupado progresivamente y este factor debería pensarse desde el diseño. Por tal motivo, el edificio cuenta con estrategias como nuevas estructuras interiores aporricadas de columnas metálicas que permiten alta flexibilidad<sup>7</sup> y sistemas automatizados de ventilación para asumir cambios de ocupación.<sup>8</sup> De esta manera, existían tres objetivos básicos de la agenda particular del proyecto: eficiencia energética, velocidad constructiva y flexibilidad de uso.

7 Rush, *The Building Systems*; Slaughter, "Design Strategies".

8 Fernando de la Carrera, entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo, Bogotá, 2010.

## La forma preestablecida como determinante

En el 2006, el gobierno anunció la subasta del 50% más una acción de la empresa Colombia Telecomunicaciones S. A. (Telecom), en que fue favorecida la propuesta de Telefónica Internacional S. A. Como consecuencia, el grupo requería localizar en Bogotá su sede corporativa y gerencial. Para este efecto, el ahora Telefónica-Telecom contactó a Arquitectos Asociados como diseñadores, quienes ya habían trabajado con Telecom.

Respecto al lugar, se concebían dos posibles opciones: ubicarse en un edificio existente en un entorno urbano consolidado al norte de la ciudad o ubicarse en el actual centro operativo de Telecom, en la transversal 60 con 114, al noroccidente de Bogotá. La segunda opción resultó favorecida, por las calidades ambientales, espaciales y urbanas de un entorno de bajas densidades y amplias zonas verdes, y por la cercanía con las demás instalaciones de Telecom.<sup>9</sup>

9 *Ibíd.*

Por injerencia de los proyectistas y clientes se analiza la posibilidad de reutilizar una de dos posibles estructuras existentes: la primera (fig. 2), propuesta por el cliente, y la segunda, la piscina (fig. 3), propuesta por los arquitectos. Esta última, una gran nave con un volumen adosado que contaba con lucarnas en desuso, incidencia solar directa en acristalamientos a tope en fachadas extensas a poniente y saliente, y con insuficiencia de batientes para asegurar la tasa de renovación de aire pertinente.

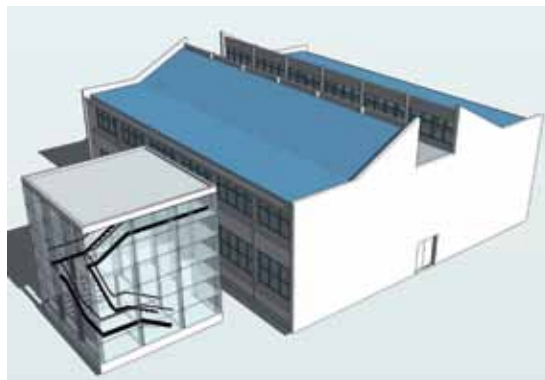


Figura 2. Esquema de opción de otro edificio contiguo propuesto por el cliente. Al edificio existente se le suma el punto fijo exterior

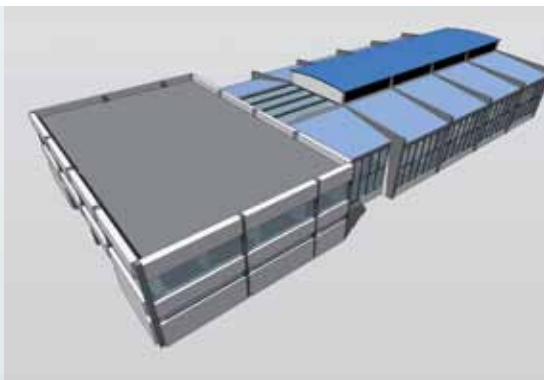


Figura 3. Opción de emplazamiento en la piscina propuesta por los arquitectos proyectistas



Figura 4. Estado anterior del edificio de la piscina. Fuente: Archivo de Arquitectos Asociados



Figura 5. Estado anterior del interior del edificio de la piscina. Fuente: Archivo de Arquitectos Asociados

En principio, la idea de reutilizar la piscina no es aceptada por el cliente. Sin embargo, en presencia de un anteproyecto que evidenciaba cualidades espaciales destacadas, logradas por medio de la proyección de un *mezanine* interior, nuevas lucarnas, particiones en vidrio templado, etc., el cliente acepta la ubicación.

10 Arquitectos Asociados, "Memoria Corporativa Telefónica".

Esta decisión cuenta tanto con ventajas como desventajas.<sup>10</sup> Las ventajas principales son: una rápida ejecución, por la posibilidad de realizar el proceso constructivo bajo cubierta; elementos arquitectónicos preexistentes en la piscina (figs. 4 y 5); cerramientos en fachada con ventanería a tope; acabados de fachadas con revestimientos en ladrillo; sistemas mecánicos de redes y servicios (que serían parcialmente reemplazados), y la ventaja de contar con el sistema estructural de la edificación en concreto armado, construido décadas atrás.

11 Cifras calculadas con la estimación de cantidades de material reutilizado y su energía contenida en gigajulios por tonelada extraídas de Yeang (*Ecodesign: A Manual*) y fuentes complementarias.

Al conservarse estos componentes materiales como los principales costos directos en una edificación, se lograría un significativo ahorro económico, al alargar el ciclo de vida de alrededor de 700 m<sup>3</sup> de concreto y 49 t de acero estructural, correspondientes a 1340 t de CO<sub>2</sub> y a un consumo energético total del orden de 4000 GJ.<sup>11</sup> Comparativamente, 65 GJ es la energía consumida anualmente por una persona en actividades normales de vivienda, trabajo y transporte.<sup>12</sup>

12 Harvard Clean Energy Project, "Energy Consumption by Person".

### La determinante *lugar* y el entendimiento del clima en relación con la forma y la localización de la estructura

El funcionamiento de una piscina en climas templados de montaña, en zonas tropicales como Bogotá, implica la necesidad de incluir sol directo dentro de sus zonas húmedas, con el fin de generar condiciones apropiadas de confort térmico por medio del aprovechamiento de la energía térmica solar, acompañado de una apropiada ventilación que garantice las deshumidificación del interior y reduzca la condensación del agua.<sup>13</sup>

13 Iowa Association of Municipal Utilities, "Energy Smart Management".

Por otro lado, una oficina demanda el control de la incidencia solar y los niveles lumínicos, así como la ventilación adecuada de espacios

interiores, de tal manera que se garantice el funcionamiento ante la ocupación variable del edificio. La inapropiada localización en sentido norte-sur del edificio preexistente para el nuevo uso implica la continua incidencia de la radiación solar en las fachadas acristaladas más extensas, en oriente y occidente, lo que ante una inadecuada ventilación genera una acción de efecto invernadero<sup>14</sup> y, por ende, temperaturas por encima de la zona de confort térmico que deben situarse entre los 18 y 25 °C. Esto obligaba a los usuarios a incluir cortinas, persianas y plásticos negros en acristalamientos de cubierta y fachada (fig. 4), y determinaba el uso masivo de sistemas artificiales de climatización.

