

# REVISTA SAI

VOL. 3, NO. 5

NOVIEMBRE 2024



## LA FUERZA DE LA RAZÓN



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**

La Fuerza de la Razón - 1913



[www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)



@saintioquia



**Luis Oliverio  
Cárdenas Moreno**  
Presidente SAI



**Olga Lucía Henao Pardo**  
Directora Ejecutiva SAI

**DIRECTOR REVISTA SAI**  
Enrique Posada Restrepo

**CONSEJO EDITORIAL**  
Óscar Jaime Restrepo Baena  
Enrique Posada Restrepo  
Olga Lucía Henao Pardo

**DIAGRAMACIÓN**  
Julián Pérez Cardona  
Guillermo Londoño Arango

**SOCIEDAD ANTIOQUEÑA DE  
INGENIEROS Y ARQUITECTOS SAI**

☎ (+57) 319 289 6603  
✉ SAL@SAI.ORG.CO  
📍 CRA 43B # 16-95 OF. 510-2

Medellín - Colombia



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**

La Fuerza de la Razón - 1913

## MENSAJE DEL DIRECTOR DE LA REVISTA SAI ENRIQUE POSADA RESTREPO



**C**on orgullo compartimos con ustedes, nuestros lectores, el número cinco de la nueva etapa de la revista SAI, que estamos publicando digitalmente. En esta forma se facilita que pueda llegar a todos nuestros contactos y nuestros públicos, para que la puedan leer, divulgar, compartir y guardar como documento valioso para futuras consultas.

Una entidad como la SAI se merece una revista de muy buena calidad. Cuenta nuestra sociedad con cerca de 1500 socios, que se han desempeñado y están trabajando en todos los campos del conocimiento y de la aplicación de la ingeniería y la arquitectura. Poseen los socios preparación académica de alta calidad y grandes experiencias. Debe tener nuestra sociedad una tribuna que les permita a ellos y también a los amigos y contactos de la SAI que elijan nuestra revista para dar a conocer sus artículos, la publicación de escritos donde puedan compartir con los colegas y con los públicos de las SAI, lo que tiene que ver con sus temas de interés y con sus conocimientos, que en esta forma se convierten también en temas de interés y de conocimiento para todos los lectores.

Tenemos que agradecer a los autores de los magníficos 12 artículos de esta edición número 5. Varios de ellos han respondido gentilmente a nuestras invitaciones a escribir para la revista. Otros han mandado sus contribuciones; todos los escritos han sido objeto de la revisión del comité editorial, Se ha conformado en esta forma un conjunto de artículos muy importantes y muy ilustrados que estamos seguros serán del agrado de nuestros lectores.

Es amplio el espectro de temas y de asuntos de interés en nuestras profesiones de ingeniería y arquitectura. Esto se ve claramente en los cinco números que hemos publicado en esta etapa de funcionamiento de la revista. Estamos publicando dos números por año, al final de cada uno de los dos semestres es decir entre mayo y junio y entre noviembre y diciembre. Desde ya les queremos invitar a que envíen sus contribuciones para el número 6 de nuestra revista que será publicado entre mayo y junio de 2025. Hemos establecido como fecha límite para el envío de materiales el 30 de marzo de 2025. En este número puede consultar las instrucciones para presentar los artículos. Agradecemos a los colaboradores y directivos de la SAI, encabezados por su presidente Luis Oliverio Cárdenas y su directora ejecutiva Olga Lucía Henao Pardo el apoyo que dan a la publicación de la revista.



## TABLA DE CONTENIDO

EL MÉTODO DE LAS SECCIONES .....	Página 1
EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL ¿Más preguntas, que respuestas? .....	Página 14
ECONOMÍA CIRCULAR EN MINERÍA MEDIANTE CONCRETO PROYECTADO APLICANDO PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO) RECICLADO .....	Página 28
LAS CERTIFICACIONES LEED ¡HAGAMOS QUE LOS EDIFICIOS SE VISTAN DE VERDE! .....	Página 49
EL PROCESO DE LA EXPERIENCIA COMUNITARIA DE LA URBANIZACIÓN LAS COMETAS EN MEDELLÍN (1991-2003) LA MANIFESTACIÓN DE LA ACCIÓN COLECTIVA EN UN MUNDO GLOBALIZADO .....	Página 55
EFFECTOS NEGATIVOS DE LA LEY DE ABRAMS QUE HAN AFECTADO LAS NORMAS INTERNACIONALES SOBRE FABRICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO Y REQUISITOS DE DURABILIDAD .....	Página 78
NUEVO MUSEO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE MEDELLÍN .....	Página 89
HACIA LA RECUPERACIÓN DEL RÍO Y LAS QUEBRADAS DE MEDELLÍN .....	Página 147
IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS METODOLOGÍAS PARA LA PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACUSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA .....	Página 177
SISTEMAS HIDRÁULICOS HÍBRIDOS PARA PROYECTOS DE INGENIERÍA ¿SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL? .....	Página 188
GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA: PROMESAS Y DESAFÍOS .....	Página 199
SALIDA AL PACÍFICO UN PROYECTO MULTIPROPÓSITO .....	Página 205
INSTRUCCIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS PARA LA REVISTA SAI ...	Página 226



## EL MÉTODO DE LAS SECCIONES

**Tomás Castrillón Oberndorfer**  
*Ingeniero civil*  
*tomascastrillon@hotmail.com*

**Resumen:** En Se presenta un repaso de una aplicación elemental de la Estática de las estructuras planas de nudos no rígidos. El método es especialmente aplicable y útil para los procesos de dimensionamientos previo a los cálculos definitivos, y puede utilizarse para la verificación de los resultados obtenidos del análisis y el dimensionamiento utilizando los denominados métodos “más exactos”, como son los algoritmos extensos de la Ingeniería de Sistemas.

**Palabras clave:** Estática plana, Estructuras planas, Nudos no rígidos, Cerchas, Métodos

**Introducción.** En estas notas, se repasa brevemente, el método para el análisis de cerchas, estructuras planas de nudos no rígidos, conocido como el Método de las Secciones, y se ejecutan algunos ejemplos:

### Descripción del Método.

En la figura 1, se presenta una estructura en celosía (cercha) la cual se analizará por el Método de las Secciones.

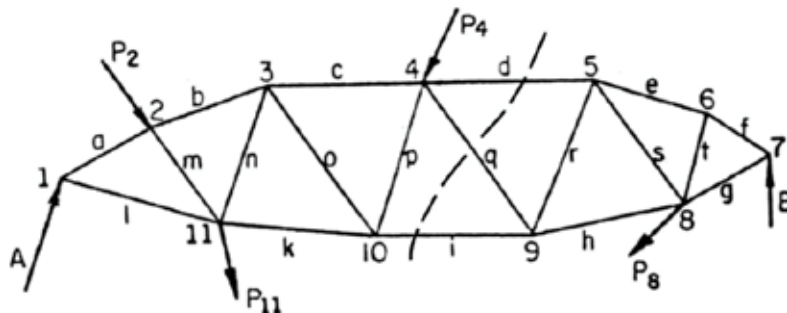


Figura 1 Celosía a analizar

Si bien, es posible analizar la totalidad de una cercha, aplicando sucesivamente el método, éste se aplica más para la verificación de un elemento determinado.

Las reacciones en los puntos de soporte son A y B. Las fuerzas aplicadas son  $P_i$ . Los nudos se designan numéricamente y las barras con letras.

En esencia, lo que se hace, es seccionar o partir la cercha, de la forma indicada por la línea de puntos, y separar las partes resultantes. La acción de una parte de la estructura sobre la otra, estará representada por las fuerzas de las barras cortadas. Planteando las ecuaciones de equilibrio para cada parte, es posible conocer las fuerzas actuantes en los elementos cortados. Generalmente, no

deben cortarse más de 3 barras, aunque pueden resolverse algunos casos en los cuales se cortarán más de 3 barras, planteando, también, ecuaciones adicionales de equilibrio para algunos nudos.

Se designan las fuerzas en los elementos con la letra  $s$ , y con  $p_i$  minúscula los “brazos” de las fuerzas  $P_i$ .

En la figura 2, se ha partido la cercha en la forma indicada con la línea punteada en la figura 1 tal que permite conocer fácilmente la fuerza  $S_i$ . En efecto, planteando la ecuación de equilibrio de momentos alrededor del punto 4 se tiene:

$$A \cdot a - P_2 \cdot p_2 - P_{11} \cdot p_{11} - S_i \cdot i = 0$$

De donde se despeja  $S_i$ .

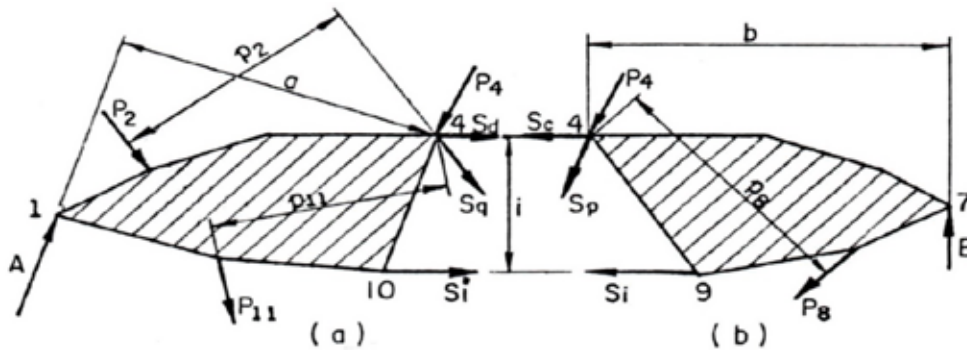


Figura 2 Equilibrio de celosía partida

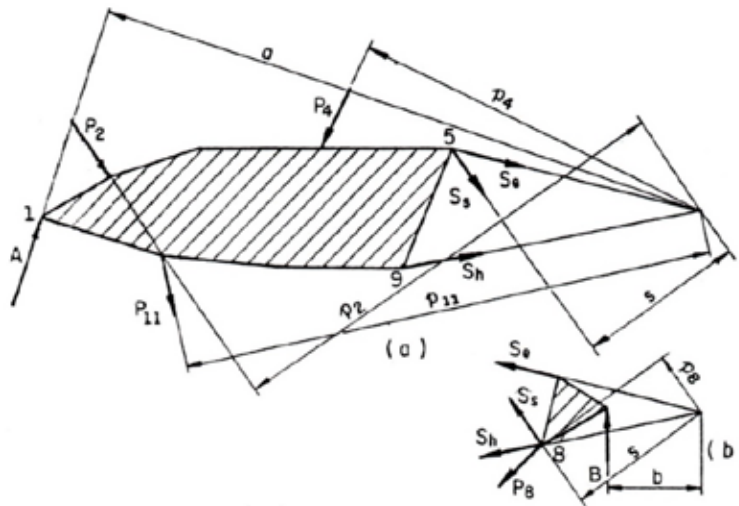


Figura 3 Equilibrio de celosía partida

Si se parte la cercha como se ilustra en la figura 3, y tomando momentos con relación al punto de intersección de las líneas de acción de  $S_h$  y  $S_e$ , se obtiene fácilmente  $S_s$  mediante la ecuación.

$$A \cdot a - P_2 \cdot p_2 - P_4 \cdot p_4 - P_{11} \cdot p_{11} - S_s \cdot s = 0$$

También puede calcularse  $S_s$  planteando la ecuación de equilibrio de momentos para la parte de la cercha ilustrada en la figura 4. Conocido  $S_i$  y si se quiere conocer  $S_q$  se parte la estructura como se ha indicado en la figura 3.

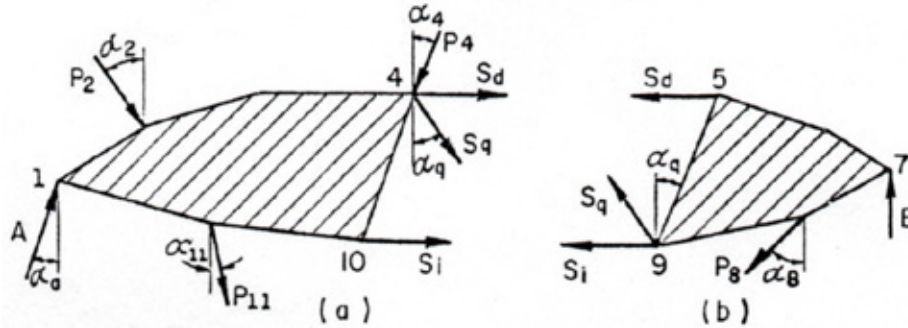


Figura 4 Equilibrio de celosía

Planteando el equilibrio de fuerzas en sentido vertical, se obtiene la ecuación:

$$\sum FV = 0$$

$$A \cos \alpha_a - P_2 \cos \alpha_2 - P_4 \cos \alpha_4 - P_{11} \cos \alpha_{11} - S_q \cos \alpha_q = 0$$

También, puede plantearse la ecuación para la parte de estructura mostrada en la figura 4b y así sucesivamente.

**Ejemplos. Se presentan unos casos sencillos utilizando operaciones elementales.**

**Ejemplo 1**

En la figura 5, se presenta una porción de un tipo de cercha muy utilizado en la práctica.

Siendo:

$P_n^s$  fuerza superior aplicada en abscisa  $n$

$P_n^i$  fuerza inferior aplicada en abscisa  $n$

$S_n$  fuerzas en elementos superiores

$I_n$  fuerzas en elementos inferiores

$V_n$  fuerzas en elementos verticales

$D_n$  fuerzas en elementos diagonales



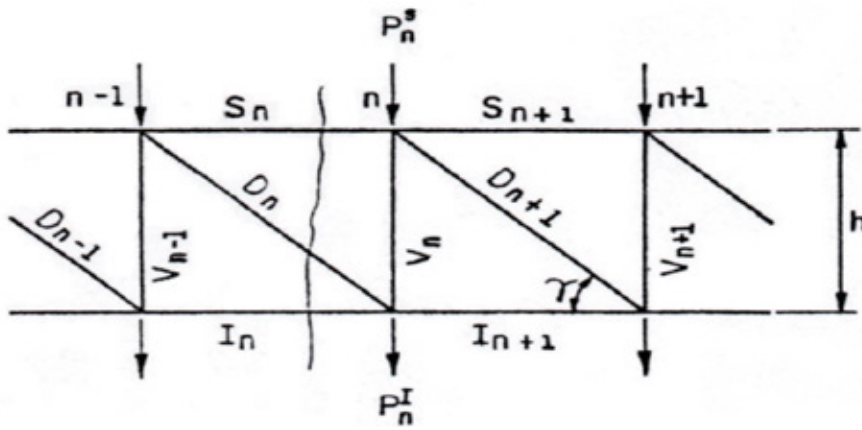


Figura 5 Ejemplo de cercha

Para tal tipo de estructuras, se hace en primer término, el corte ilustrado, y queda el caso mostrado en la figura 6.