14 Ramírez, "Asesoría en el comportamiento térmico".

La *Asesoría de comportamiento térmico y eficiencia energética*<sup>15</sup> y esquemas iniciales de los proyectistas establecieron la pertinencia de incluir controles para la radiación directa y mecanismos de ventilación pasiva, como la ventilación cruzada, aprovechando la localización del edificio en relación con los vientos dominantes y las zonas de presión diferencial generadas sobre cada fachada (fig. 6), además de un sistema de ventilación natural basado en las corrientes naturales de convección de los fluidos (figs. 7 y 8).

15 Ibíd.



Figura 6. Vientos dominantes y presiones diferenciales del aire. Fuente: Ramírez, "Asesoría en comportamiento térmico"

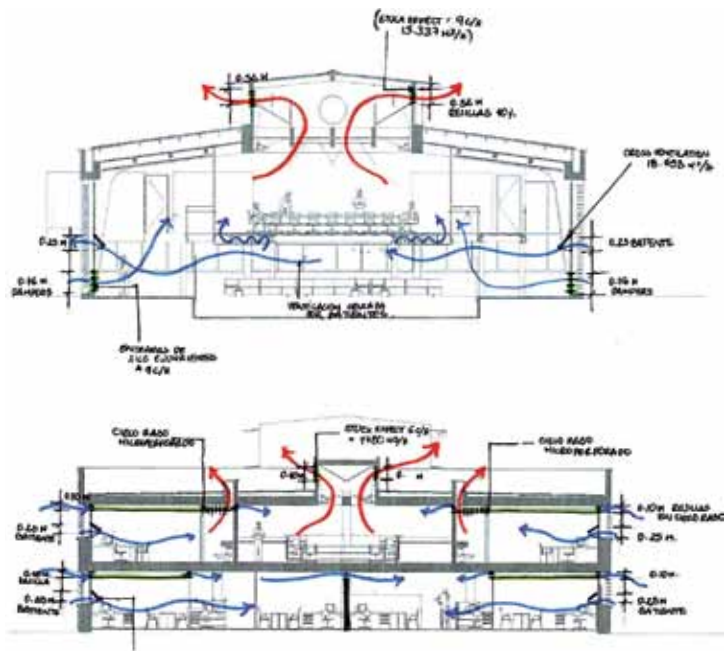


Figura 7. Esquemas de ventilación pasiva. Fuente: Ramírez, "Asesoría en comportamiento térmico"

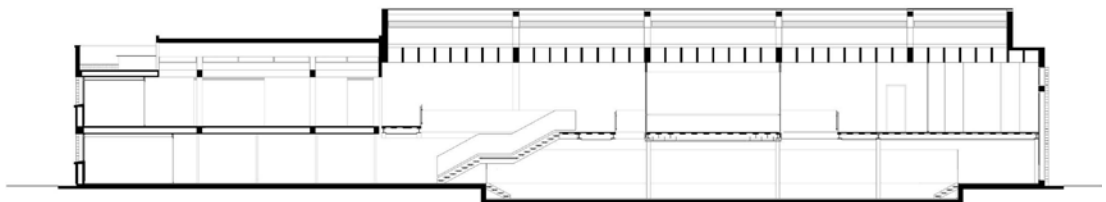


Figura 8. Corte longitudinal. Fuente: Fernando de la Carrera

Así, se destina especial atención a los subsistemas de cerramiento de fachada y cubierta, complementados con los cerramientos interiores y esquemas estructurales para permitir flujos de aire y luz en el edificio. Un estimativo que compara cifras de consumos energéticos típicos mundiales en oficinas e indican que estas acciones generaron un ahorro aproximado en la operación del edificio del 80%.<sup>16</sup>

Para entender cómo se ejecutan las estrategias nombradas y caracterizar técnicamente al edificio, es preciso comprender que este proyecto de oficinas se divide en dos volúmenes diferentes (figs. 8, 9 y 10): la antigua zona húmeda y la zona de servicios de la antigua piscina, donde se incluyen zonas diferenciales del programa: una planta libre y una zona de oficinas compartimentadas de altos mandos y secretarías.