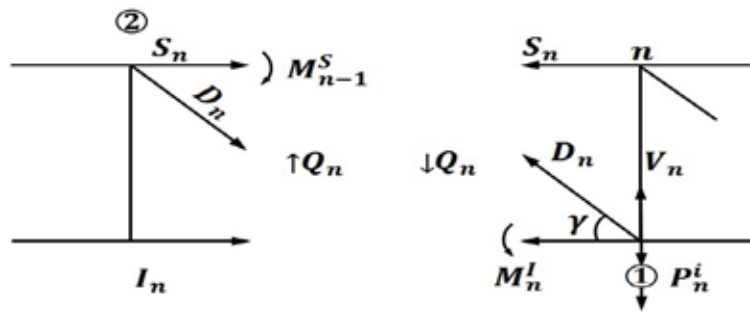


Figura 6 Sumatoria de momentos

**Cálculo de las Fuerzas en los cordones horizontales:** Tomando Momentos respecto al punto 1.

$$M_n^I + S_n h = 0$$

De donde:

$$S_n = -\frac{M_n^I}{h}$$

$M_n^I$  es la suma de momentos de todas las fuerzas externas respecto al punto 1.

Tomando Momentos respecto al punto 2.

$$M_{n-1}^S - I_n h = 0$$

De donde:

$$I_n = \frac{M_{n-1}^S}{h}$$

Siendo  $M_{n-1}^S$  es la suma de momentos de todas las fuerzas externas respecto al punto 2.

**Cálculo de las Fuerzas en las diagonales:** Tomando la suma de Fuerzas verticales.

$$Q_n - D_n \text{ sen } \gamma = 0$$

De donde:

$$D_n = \frac{Q_n}{\text{sen } \gamma}$$

Siendo  $Q_n$  la sumatoria de todas las fuerzas en sentido vertical a la izquierda de la Sección.

**Cálculo de las Fuerzas en los elementos verticales:** Planteando el equilibrio en sentido vertical del nudo 1.

$$D_n \text{ sen } \gamma + V_n - P_n^I = 0$$

O también

$$Q_n + V_n - P_n^I = 0$$

De donde

$$V_n = P_n^I - Q_n$$

**Ejemplo 2**

Seguidamente, se estudia la estructura ilustrada en las figuras 7 a y 7 b donde se muestra una celosía tipo k.

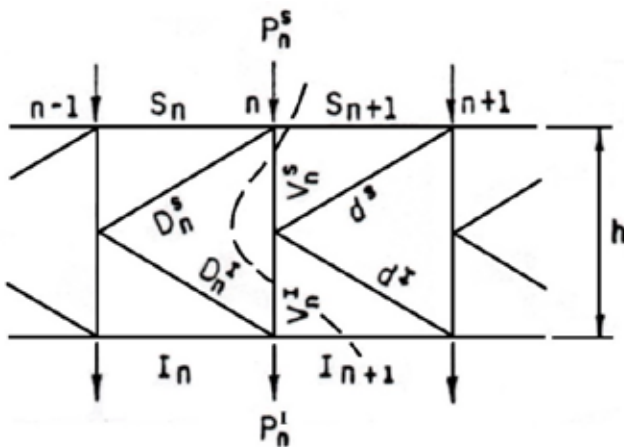


Figura 7a Celosía Tipo K

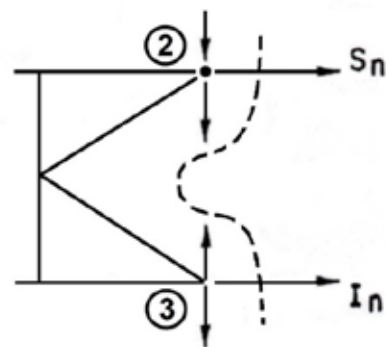


Figura 7b Cálculo de fuerza en cordones horizontales

Haciendo el corte como se ilustra en la figura 7a, se tienen las fuerzas indicadas en la figura 7b.

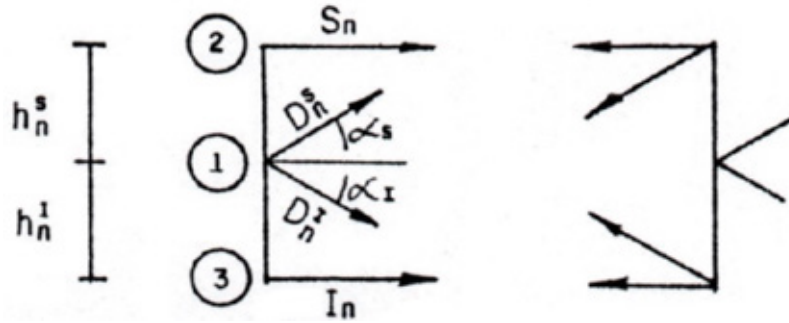


Figura 8 Geometría

Siendo:

D mayúscula: fuerza en elemento diagonal

d minúscula: longitud de elemento diagonal

b espaciamiento entre los montantes verticales

De la geometría (fig.7a) se tiene:

$$\begin{aligned} \text{sen } \alpha_s &= \frac{h_n^s}{d_n^s} & \text{cos } \alpha_s &= \frac{b}{d_n^s} \\ \text{sen } \alpha_i &= \frac{h_n^i}{d_n^i} & \text{cos } \alpha_i &= \frac{b}{d_n^i} \end{aligned}$$

**Cálculo de las Fuerzas en los cordones horizontales:** Tomando momentos alrededor del punto 2 (ver figura 7b).

$$I_n \cdot h - M_{n-1}^s = 0$$

De donde

$$I_n = \frac{M_{n-1}^s}{h}$$

Siendo  $M_{n-1}^s$  el momento de todas las cargas que actúan a la izquierda respecto al punto 2. Tomando momentos alrededor del punto 3.



$$S_n \cdot h + M_{n-1}^i = 0$$

De donde

$$S_n = -\frac{M_{n-1}^i}{h}$$

En donde  $M_{n-1}^i$  es el momento de todas las cargas que actúan a la izquierda y respecto al punto 3.

Para el cálculo de las fuerzas en las diagonales, se plantea, en primer término, el equilibrio vertical de la parte de la izquierda.

$$Q_n + D_n^s \operatorname{sen} \alpha_s - D_n^i \operatorname{sen} \alpha_i = 0$$

Siendo  $Q_n$  la resultante, en sentido vertical, de todas las fuerzas a la izquierda de la sección.

Planteando luego, el equilibrio horizontal del nudo 1.

$$D_{nx}^s + D_{nx}^i = 0$$

De donde

$$D_{nx}^s = -D_{nx}^i$$

Y

$$D_n^s \cos \alpha_s = -D_n^i \cos \alpha_i$$

Quedan dos ecuaciones

$$D_n^s \frac{b}{d_n^s} = -D_n^i \frac{b}{d_n^i}$$

Y

$$Q_n + D_n^s \frac{h_n^s}{d_n^s} - D_n^i \frac{h_n^i}{d_n^i} = 0$$

De la primera ecuación

$$D_n^s = -D_n^i \frac{bd_n^s}{d_n^i b}$$

Reemplazando en la segunda

$$Q_n - D_n^i \frac{bd_n^s}{d_n^i \cdot b} \frac{h_n^s}{d_n^s} - D_n^i \frac{h_n^i}{d_n^i} = 0$$

Y

$$Q_n - D_n^i \frac{(h_n^s + h_n^i)}{d_n^i} = 0$$

De donde

$$D_n^i = Q_n \frac{d_n^i}{h}$$

Y

$$D_n^s = -Q_n \frac{d_n^i}{h} \cdot \frac{d_n^s}{d_n^i} = -Q_n \frac{d_n^s}{h}$$