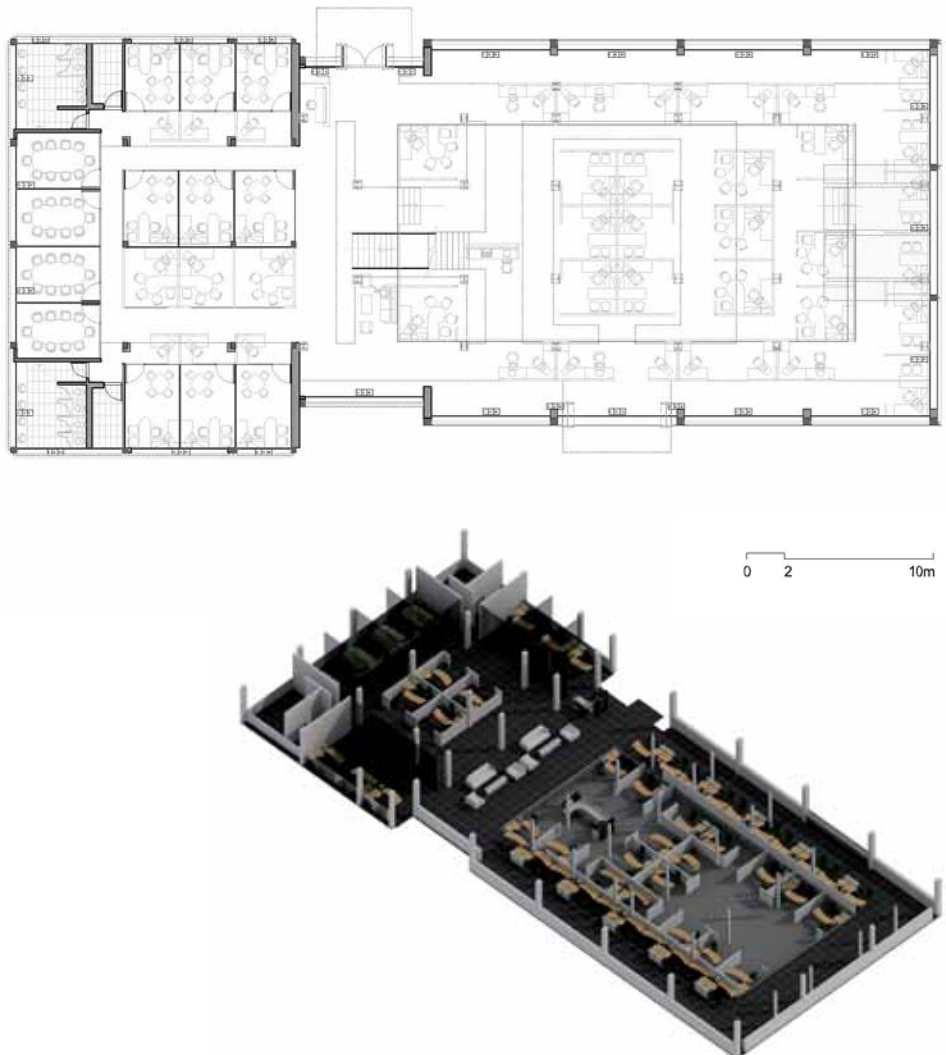


Figura 9. Planta y modelo del primer nivel. Fuente: Fernando de la Carrera

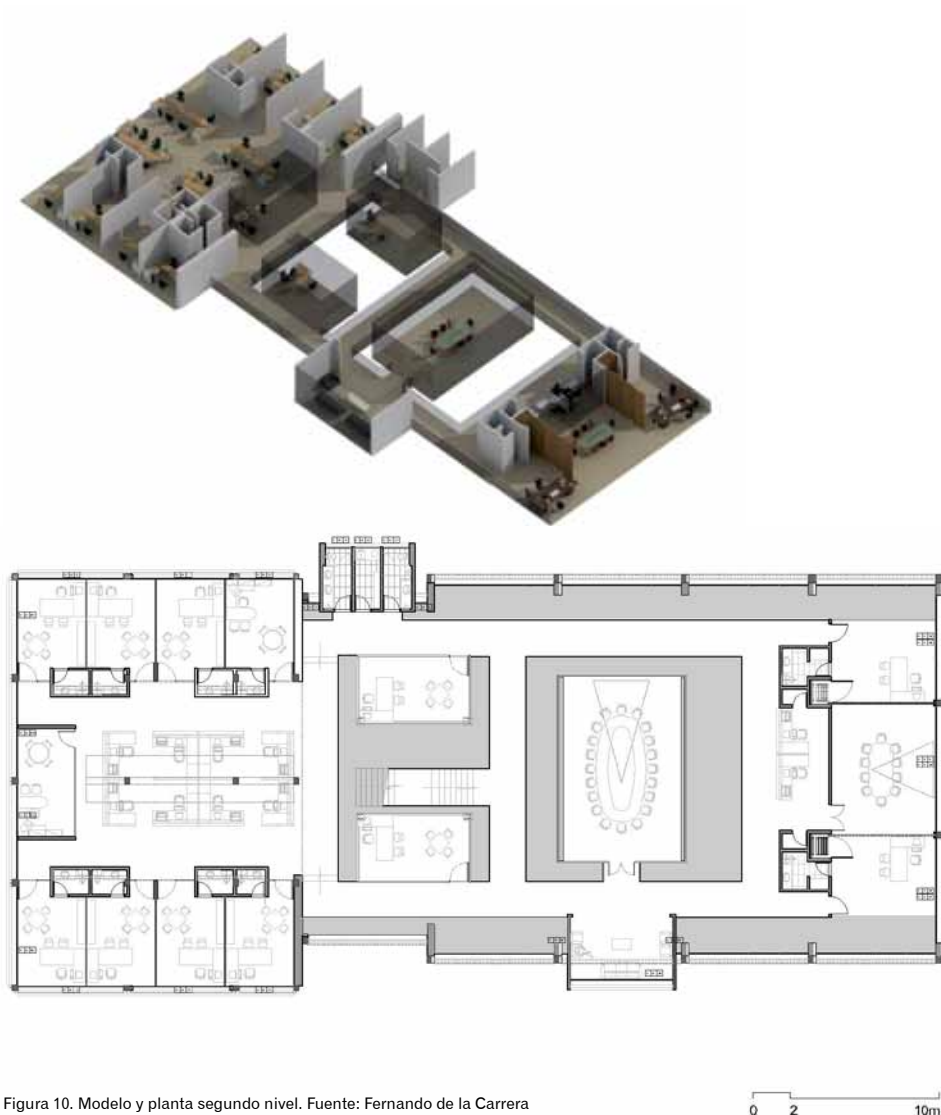


Figura 10. Modelo y planta segundo nivel. Fuente: Fernando de la Carrera

## Los sistemas integrados del edificio

A continuación se expone el análisis descriptivo de los sistemas principales del edificio, segmentado en los volúmenes que lo componen.

### La estructura de la nave

El sistema estructural preexistente está compuesto por una nave conformada por pórticos biarticulados en concreto reforzado.<sup>17</sup> Cuenta con luces de 20 m, altura libre de 6 m y un subsistema de cubierta igualmente en concreto armado. Bajo esta nave se incluye un nuevo sistema estructural en acero mediante pórticos bidireccionales en secciones IP, dilatado de la estructura existente que, conformando vacíos,

17 Si bien las uniones pórtico-cimentación son empotradas, la reducción de la cantidad de material, según las exigencias estructurales a las que se ve sometida cada parte del sistema, también puede considerarse una articulación, dado que sigue permitiendo giros.





Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>⊗ Integraciones entrelazadas</li> <li>● Cerramiento-acabados</li> <li>● Mecánicos únicamente</li> <li>● Estructura-acabado</li> <li>● Cerramiento únicamente</li> <li>● Estructura únicamente</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsistema de cimentación. Zapatas corridas nave de la piscina.</li> <li>2. Subsistema vertical. Columnas a la vista en concreto reforzado. Algunas de estas integran mochetas que esconden bajantes de desagüe.</li> <li>3. Subsistema de cubierta. Estructura de cubierta en concreto a la vista, de vigas en 2 direcciones y vigueta.</li> <li>4. Subsistema de cimentación. Zapatas aisladas (dados) mezanine interior.</li> <li>5. Subsistema vertical. Columnas a la vista en acero sección I. Al igual que el 2, integran algunas columnas redes verticales hidráulicas.</li> <li>6. Subsistema de entepiso. Entepiso en acero con vigas en dos direcciones, viguetas, y riostras sección I, y losa en steel deck.</li> </ol>

Figura 11. Grafo y perspectiva de estructuras de la nave de la piscina. Fuente: elaboración propia

permite un manejo integral de la ventilación y la iluminación interiores. La integración fija y rígida lograda con cordones de soldadura continuos de sistemas horizontales y verticales anula la necesidad de arriostamientos laterales o de muros resistentes a cortante. El entepiso se resolvió mediante vigas en dos direcciones, viguetas cada 1,5 m, y losa de concreto con placa colaborante. Así, se anuló la necesidad de formaletas, además se logró un rápido proceso constructivo. Su montaje fue de solo dos semanas.<sup>18</sup> Las bajas cargas de la estructura (alrededor de 210 kg/m<sup>2</sup>) se resolvieron fácilmente en la cimentación con un sistema superficial en forma de zapatas,<sup>19</sup> que facilitan la ejecución del proyecto.

En resumen, los sistemas estructurales diferenciales cuentan con varios aspectos característicos: bajas cargas, que permitieron un veloz montaje de la estructura, y uso de integraciones removibles de nueva estructura como lo muestra la figura 11. Según el grafo resultante del análisis de relaciones y componentes estructurales de la nave (fig. 11), las antiguas y nuevas estructuras están predominantemente a la vista, sin más acabados que los requeridos de protección para el metal y pintura blanca para el concreto. Las columnas son los lugares elegidos para coordinar recorridos de redes hidráulicas a los baños de empleados y de la gerencia en el segundo piso, sobre el costado norte del proyecto, y mochetas iguales en las columnas en concreto para evacuar aguas lluvias de cubierta.

### Las fachadas de la nave

La fachada resultante tiene una capa exterior compuesta por dâmperes fijos en aluminio, con ángulos de protección solar de 45° y 23° a oriente y occidente, respectivamente,<sup>20</sup> e inclinaciones calculadas con base en la protección para la época crítica de los equinoccios de marzo y septiembre en horas laborales. Los espacios interiores se calientan con radiación solar directa que penetra desde las 6 a. m. hasta las 8 a. m.

La piel interior es un cerramiento acristalado con batientes a media altura y rejillas automatizadas inferiores, encargadas de controlar el

18 Esmet Ltda., *Programación de obra*.

19 La permisibilidad de construcción de zapatas o dados aislados está determinada por el título A, capítulo 3, parágrafo a 3.8 de la Norma Sismorresistente 2010, denominado *estructuras aisladas sísmicamente en su base*. La normativa se remite al cumplimiento de la norma National Earthquake Hazards Reduction Program (NEHRP), de The Building Seismic Council USA; la *Minimum Design Loads for Buildings*, de The American Society of Civil Engineers USA; entre otras normas americanas de la construcción, las cuales establecen cargas muertas, vivas y horizontales máximas para la consecución de este tipo de cimentaciones, así como las calidades portantes del subsuelo precisas para tal fin.

20 Ramírez, "Asesoría en el comportamiento térmico".

Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>● Estructura-cerramiento-acabados-mecánicos</li> <li>● Cerramientos acabados</li> <li>● Cerramiento únicamente</li> <li>● Estructura-acabados</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Dumpers</i> metálicos de piso a techo de protección solar.</li> <li>2. Cerramiento acristalado de piso a techo con rejillas móviles inferiores conectadas a un termostato.</li> <li>3. Módulo prefabricado de piso en concreto blanco.</li> <li>4. Viga canal perimetral en concreto reforzado a la vista de la estructura de cubierta de la nave de la piscina.</li> <li>5. Acabado exterior modular en concreto blanco prefabricado.</li> <li>6. Columnas en concreto reforzado de la nave de la piscina.</li> <li>7. Placa de contrapiso concreto reforzado.</li> </ol>



Figura 12. Grafo e imagen de fachadas de la nave de la piscina. Fuente: elaboración propia y Archivo Arquitectos Asociados

flujo de aire fresco del exterior al interior por mecanismos tanto automatizados como manuales. Esto permite el desarrollo de sistemas diferenciales de ventilación pasiva, como termosifones<sup>21</sup> y ventilación cruzada. El mecanismo automatizado o *sistema inteligente*<sup>22</sup> es simple: un termostato con un motor eléctrico ubicado dentro de los marcos, encargado de rotar las rejillas metálicas según la necesidad de aportes de caudales, para ventilar, deshumidificar y refrigerar el aire interior.

Así, tal como se observa en la figura 12, existen una multiplicación o complejización de componentes de cerramiento para resolver la relación con el medio exterior y acondicionar climáticamente el interior, con piezas prefabricadas, como marcos completos entre las columnas exteriores, que no demandan tratamiento de acabado alguno después de ser instalados y promueven un rápido proceso en obra.<sup>23</sup> La fachada exterior cuenta con prefabricados en concreto blanco, anclados al concreto de la viga canal perimetral.

### Las cubiertas de la nave

Los arquitectos proyectan un nuevo sistema ligero de tejas metálicas tipo Aluzinc, sobrepuesto a la cubierta en concreto existente, que no se eliminó. La nueva cubierta se ancla con ganchos sobre correas doble C en acero, integradas en sentido longitudinal al sistema de pórticos. De esta manera, se crea un vacío entre las dos cubiertas para controlar el sonido que, a la vez, vigila cambios térmicos.<sup>24</sup> Adicionalmente, se adicionan cielorrasos en MDF microperforados para control del sonido.

La nueva lucarna que aprovecha la perforación en desuso pasa por diversos esquemas durante el proceso de diseño. Finalmente, se produce un complejo componente sobrepuesto a la estructura que permite un manejo diferencial de los dos flujos según las necesidades, componente al que también se le incluyeron persianas automatizadas en ciertas zonas. De esta manera, con nuevos cerramientos en fachadas y cubiertas, la nave cuenta con un poderoso conducto de movimiento ascendente de aire, que produce de seis a nueve renovaciones de aire por hora.<sup>25</sup>

21 Cuando se habla de termosifón, el término empleado se refiere al efecto chimenea, es decir, al efecto ascendente del aire caliente que, por la densidad diferencial en relación con el aire frío, encuentra salida por conductos superiores.

22 Según la definición de *sistemas inteligentes*, ofrecida por Intelligent-systems.com.ar, son aquellos sistemas que sienten su entorno y actúan continuamente de forma externa e independiente y consumen energía y la utilizan para sus procesos interiores y para actuar.

23 Rush, *The Building System Integration*, 238.

24 Ramírez, "Asesoría en el comportamiento térmico".

25 Tasas de renovación obtenidas mediante el cálculo de caudales de ventilación utilizando las fórmulas y métodos descritos en el ASHRAE Fundamentals, citado en Ramírez, "Asesoría en comportamiento térmico".

Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>● Cerramientos acabados</li> <li>● Cerramiento únicamente</li> <li>● Estructura-acabados</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estructura horizontal de vigas-viguetas riostras a la vista con cubierta preexistente con problemas de estanqueidad.</li> <li>2. Nueva cubierta tipo Aluzinc sobre correas en acero.</li> <li>3. Estructura metálica apertorada inclinada de Lucama con perfiles IP 300 con vigas y columnas.</li> <li>4. Cerramiento lateral en vidrio con marcos en aluminio y rejilla metálica.</li> <li>5. Teja tipo sandwich sobre correas en acero.</li> <li>6. Divisiones de <i>dry wall</i>. Trampa acústica y túnel de ventilación.</li> </ol>

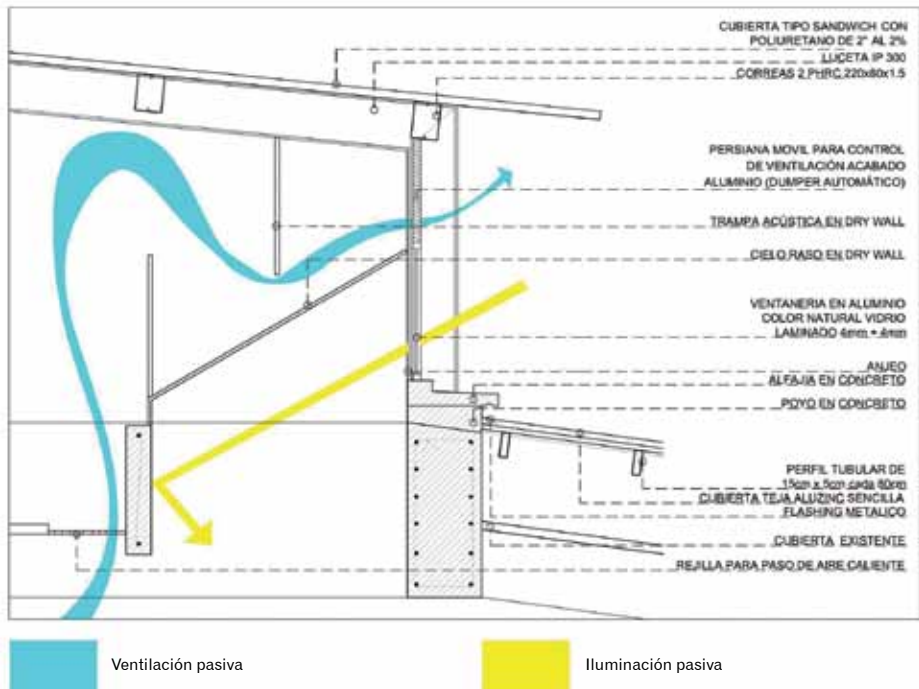


Figura 13. Grafo y detalle de armado de cubierta y lucarna. Fuente: elaboración propia y Arquitectos Asociados

Así, en los cerramientos de fachada se evidencian las bondades de conservación de elementos existentes y el empleo de gran cantidad de elementos prefabricados de mediano tamaño, empleando sistemas de montaje industrializados y fácilmente intercambiables, tal como se observa en la figura 13.