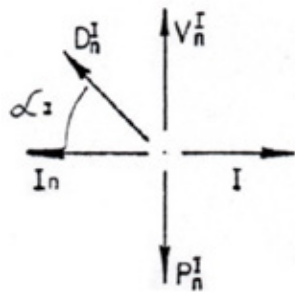


Figura 9 Equilibrio vertical de nudo superior

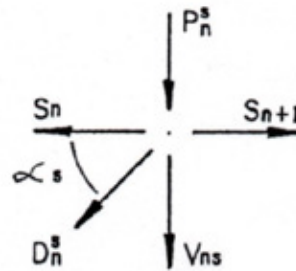


Figura 10 Equilibrio vertical de nudo inferior

**Cálculo de las Fuerzas en los cordones verticales**

Planteando el equilibrio, en el sentido vertical, de los nudos como se ilustra en las figuras 9 y 10.

$$V_n^i + D_n^i \text{sen } \alpha_i - P_n^i = 0$$

$$V_n^s + D_n^s \text{sen } \alpha_s + P_n^s = 0$$

De donde

$$V_n^i = -D_n^i \text{sen } \alpha_i + P_n^i$$

$$V_n^s = -D_n^s \text{sen } \alpha_s - P_n^s$$

Reemplazando los valores obtenidos para  $D_n^i$  y  $D_n^s$

$$V_n^i = -Q_n \frac{d_n^i h_n^i}{h d_n^i} + P_n^i = -Q_n \frac{h_n^i}{h} + P_n^i$$

$$V_n^s = Q_n \frac{d_n^s h_n^s}{h d_n^s} - P_n^s = \frac{Q_n h_n^s}{h} - P_n^s$$

**Ejemplo 3**

Se analiza una estructura como la ilustrada en la figura 11, donde se muestra una cercha de altura variable.

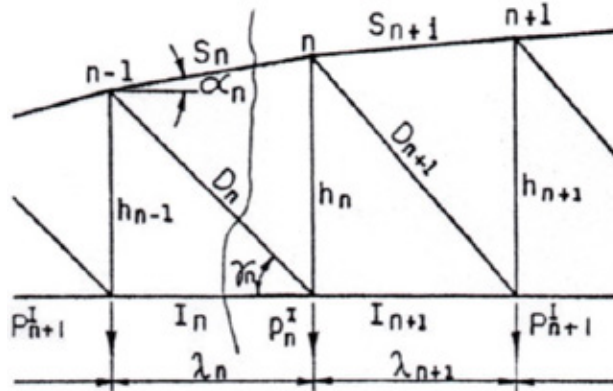


Figura 11 Celosía de altura variable

Partiéndola como se indica en la figura 11, queda la situación como en la figura 12.

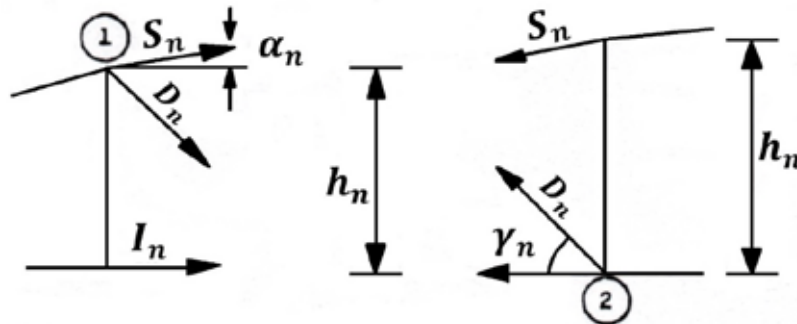


Figura 12 Geometría



### Cálculo de las Fuerzas en el cordón superior

Siendo:  $\alpha_n$  inclinación de cordón superior

$\gamma_n$  inclinación de diagonal Fig. 12

Tomando momentos con relación al punto 2.

$$S_n \cos \alpha_n \cdot h_n + M_n^i = 0$$

Entonces:

$$S_n = -\frac{M_n^i}{h_n} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_n}$$

$$S_n = -\sec \alpha_n \frac{M_n^i}{h_n}$$

Siendo  $M_n^i$  el momento de todas las fuerzas externas, situadas a la izquierda del corte, con relación al punto 2.

### Cálculo de la fuerza en el cordón inferior

Se toma ahora la sumatoria de momentos de todas las fuerzas externas con relación al punto 1.

$$M_{n-1}^s - I_n h_{n-1} = 0$$

De donde

$$I_n = \frac{M_{n-1}^s}{h_{n-1}}$$

Siendo  $M_{n-1}^s$  el momento de todas las fuerzas a la izquierda del corte con relación al punto 1.

### Cálculo de la fuerza en la diagonal

Se toma la sumatoria de Fuerzas horizontales

$$I_n + S_n \cos \alpha_n + D_n \cos \gamma_n = 0$$

De donde

$$D_n = -\frac{1}{\cos \gamma_n} (I_n + S_n \cos \alpha_n)$$

$$D_n = -\sec \gamma_n \left[ \frac{M_{n-1}^s}{h_{n-1}} + \left( -\sec \alpha_n \frac{M_n^i}{h_n} \right) \cos \alpha_n \right]$$

$$= -\sec \gamma_n \left( \frac{M_{n-1}^s}{h_{n-1}} - \frac{M_n^i}{h_n} \right)$$

**Cálculo de la Fuerza en el elemento vertical**

Se considera el equilibrio, en sentido vertical, del nudo 2 (Fig. 13).

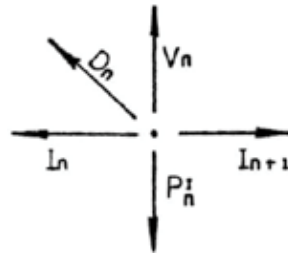


Figura 13 Equilibrio vertical

$$V_n + D_n \text{ sen } \gamma_n - P_n^i = 0$$

De donde

$$V_n = -D_n \text{ sen } \gamma_n + P_n^i$$

Y

$$V_n = - \left[ -\sec \gamma_n \left( \frac{M_{n-1}^s}{h_{n-1}} - \frac{M_n^i}{h_n} \right) \right] \text{ sen } \gamma_n + P_n^i$$

Y teniendo en cuenta que

$$\text{sen } \gamma_n \cdot \sec \gamma_n = \tan \gamma_n$$

Y además

$$\tan \gamma_n = \frac{h_{n-1}}{\lambda_n} \quad \text{fig. 11}$$

$$V_n = \frac{h_{n-1}}{\lambda_n} \left( \frac{M_{n-1}^s}{h_{n-1}} - \frac{M_n^i}{h_n} \right) + P_n^i$$

**Ejemplo 4:** Se analiza seguidamente, una celosía del tipo triangular, continua, de altura constante ilustrada en la figura 14.

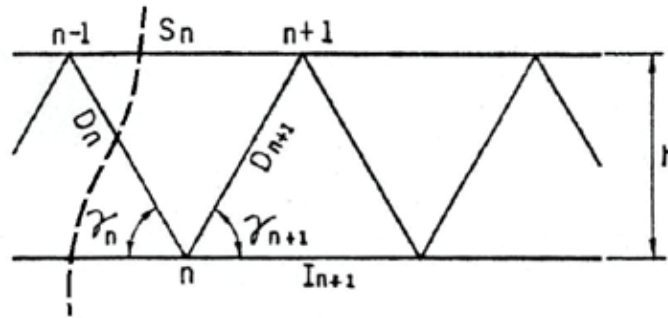


Figura 14 Celosía triangular

Partiendo la celosía siguiendo la línea punteada queda como se muestra en la figura 15.