Finalmente, se destaca la conservación y el rediseño de la lucarna existente para permitir su funcionamiento dual de ventilación e iluminación en un complejo sistema interno de flujos diferenciales de recursos ambientales, así como la posibilidad de evidenciar los elementos estructurales de una manera honesta,<sup>26</sup> desde espacios habitables. Por dentro del conducto conformado es posible incluir nuevas redes de ventilación, si se requieren en el futuro.

26 Fischer, *La honestidad constructiva*.

## Estructura del volumen de servicios de la piscina

El sistema estructural contiguo a la nave, de dos plantas de altura, se configuró originalmente a partir de un sistema de pórticos unidireccionales en concreto reforzado con luces de 5,5 m. El subsistema de cimentación se compone de zapatas corridas con vigas de amarre que aseguran el asiento equivalente del conjunto. Es preciso anotar que, en la actualidad, es prohibido por la norma sismorresistente (NSR10)<sup>27</sup> construir este tipo de entrepisos, por lo que es necesario proyectar vigas en las dos direcciones.

A este esquema estructural se integran los nuevos sistemas arquitectónicos que persiguen condiciones internas de confort lumínico y térmico necesario, mediante la eficiencia en el uso de recursos naturales y mínimo consumo energético. Como indica la figura 14, la modificación principal realizada al sistema de pórticos en concreto es la renovación de redes existentes coordinadas por la estructura vertical localizada en fachada. Contra las fachadas, la estructura horizontal en este punto se esconde mediante un ciellorraso para el paso de redes a zonas superiores y para ventilar.

## Adecuación de la fachada del volumen de servicios

Comienza con la evaluación de la pertinencia económica y constructiva de mantener los antepechos existentes. La fachada original estaba compuesta por antepechos en doble muro de bloque núm. 5 con confinamientos y acristalamientos de media altura. Los antepechos, al igual que las vigas-canal perimetrales de la nave, se recubrieron con el nuevo acabado prefabricado en concreto blanco y nuevas alfajías y goteros para proteger la fachada de la degradación. El nuevo acabado se integra con tornillería expansiva que permite su fácil actualización. A esta fachada se integra una envolvente de doble piel, similar a la de la nave, aunque conectada a cielo rasos ventilados.

Sin embargo, el área en planta de geometría rectangular de 15 × 22 m y la nueva disposición de oficinas sobre las fachadas, a fin de aprove-

<sup>27</sup> Los elementos de cimentación, como zapatas, dados, pilotes, pozos de cimentación (*caissons*), etc., deben amarrarse por medio de elementos capaces de resistir en tensión o compresión una fuerza no menor de 0,25 veces la carga vertical total del elemento que tenga la mayor carga entre los que interconecta, además de las fuerzas que le transmita la superestructura. Solo es posible prescindir de estas vigas según lo prescrito en la NRS 10: A.3.7., título A, capítulo 3, párrafo 3.6.4.2.

Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>⊗ Integraciones entrelazadas</li> <li>● Cerramientos-acabados</li> <li>● Mecánicos únicamente</li> <li>● Cerramiento únicamente</li> <li>● Estructura únicamente</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsistema de cimentación. Zapatas corridas</li> <li>2. Subsistema vertical. Columnas a la vista en concreto reforzado. Algunas integran mochetas por donde se resuelve el paso vertical de redes hidráulicas.</li> <li>3. Subsistema horizontal de cubierta. Vigas en una dirección, viguetas y losa superior e inferior.</li> <li>4. Subsistemas de entrepiso. Vigas en una dirección, viguetas y losa superior e inferior.</li> </ol>



Figura 14. Grafo y foto de estructura del volumen de servicios. Fuente: elaboración propia y Arquitectos Asociados



Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>⊙ Integraciones entrelazadas</li> <li>● Cerramientos-acabados</li> <li>● Cerramiento únicamente</li> <li>● Acabados únicamente</li> <li>● Estructura</li> <li>● Mecánicos</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antepecho con muro doble en bloque núm. 5 y vacío interno.</li> <li>2. Columnas en concreto reforzado, bajantes hidráulicas y suministro con recubrimiento en <i>dry wall</i>.</li> <li>3. Acabado interior pañete y pintura.</li> <li>4. Acabado exterior recubrimiento módulos prefabricados concreto blanco.</li> <li>5. Alfajía prefabricada en concreto blanco.</li> <li>6. Ventanería con marcos de aluminio y vidrio laminado con rejillas superiores automatizadas para ventilación.</li> <li>7. <i>Dumpers</i> metálicos fijos para protección incidencia solar.</li> <li>8. Laminas de cartón yeso de cielorraso, colgado a 15 cm de techo.</li> <li>9. Estructura horizontal de entrepiso.</li> </ol>

Figura 15. Grafo y foto de armado de fachadas del volumen de servicios. Fuente: elaboración propia y Arquitectos Asociados

char la iluminación del sol, establecieron dificultades en la inclusión de estrategias pasivas en espacios centrales para secretarías. La solución de interés es la generación de rejillas exteriores conectadas a un subsistema de cielos rasos en *dry-wall* colgados (a 15 cm) del subsistema estructural horizontal de entrepisos, lo que además permite el paso de instalaciones a zonas de baños. Esta acción, repetida sobre los costados occidentales y orientales del volumen, permite el aprovechamiento de las corrientes naturales, la ventilación cruzada en el primer nivel y la ventilación natural con *termosifón* en el segundo nivel.

Una vez más, existen características particulares del edificio que se deben rescatar: la evaluación y la consideración de conservación de elementos con impacto en el tiempo de la obra y la estética final, diferente a la de la nave, integración de acabados solo exteriores con elementos fácilmente montables y múltiple existencia de componentes de configuración de fachadas (en total siete) que, en su gran mayoría, no necesitan labores extra como adecuación de acabados, como lo muestra la figura 15.

### La cubierta del volumen de servicios

El cerramiento original es plano, en concreto y no estanco. Las decisiones relacionadas con la modificación y adecuación de esta cubierta se ven relacionadas con tres hechos. El primero es la horadación de la estructura, para la inclusión de una lucarna central, que posibilita la necesaria salida de aire caliente en el segundo nivel, así como la inclusión de luz indirecta sobre las secretarías de las vicepresidencias centrales. Para esto se hizo indispensable la inclusión de una viga central de enlace.<sup>28</sup>

El segundo es la proyección de lucarnas secundarias sobre las baterías de baño asociadas a las vicepresidencias y gerencias de departamento del segundo nivel, reproducidas en baños de la nave que, aisladas del flujo principal, permiten ventilar e iluminar dichos espacios.

El tercero, y más importante para la integridad de la edificación, es la proyección de una sobrecubierta a dos aguas con pendiente del 2% en tejas de Aluzinc, con bajantes en el perímetro de la edificación (fig.16).

28 Fernando de la Carrera, entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo, Bogotá, 2010.



Figura 16. Render del anteproyecto. Fuente: Archivo de Arquitectos Asociados

Grafo análogo	Relaciones	Explicación
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Integraciones fijas</li> <li>- - - Integraciones removibles</li> <li>⊕ Integraciones apoyadas</li> <li>⊗ Integraciones entrelazadas</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Subsistema vertical. Columnas a la vista en concreto reforzado. Algunas integran mochetas por donde se resuelve el paso vertical de redes hidráulicas.</li> <li>2. Fachada con rejillas para ventilación cruzada y termosifón.</li> <li>3. Cielorraso en <i>dry wall</i> colgado a 15 cm de la losa.</li> <li>4. Rejillas interiores para ventilación cruzada y por termosifón.</li> <li>5. Lámparas fluorescentes apoyadas en cielorraso.</li> <li>6. Redes hidráulicas colgadas de losa.</li> <li>7. Losa de entrepiso en concreto armado perforada.</li> <li>8. Estructura de lucama con columnatas en concreto armado.</li> <li>9. Cubierta de la lucama en losa maciza.</li> <li>10. Cerramiento lateral con rejillas para ventilación y acristalamiento para iluminar.</li> <li>11. Láminas de <i>dry wall</i> para la reflexión eficiente de la luz cenital entrante.</li> <li>12. Cubierta laminar tipo Aluzinc sencilla.</li> <li>13. Manto impermeabilizante de losa de cubierta de la Lucarna.</li> </ol>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cerramientos-acabados</li> <li>● Cerramientos únicamente</li> <li>● Estructura-acabados</li> <li>● Mecánicos-acabados</li> <li>● Estructura</li> <li>● Mecánicos</li> </ul>	



Figura 17. Grafo e imagen de cubiertas del volumen de servicios. Fuente: elaboración propia y Arquitectos Asociados

De esta manera, se puede concluir que existe una gran labor de diseño alrededor de la modificación de las cubiertas existentes que se mantuvieron, según muestra la configuración resultante expresada en la figura 17, con la colocación de sobrecubiertas y la perforación de losa superior en múltiples puntos de la cubierta, para permitir el acceso de luz y ventilación. Igualmente, el empleo masivo de medios removibles de elementos prefabricados que permiten un fácil montaje y desmontaje.

### Los cerramientos internos del edificio

Los cerramientos interiores se especializan, al igual que los de fachada y cubierta, en razón de la función que desempeñarán dentro del conjunto general: cerramiento de baños en bloque cerámico contenedores de redes hidráulicas, divisiones de oficinas y cielorrasos en *dry-wall* (algunas veces perforado y con rejillas para permitir tanto colgar redes como paso de flujos de aire) y divisiones en vidrio templado como elementos permisivos de iluminación entre espacios contiguos tanto en la nave como en el volumen de servicios. Algunos de estos cerramientos traslúcidos en la nave están dilatados de la cubierta para permitir ventilar adecuadamente los diferentes espacios. De esta manera, las



Figura 18. Grafo e imagen de los cerramientos interiores del proyecto. Fuente: elaboración propia y Arquitectos Asociados

decisiones estéticas que inicialmente llamaron la atención del cliente no parecen fortuitas.

Al observar la figura 18 se establecen, al menos, tres tipos de cerramiento interior especializados para cada punto y función donde se localizan: *dry-wall* para divisiones totales, cerramientos en vidrio opaco a media altura y divisiones en vidrio transparente. Todos ellos promueven un funcionamiento particular, por su constitución física de prefabricación y multifuncionalidad y fácil montaje desde los tipos de unión existentes (fig. 18). Los componentes estructurales tanto verticales como horizontales, en la mayoría del edificio, son visibles, a excepción de aquellas zonas con cerramientos en *dry-wall* que esconden redes mecánicas, aunque siempre se leen los elementos principales de la estructura.

### Características y variables singulares del proyecto

Los resultados de la fase investigativa y el análisis de las figuras construidas establecen trece características singulares y representativas del proyecto que lo definen. Estas características, extraídas del análisis descriptivo que empleó principalmente entrevistas, documentos de consultoría y de detalle, además de gráficos de sistemas con sus características cuantificadas, están expresadas en la tabla 1.

### Resultados y discusión de cuestionarios

Con el ánimo de obtener conclusiones a la evidente o no relación entre el objetivo propuesto y las características singulares del proyecto, se encuestaron dieciséis profesionales de la arquitectura, en cuanto a la percepción propia entre cada característica y objetivo propuesto. Igualmente, se les solicitó una corta descripción que argumentara cada decisión. Las respuestas de existencia o no de relación directa entre característica y objetivo, según los encuestados, se ilustran en las figuras 19 y 20.