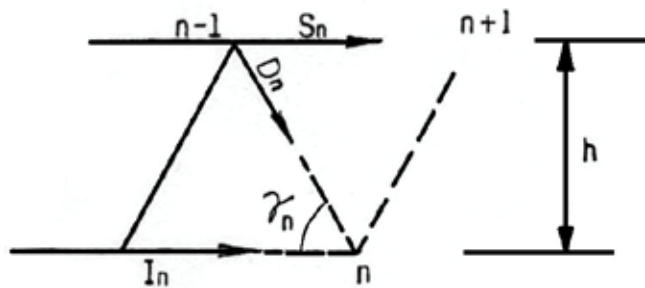


Figura 15 Equilibrio de nudo

**Cálculo de la Fuerza en el cordón superior**

Tomando momentos con relación al punto n.

$$M_n + S_n h = 0$$

De donde

$$S_n = -\frac{M_n}{h}$$

**Cálculo de la Fuerza en el cordón inferior**

Tomando momentos con relación al punto n - 1.

$$M_{n-1} - I_n h = 0$$

De donde



$$I_n = \frac{M_{n-1}}{h}$$

Siendo  $M_n$  y  $M_{n-1}$  el momento resultante de todas las fuerzas a la izquierda del corte con relación a los puntos  $n$  y  $n - 1$  respectivamente.

### Cálculo de las Fuerzas en las diagonales

Se toma el equilibrio de fuerzas en el sentido vertical.

$$Q_n - D_n \operatorname{sen} \gamma_n = 0$$

$$D_n = \frac{Q_n}{\operatorname{sen} \gamma_n}$$

### REFERENCIAS.

- [1] Henkel Otto. “Estática Gráfica”. Editorial Labor. S.A. 1959
- [2] Noris Ch. H., Wilbur J. B. “Elementary Structural Analysis”. Mc Graw Hill Book Co. Inc. 1960.
- [3] Schleicher F. “Manual del Ingeniero Constructor”. Editorial Labor S. A. 1960.
- [4] Timochenko S. P., Young D.H. “Theory of Structures”. Mc Graw Hill Book Co. Inc. 1960.

**CONSULTORÍA Y ASESORAMIENTO  
ESTRATÉGICO**  
más rentabilidad y mejores procesos



**Grupo Pospin**  
Estrategia & Negocios



Calle 5 No. 76 A 115 Edificio Siempre Viva Local 403 - +57 3216369640 - rodrigo.posada@grupopospin.com


# 111 AÑOS TRANSFORMANDO NUESTRA REGIÓN, CONSTRUYENDO PROGRESO

Con más de un siglo de trabajo, nuestro gremio ha sido clave en el desarrollo de la infraestructura de Antioquia, defendiendo la ingeniería y la arquitectura con innovación, compromiso y excelencia.

## ¡111 AÑOS CONSTRUYENDO EL FUTURO DE ANTIOQUIA



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 @saiantioquia

**EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS  
PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL  
¿Más preguntas, que respuestas?**

Jaime Alberto Duarte Castro  
*Ingeniero Catastral y Geodesta, Universidad Distrital, Bogotá, Colombia*  
*jaimeduartecastro@gmail.com*

**Resumen:** Es imposible concebir y materializar cualquier proyecto de infraestructura o de ordenamiento del territorio, sin disponer del inventario catastral predial. Así de simple. El catastro es el proceso mediante el cual se realiza el levantamiento de información física, jurídica y económica de los predios, manteniendo actualizadas las bases de datos de los inmuebles en cuanto a su área, ubicación, límites, forma, valor catastral y el estudio actual de la relación que existe entre el propietario y el predio. Este cúmulo de información es la línea cero, a partir de la cual se realiza la planeación de diferentes obras de infraestructura vial o de servicios públicos, para citar solo algunas. Sin embargo, a hoy día, se presenta un grado de desactualización de la información predial que supera el 90 % en los municipios del país, especialmente en su zona rural. Por tanto, es necesario que en Colombia se agilice el proceso de levantamiento catastral utilizando estrategias que permitan ser efectivos en la calidad de su recopilación, procesamiento y uso. ¿Cuántos municipios aún siguen mantenimiento catastros obsoletos, con un grado de actualización que supera la década?

**Palabras clave:** Catastro, Planeación, Infraestructura, Comunidad, Ordenamiento.

## INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes de empleo en Colombia ha sido la construcción y la ejecución de obras de ingeniería, asociada a la planeación y materialización de proyectos de infraestructura por obras civiles. Por tanto, es necesario dar el primer paso que es la actualización catastral en todos los municipios del país, para lo cual se necesita que esta política pública avance de manera ágil, utilizando los mejores recursos tecnológicos, disponiendo de personal experto, pero con estrategias que permitan ser eficientes en su ejecución. Luego, se debe plantear la necesidad de implementar procesos que sean exitosos en el mediano plazo. Toda ejecución de cualquier proyecto que involucre el diseño, planteamiento, desarrollo e implementación de obras de infraestructura, deben contar con un estudio predial actualizado, especialmente en sus características y condiciones físicas, estudios jurídicos y su valor. ¿Cuántos proyectos se detienen en un porcentaje avanzado de ejecución, por la falta de estudios prediales? Serán varias las preguntas reflexivas que se realizarán a lo largo de este artículo.

## OBJETIVO DEL ARTÍCULO

Reflexionar y convencer al sector de la infraestructura y la construcción, que los estudios prediales o censos catastrales actualizados son el primer eslabón para implementar proyectos de ingeniería, especialmente los relacionados con las ramas civil, territorial y ambiental.

## PROBLEMÁTICA DE LA ACTUALIZACIÓN CATASTRAL

Son innumerables los factores y problemas que se le atribuyen a la falta de actualización catastral en Colombia, sin categorizarlas en orden de importancia, destacando entre ellas: escasez en la asignación de presupuesto y recursos económicos, carencia de voluntad política, deficiencias en el uso de la tecnología, demasiada centralización del proceso a lo largo de los años, falta de insumos y de personal capacitado en procesos prediales. Pero, verdaderamente, ¿Eso son los motivos? ¿Por qué transcurren los días, las semanas, los meses y los años sin actualizar los catastros prediales en el país?



Este problema de desactualización del catastro en Colombia afecta la planeación del ordenamiento territorial y ambiental, y por ende impacta el adecuado desarrollo e implementación de proyectos de infraestructura civil. ¿Qué consecuencias acarrea que se materialicen proyectos de este tipo, sin un catastro actualizado?

## ¿CUAL PUEDE SER UNA ESTRATEGIA EFICIENTE EN LA ACTUALIZACIÓN CATASTRAL?

Una solución que ha planteado el autor de este artículo en diferentes escenarios y escritos, es implementar una metodología complementaria a la existente, que permita que la comunidad sea quien directamente se sensibilice y concientice que es ella, como propietaria o poseedora del bien, quien debe participar de manera directa en la construcción del nuevo catastro.

Con la participación directa de la comunidad, se disminuyen los costos de operación, se aumentan los rendimientos, y es la comunidad quien avala el proceso, porque participó directamente en la construcción y ejecución del mismo.