Tabla 1. Características singulares del proyecto

Código	Descripción de características Particulares del edificio	Justificación
E1	Especialización y multiplicación de componentes de cerramientos para cumplir funciones de control ambiental	El 50% de los componentes totales cumplen funciones en el sistema de cerramientos. En promedio, elementos tradicionalmente resueltos con uno o tres componentes (p. ej., antepecho-ventana, lucarnas traslúcidas sencillas prefabricadas, cerramientos de uno o dos tipos, cielorrasos en un solo material, etc.), cuentan en promedio con cinco o seis componentes para su resolución.
E2	La coordinación entre componentes estructurales existentes y de cerramiento para permitir flujos internos de aire y luz en el edificio	La configuración del 40% de los componentes de la edificación persigue el acondicionamiento climático. Estos elementos son en su mayoría del sistema de cerramiento (fachadas y cerramientos interiores), y en segundo lugar, de la estructura (nuevo <i>mezanine</i> y modificaciones a la estructura preexistente).
E3	Eliminación de sistemas mecánicos activos de acondicionamiento ambiental, suplidos por sistemas mixtos y naturales que reducen la cantidad de componentes que se van a coordinar	Solo un 20% de los más de 1900 m <sup>2</sup> de las plantas extensivas del antiguo uso no tienen acceso directo a luz cenital diurna, aunque el 15% del total tiene acceso indirecto a esta, y 5% (zona central de directores y gerentes en primer piso) demandan luz activa durante el día. No existen redes de ventilación; se suplen por ventilación con mecanismos naturales y mixtos.
E4	Reutilización y conservación de la mayor cantidad de componentes antes de la valoración técnica	El 25% de la totalidad de componentes son preexistentes. La totalidad de la estructura se conserva, lo que corresponde al 70% de los elementos estructurales, así como antepechos del volumen de servicios, y cubiertas existentes a las que se les sobreponen nuevos elementos.
E5	Altos componentes de prefabricación de medianos elementos	El 95% de los elementos nuevos cuenta con un grado de prefabricación, se ha minimizado las obras in situ a solo instalación, y actividades menores como pañetados, fundidas de losa sobre <i>lámina colaborante</i> y nuevas cimentaciones de zapatas aisladas.
E6	Integraciones entre componentes con medios predominantemente removibles	El 65% de las integraciones entre componentes son del tipo removible. Ello promueve un rápido proceso de fabricación paralela de elementos, además de promover alta adaptabilidad a cambios futuros demandada por el uso.
E7	Empleo de sistemas y componentes estructurales livianos que permitan minimizar obras de cimentación.	Los nuevos sistemas estructurales, cerramientos y acabados logran cargas muertas de 210 kg/m <sup>2</sup> , contrario a cargas muertas en estructuras en concreto, que alcanzan a doblar esta cifra, así como a aumentar material y actividades.
E8	Sistemas automatizados mixtos de acondicionamiento climático	Existencia de sistemas automatizados que permiten el control de ventilación y humedad ante la ocupación progresiva y diferencial durante el día. Existen también sistemas automatizados de <i>blackouts</i> , entre otros menores que ofrecen también la posibilidad de control manual.
E9	Poca existencia de elementos puramente acabados que reduzcan cantidad de componentes	El 72% de elementos de acabados cumplen otras funciones sistémicas en el proyecto, cerramiento y estructura.
E10	Acceso fácil a redes para ser cambiadas o inspeccionadas cuando sea necesario	Todas las redes hidráulicas verticales se condensan en mochetas recubiertas con <i>dry wall</i> alrededor de columnas localizadas. Se cuelgan las redes horizontales en las zonas necesarias donde se focalizan zonas de baño.
E11	Dedicar zonas específicas para el paso de redes futuras	Desde el diseño se prevé la posibilidad de incluir redes de acondicionamiento climático, si se necesita, por dentro del vacío resultante en la lucarna principal rediseñada.
E12	Proximidad física de servicios como baños y otras zonas de servicio concentrándolas	Como se observa en la planta arquitectónica y técnicas, las zonas de baño y demás zonas húmedas se concentran en puntos específicos del edificio. Ello permite recorridos de corta longitud de redes y usuarios.
E13	Utilización de pórticos modulados u otros sistemas que permiten la libre organización	Existencia de nuevas estructuras moduladas y aporticadas en el 64% del área del proyecto, correspondiente a nuevas estructura metálicas sección IP

Fuente: elaboración propia

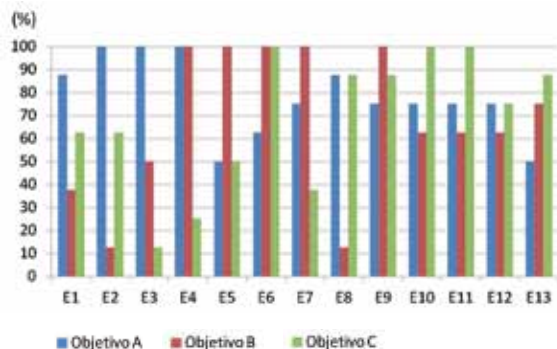


Figura 19. Relación entre estrategias de integración de sistemas físicos y cada objetivo de la agenda (en porcentajes). Fuente: elaboración propia

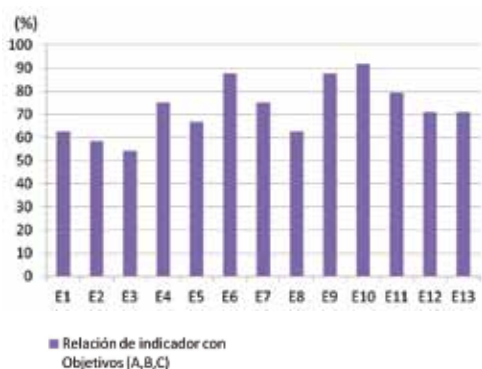


Figura 20. Relación entre estrategias de integración de sistemas físicos y la agenda general. Fuente: elaboración propia



En cuanto a la correspondencia de la configuración de sistemas físicos del proyecto, según los encuestados, el 70% de los rasgos principales del edificio busca satisfacer la agenda propuesta. Se puede decir que las diferentes características del proyecto tienen impacto directo en mayor o menor medida en todos los objetivos determinados inicialmente. Se presentaron *tensiones funcionales*, donde lo que es bueno para un objetivo puede no contribuir o, en el peor de los casos, ser conflictivo con otros.

Sin embargo, existen características como la 10, *Acceso fácil a redes para ser cambiadas o actualizadas cuando sea necesario* (E10), que apuntan a la resolución multiobjetivo de una manera equivalente (fig. 20). Dentro de este grupo también se encuentran *la reducción de cantidad de componentes mediante la utilización de elementos multifuncionales en varios sistemas* (E9), *estructuras honestas constructivamente*<sup>29</sup> (redes expuestas, estructuras conductoras de flujos, etc.), así como el empleo de *integraciones entre componentes con medios predominantemente removibles* (E6).

29 Fischer, *La honestidad constructiva*.

30 Fernando de la Carrera, entrevistado por Camilo Villate y Brando Tamayo, Bogotá, 2010.

Las estrategias principales nombradas por De la Carrera y Cabanzo,<sup>30</sup> en entrevistas, en relación con algunos de estos objetivos particulares, y nombradas al principio del documento como E8 y E13, aportan significativamente a múltiples objetivos, aunque no necesariamente se aproximan a la resolución de todos de una manera holística y aprehensiva (fig. 19). En el caso de el uso de *sistemas automatizados mixtos de acondicionamiento climático* (E8), esta estrategia no aporta a la velocidad constructiva ni a la de planeación, dado que se complejiza la resolución y el montaje de cerramientos altamente especializados, aunque se puede argumentar que esta complejidad de sistemas de cerramiento se verá afectada por el *alto grado de prefabricación de pequeños elementos* (E5) con la que cuenta el proyecto.

### **Objetivo A: minimizar el consumo de recursos energéticos**

Al considerar de una manera amplia el consumo energético desde esta perspectiva y desde fases tanto de construcción como de operación, los resultados muestran que *la coordinación entre componentes estructurales nuevos y existentes y de componentes de cerramiento para permitir flujos internos de aire y luz en el edificio* (E2), por ejemplo, la coordinación de vacíos en el nuevo *mezanine*, placas perforadas, cerramientos a media altura en vidrio opaco, para así consentir flujos de aire y luz por todo el edificio y oficinas individuales, son de vital importancia para este objetivo en plantas extensivas donde las dimensiones impiden el acceso eficiente de luz y ventilación por fachada.

Igualmente, la *reutilización y conservación de la mayor cantidad de componentes existentes ante su valoración técnica* (E4) y la *especialización y complejización de componentes de cerramientos para cumplir funciones de control y acondicionamiento ambiental* (E1), por ejemplo, fachadas de múltiples capas, cielorrasos microperforados para el control de condiciones sonoras, lucarnas con múltiples componentes que

le permiten funcionar de varias maneras, etc., contribuyen directamente a minimizar el gasto energético del edificio, al igual que la presencia de *sistemas automatizados mixtos de acondicionamiento climático* (E8), como aquel sistema inteligente en fachada anteriormente descrito con posibilidades de batientes y despliegues manuales.