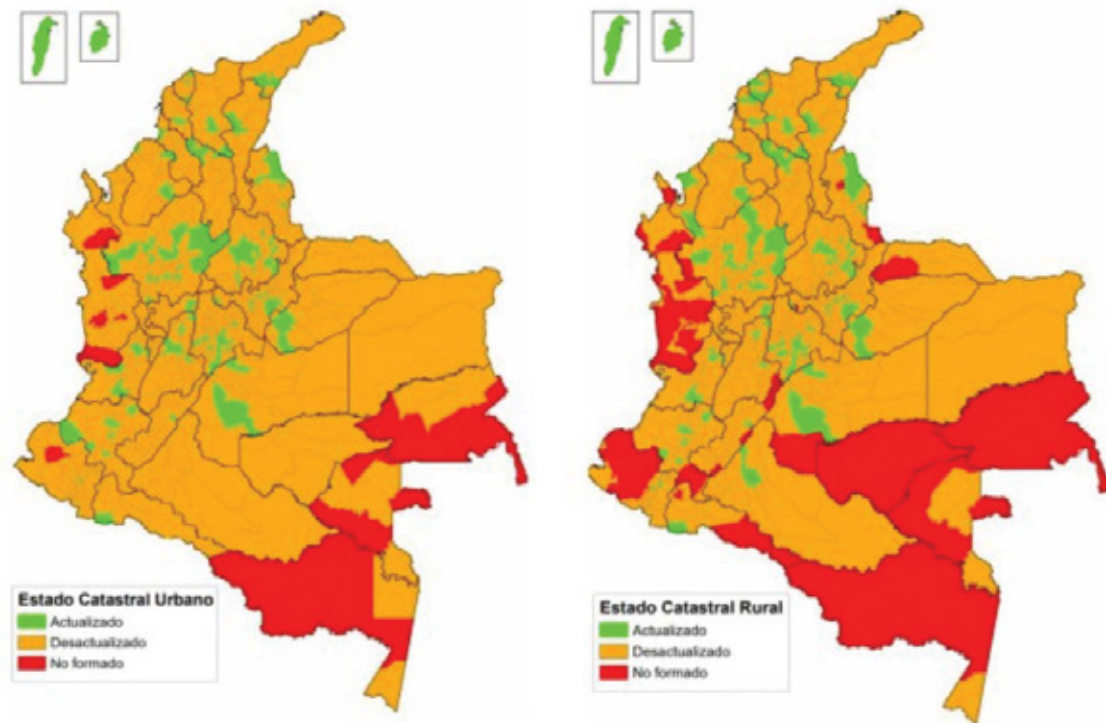
*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*

*¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*



## ACTUALIDAD EN EL TEMA LEGISLATIVO CATASTRAL

Desde el año 2016, se ha estado generando una nueva reglamentación catastral, que incluye la descentralización en su ejecución, la planeación y levantamiento del catastro por parte de gestores, y su transformación en un servicio público. Son varios los CONPES, Leyes, Resoluciones, Decretos y Normas que contemplan una nueva manera de hacer el catastro en Colombia. Sin embargo, ¿Qué ha pasado con la actualización catastral? ¿Por qué continúa siendo tan alta la desactualización predial en el país?



*Figura 1 Estado del Catastro en Colombia*

*Fuente: DNP con base en información del IGAC con corte a 1 de enero de 2019, citado en el CONPES 3958 de 2019*

## PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA

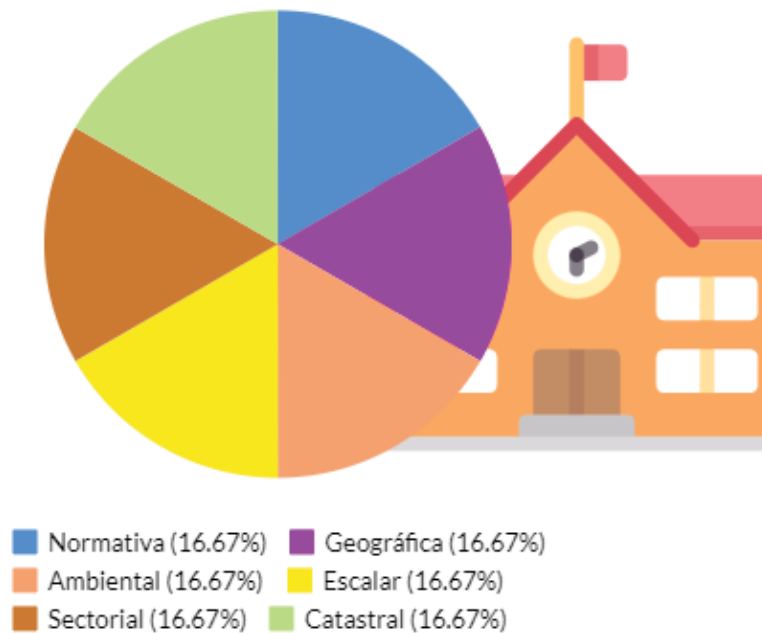
El autor de este artículo, plantea la propuesta complementaria de trabajar con la comunidad, con base en tres aspectos fundamentales: su capacitación por parte de expertos en la temática catastral, la elaboración por parte del gestor de insumos de calidad, y la participación de las entidades que trabajan de manera directa con el catastro predial.

*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*

*¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*

## PLANTEAMIENTO ESPECÍFICO A PARTIR DE DIMENSIONES

En la medida que se actualicen los catastros en cada uno de los territorios, los municipios serán beneficiados en una actualización eficiente de sus esquemas y planes de ordenamiento territorial (POT), con lo cual los proyectos de infraestructura que se diseñen, tendrán el soporte de tres documentos esenciales para ser efectivos en su implementación: el plan de desarrollo municipal, el POT y la actualización catastral predial, tanto urbana como rural. Para aterrizar la estrategia planteada, la base será el análisis de acuerdo con las dimensiones Normativa, Geográfica, Ambiental, Escalar, Sectorial Territorial y Catastral.



*Figura 2 Dimensiones del Catastro*

La dimensión normativa en relación con el catastro es muy amplia, únicamente se destacará para este artículo, las leyes macro del catastro y el ordenamiento territorial, tales como la Ley de Desarrollo Territorial, la Ley Orgánica del Ordenamiento Territorial, el Acuerdo de Paz de 2016, los CONPES 3870 y 3859 de 2016, y el 3958 de 2019; y, las Leyes de Expedición de los últimos Planes Nacionales de Desarrollo 2018 – 2022, “Pacto por Colombia, pacto por la Equidad”, y el 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”.

- **Ley de Desarrollo Territorial**

La ley 388 de 1997 conocida como la “*Ley de Desarrollo Territorial*”, es la normatividad que permite regular y enunciar los lineamientos de los componentes básicos que deben



contener los Planes de Ordenamiento, bajo los principios de la función social y ecológica de la propiedad, la prevalencia del interés general sobre el particular y la distribución equitativa de las cargas y los beneficios. Importante resaltar, que si bien para el año de expedición de esta Ley, no se contemplaba aún un catastro con fines multipropósito, si era fundamental la relación estrecha que existía entre mantener un catastro actualizado como base de un real y eficiente ordenamiento del territorio.

- **Ley orgánica del ordenamiento territorial**

La ley 1454 de 2011 define los principios rectores del ordenamiento, las competencias del ordenamiento territorial, y especialmente promueven los esquemas asociativos territoriales. Indica para los municipios las siguientes funciones: formular y adoptar los planes de ordenamiento del territorio, reglamentar de manera específica los usos del suelo en las áreas urbanas, optimizar los usos de las tierras disponibles y coordinar los planes sectoriales, en armonía con las políticas nacionales y los planes departamentales y metropolitanos. Aquí, se extrapola la estrecha relación entre una actualización predial como base del ordenamiento territorial.

- **Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera**

El Acuerdo de la Paz suscrito en el año 2016 firmado por el gobierno y las Farc – EP, establece como principios la democratización del acceso y uso adecuado de la tierra, involucrando incentivos para el uso adecuado de la tierra con criterios de sostenibilidad ambiental; la vocación del suelo; el ordenamiento territorial, y la participación de las comunidades. Así mismo, de las competencias de las autoridades locales para planificar y orientar el desarrollo del territorio conforme con la regulación del uso, transformación y ocupación del espacio, en el marco de la formulación y aprobación de los planes y esquemas de ordenamiento territorial.

En su numeral 1.1.9 indica textualmente que *“con el propósito de propiciar el uso adecuado, productivo y sostenible de la tierra, crear un sistema de información que sirva para la promoción del desarrollo agrario integral, incrementar el recaudo efectivo de los municipios y la inversión social, estimular la desconcentración de la propiedad rural improductiva, y en general regularizar con transparencia la propiedad de la tierra, el Gobierno Nacional pondrá en marcha: un Sistema General de Información Catastral, integral y multipropósito, que en un plazo máximo de 7 años concrete la formación y actualización del catastro rural, vincule el registro de inmuebles rurales y se ejecute en el marco de la autonomía municipal”*.

- **CONPES**

El Consejo Nacional de Política Económica y Social CONPES en el año 2016 emitió la Política Pública No. 3870 relacionada con el Programa Nacional para la Formulación y

Actualización de Planes de Ordenamiento Territorial Modernos, donde indica que la implementación de los POT Modernos logran que los planes de ordenamiento territorial sean instrumentos efectivos de planeación, que resuelven los problemas y las deficiencias que pueden afectar la actualización e implementación de los POT en el territorio colombiano.

Además, se emitieron los CONPES 3859 de 2016 y 3958 de 2019 indicando la Estrategia para la Implementación de la Política Pública de Catastro Multipropósito en todo el país.

- **Ley de expedición del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”**

La Ley 1955 de 2019 establece los lineamientos para la articulación de los diferentes planes sectoriales, locales y regionales con el ordenamiento territorial en Colombia. Y, textualmente en el Plan Nacional de Desarrollo indica que: *“La gestión catastral es un servicio público prestado directamente por el Estado, que comprende un conjunto de operaciones técnicas y administrativas orientadas a la adecuada **formación, actualización, conservación y difusión de la información catastral con enfoque multipropósito**, para contribuir a la prestación eficiente de servicios y trámites de información catastral a la ciudadanía y a la administración del territorio en términos de apoyo para la seguridad jurídica del derecho de propiedad inmueble, el fortalecimiento de los fiscos locales y el apoyo a los procesos de planeación y ordenamiento territorial, con perspectiva intercultural”*.

- **Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026, “Colombia Potencia Mundial de la Vida”**

El actual Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026, señala la problemática de la carencia de la actualización catastral especificando que: *“La falta de un catastro actualizado, con enfoque multipropósito, ha profundizado las brechas regionales, y ha llevado a un reparto inequitativo de los costos y beneficios del desarrollo de las actividades económicas en el territorio. El catastro actualizado permitirá articular los procesos de tenencia, valor, uso y desarrollo del suelo, la gestión ambiental y el desarrollo de infraestructura”*.

Y, en otro aparte manifiesta sus beneficios al indicar que: *“Se requiere acelerar el catastro multipropósito, incluyendo su actualización e implementación, para estimular el mercado de tierras, reducir la informalidad, tener mayor claridad sobre las relaciones factoriales, disminuir los conflictos asociados a la tenencia de la tierra y, además, fortalecer las finanzas territoriales. La inseguridad jurídica de la tenencia reduce los beneficios públicos del mercado de suelo, dificulta el acceso al crédito, la gestión ambiental y social de la propiedad y la consolidación de la Reforma Rural Integral”*.

Por tanto, y desde el punto de vista puramente normativo, se puede concluir que el catastro multipropósito en sus ámbitos rural y urbano aporta al aprovechamiento de ventajas comparativas y de competitividad del territorio; el alcance de los objetivos de desarrollo

económico y social de los territorios; adoptar políticas de mediano y largo plazo para el aprovechamiento y manejo del suelo y de los recursos naturales; identificar sistemas de comunicación entre el área urbana y el área rural; señalar las áreas susceptibles de riesgos por amenazas o riesgos naturales; demarcar las zonas para la protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales; un ordenamiento eficaz alrededor del agua; e implementar de manera organizada proyectos para la localización y desarrollo de infraestructuras y equipamientos tanto urbanos como rurales.

Por su parte, la *Dimensión Geográfica*, permite determinar las características espaciales de un municipio o territorio, en cuanto a sus elementos físicos de superficie, ubicación espacial, población, límites, relieve, topografía, clima, usos del suelo, hidrografía, red vial y accesibilidad tanto al área urbana como la rural. Estos atributos y características geográficas, son esenciales para realizar el análisis y diagnóstico preliminar del tipo y clase de municipio al cual se le actualizará el catastro.

Hoy día, toma relevancia la *Dimensión Ambiental*, que enmarca todas las temáticas que impactan al municipio especialmente en cuanto a riesgos naturales por deslizamientos o movimientos de masas, inundaciones, incendios y precipitaciones pluviales; que se suman al análisis de la red hidrográfica e hídrica, problemáticas por cambios climáticos, y, planes implementados en ordenación de cuencas, más conocidos como Pomcas, o de ordenamiento alrededor del agua.

Observamos, como hasta este punto, el catastro requiere de insumos que se han estado construyendo a lo largo del tiempo en cada municipio, y que se mejoran una vez dicho municipio es habilitado como gestor catastral, o inicia su proceso de actualización de su catastro multipropósito.

Surge la *Dimensión Escalar* que contempla el alcance y complejidad que conlleva actualizar el catastro del municipio, demarcando el tamaño en superficie de su área rural y urbana en relación con la cantidad de predios que incluye cada una de esas áreas. No es lo mismo realizar un catastro en municipios donde el área urbana es pequeña con una gran cantidad de predios, que, en un área rural bastante extensa, pero con pocos predios.

Lo atípico del municipio es que mientras el área urbana – que es pequeña comparada con el superficie rural -, tiene aproximadamente 53 mil predios, mientras el área rural tan solo se acerca a los 3 mil predios.