Al tiempo, es preciso observar que absolutamente todas las características del proyecto evaluadas tienen injerencia igual o mayor al 50% de las opiniones de los encuestados. Estas van desde decisiones de tipos de materiales y componentes hasta tipos de sistemas y relaciones empleadas. Por ende, es un concepto crítico transversal al problema general del diseño y la toma de decisiones en la integración de sistemas.

### **Objetivo B: velocidad del proceso**

Las características del proyecto que permitieron rapidez constructiva fueron esencialmente cinco: 1) la *reutilización y conservación de la mayor cantidad de componentes ante su valoración técnica* (E4); 2) el uso masivo de *altos componentes prefabricados en forma de medianos elementos* (E5), retribuible a los beneficios de usar elementos que minimizan obras húmedas, control, problemas de transporte y colocación propios de grandes prefabricados, etc.; 3) el empleo de *integraciones de componentes con medios predominantemente removibles* (E6), que permiten un fácil montaje, así como desmonte de componentes; 4) el uso de *sistemas livianos como estructuras metálicas* (E8), que permiten reducir pesos, obras de cimentación, así como costos de transporte, coordinación y montaje, y 5) la *reducción de interacciones entre componentes mediante la multifuncionalidad de estos elementos* (E9), que también satisface directamente el objetivo, dado que tanto en diseño como en actividades se reduce la cantidad de componentes que se va a coordinar (por ejemplo, estructuras a la vista como acabado final o cerramientos en fachada, que anulan la necesidad de integrar acabados por su constitución de aluminio y vidrio a la vista, muros entramados que solo demandan pintura, etc.).

### **Objetivo C: capacidad de asumir cambios**

En cuanto a la capacidad del edificio para ser flexible en la aceptación de cambios durante su ocupación, cobra especial relevancia, desde los resultados obtenidos en el caso las *integraciones de componentes con medios predominantemente removibles* (E6), como particiones en *dry wall*, cielorrasos colgados de la estructura, cubiertas livianas, estructuras apernadas, etc.

De la misma forma, *el fácil acceso a redes para ser cambiadas o actualizadas cuando sea necesario* (E10), como redes colgadas pero no integradas a las placas, mochetas estratégicamente localizadas y elaboradas con sistemas livianos, etc. Igualmente, la *dedicación de zonas específicas para el paso de redes existentes o futuras que ocupan gran espacio* (E11), como los vacíos internos en la lucarna central de la nave, que permite la futura inclusión de sistemas de ventilación, re-



Figura 21. Fotografía del proyecto Telefónica-Telecom. Fuente: Fernando de la Carrera

frigeración u otros, colaboran intensamente a concretar un esquema adaptable. Son de importancia también, aunque en menor medida, las estrategias automatizadas de control climático (E8), que bien pueden ser manuales y permitir la misma función, y la proximidad física de zonas de servicios, como baños (E12), que liberan áreas para la reorganización de espacios y amoblamiento liviano, complementado con *sistemas estructurales que así lo permitan* (E13).

## Conclusiones

Se han mencionado algunas enseñanzas que pueden extraerse del caso para aplicarlas a futuros problemas similares presentados en talleres, como insumo a métodos de Diseño Basado en Casos (CBD), probado y utilizado por estudiantes de arquitectura en el curso de taller Tectónica, del Departamento de Arquitectura de la Universidad de los Andes.<sup>31</sup> El caso presentado representa un proceso de discernimiento lógico de principio (agenda) a fin (sistemas arquitectónicos), respaldado por un balance positivo entre la correspondencia de estrategias y objetivos desde la verificación realizada con profesionales, verificación que señaló aquellas características esenciales que permiten optimizar un sistema con múltiples objetivos, así como cada objetivo por separado.

Por último, cabe anotar que, tradicionalmente, la coordinación de los sistemas no es un proceso consciente, sino resultante, y que en los casos guiados por la razón —a través de la toma de decisiones informada y colaborativa, que muchas veces implica la educación del cliente, como se observó en este caso— genera propuestas de integraciones apropiadas para el contexto y la agenda propuesta (fig. 21). Este proceso de decisiones se debería evidenciar y rescatar mediante algún método de análisis, como el aplicado en este documento, de tal manera que el estudio de casos se convierta en una herramienta vital para la toma de decisiones y el direccionamiento de recursos materiales, humanos, económicos y ambientales en la planeación de nuevos proyectos.



31 Villate y Tamayo, "Teaching Decision Making", 64.

## Bibliografía

Arquitectos Asociados. "Memoria corporativa Telefónica: proyecto de oficinas corporativas Telefónica". Bogotá, 2007.

Arquitectos Asociados, DPI Ltda. y Telecom. "Anteproyecto Telecom", presentación. Bogotá, 2007.

Arquitectos Asociados, DPI Ltda. y Telecom. "Estudio de opciones", presentación. Bogotá, 2007.

Edwards, Brian. *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

Esmet Ltda. "Programación de fabricación y montaje del Mezanine Proyecto Telefónica-Telecom". Bogotá, 2007.

Fischer, Guillermo. *La honestidad constructiva como comunicación en arquitectura*. Bogotá: Punto Aparte, 2008.

Fritz, Walter. "Sistemas inteligentes", consultado en septiembre del 2010, <http://www.intelligent-systems.com.ar>.

Harvard Clean Energy Project. "Energy Consumption by person", consultado en agosto del 2010, <http://cleanenergy.harvard.edu/scipplet/swf/1/1.swf>.

Iowa Association of Municipal Utilities. "Energy Smart Management Indoor Pools Report", consultado en noviembre del 2010, <http://www.iamu.org/waterwise/Documents/RSPEC%20-%20Indoor%20Pools.htm>.

Linares, Pedro y Andrés Ramos. "Modelos matemáticos de optimización". Madrid: Universidad Pontificia de Comillas, 2001. <http://www.gams.com/docs/contributed/>.

Ramírez, Jorge. "Asesoría en el comportamiento térmico y eficiencia energética", informe final. Bogotá: Arquitectura & Bioclimática, 2007.

República de Colombia. "Estructuras aisladas sísmicamente en su base". En Norma Sismorresistente 10. Bogotá, 2010.

Rush, Richard. *The Building Systems Integration Handbook*. New York: John Wiley, 1991.

Slaughter, Sarah. "Design Strategies to Increase Building Flexibility". *Building Research & Information* 29, no. 3 (2001): 208-217.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. "La práctica de la arquitectura como racionalización sistémica". *Revista Dearq* no. 6 (2010): 178-199.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. "La toma de decisiones en cursos del área técnica de arquitectura con herramientas tecnológicas basadas en el conocimiento". En *Memorias Sigrafi*. Bogotá: Universidad de los Andes, 2010.

Villate, Camilo y Brando Tamayo. "Teaching Decision Making in Architecture Studio Courses Using a New Technological Case Based Tool". Documento presentado en la IASDR World Conference on Design Research will be Held in Delft, Países Bajos, 2011.

Yeang, Ken. *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. New York: Wiley, 2006.