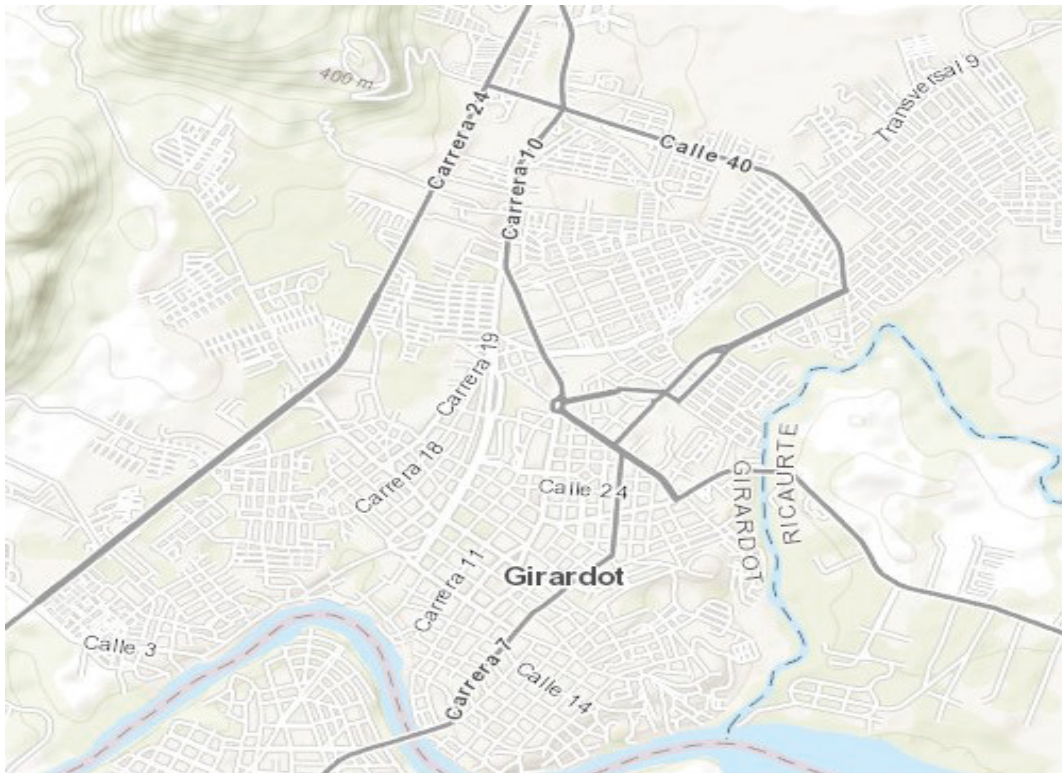
En otras palabras, el área urbana es equivalente al 15 % de la superficie del municipio, pero con un 95 % de los predios totales que tiene el municipio, y complementariamente el área rural en superficie es equivalente al 85 % del municipio, pero con tan solo el 5 % del total de predios.



Un ejemplo típico, es el municipio de Girardot, en Cundinamarca:  
 Superficie total del municipio: 129 km<sup>2</sup>  
 Superficie urbana: 20 km<sup>2</sup>  
 Superficie rural: 109 km<sup>2</sup>

*Figura 3 Zona cercana a Girardot*

Fuente: Portal de mapas del IGAC

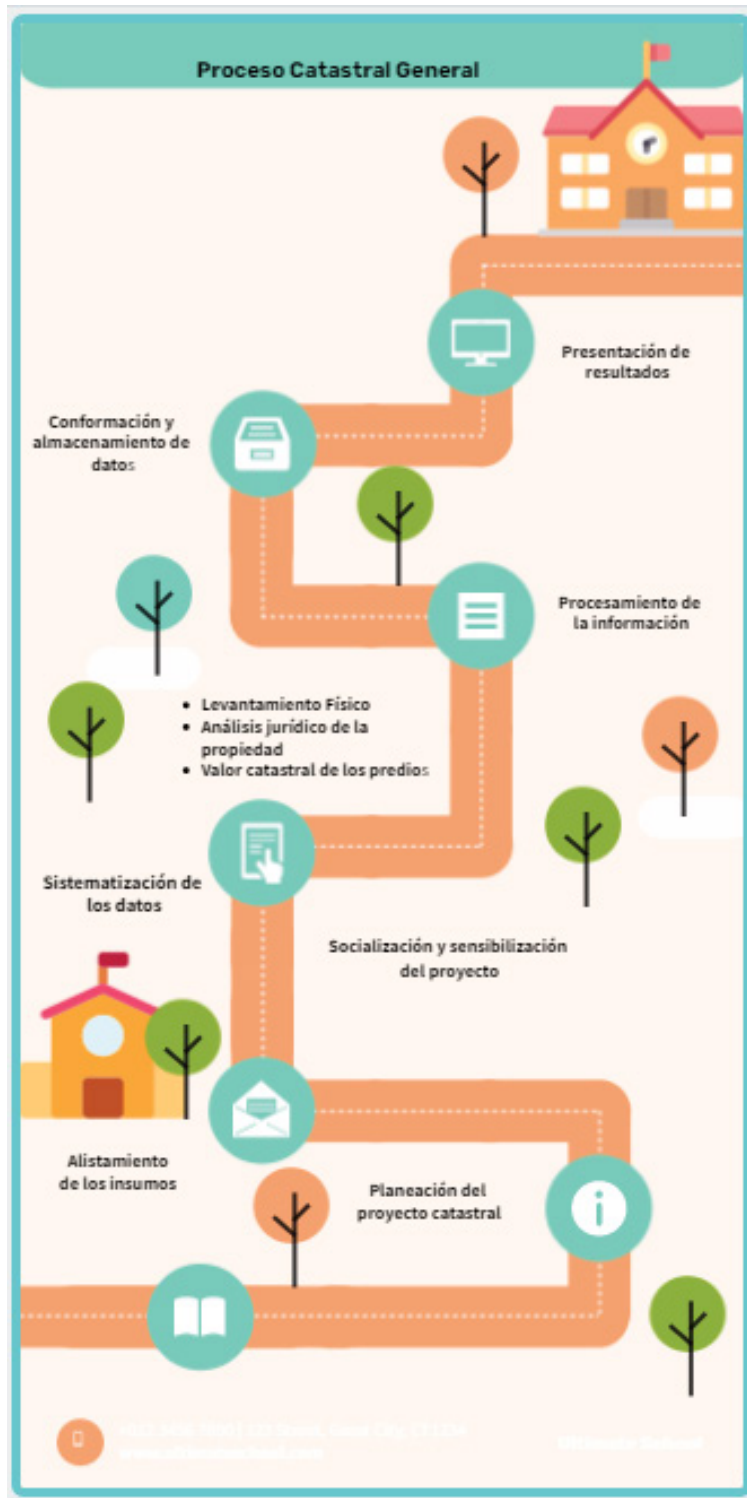


*Figura 4 Zona Urbana Girardot*

Fuente: <https://mapas.cundinamarca.gov.co/datasets>

*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*

*¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*



*Figura 5  
Proceso Catastral General*

*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL  
¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*



Otra, es la *dimensión sectorial territorial* que se basa en los lineamientos y enfoques que traza el municipio como hoja de ruta y que generalmente se incluye en su POT y Plan de Desarrollo municipal. Ejemplos: delimitar las áreas de protección de recursos naturales e hídricos; mejoramiento del manejo tecnológico en actividades de producción agropecuaria; plantear redes eficientes y con mayor cobertura de servicios públicos; programas de construcción de viviendas en sectores de desarrollo de infraestructura vial y de servicios públicos; mejoramiento de la infraestructura y malla vial y en estudios de las zonas de riesgos naturales, todo ello con base en varios de los productos que genera la actualización catastral.

Así mismo, un POT en la mayoría de los casos incluye actividades esenciales como: mejorar la malla vial; disminuir el índice de Necesidades Básicas Insatisfechas NBI; promover el mejoramiento de infraestructura de equipamientos culturales y educacionales; proyectos de conservación del recurso hídrico; análisis de usos del suelo en especial los de expansión urbana; delimitar el uso de la zona rural para destinación agrícola, ganadera y forestal; estudios de riesgos naturales por movimientos de masas; delimitar el suelo urbano; garantizar el suministro de agua potable y de alcantarillado; definir los territorios aptos para la urbanización, y formular programas de reactivación agraria y planes de ecoturismo.

Importante señalar que, todos estos proyectos, lineamientos e iniciativas permiten el mejoramiento de los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS, como:

- ✓ El objetivo 1 relacionado con la pobreza: Un municipio con un catastro y un POT articulado, le permite acceder a programas de titularización de la propiedad del gobierno, a subsidios, a un uso adecuado del suelo que potenciará su área rural y disminuirá en un porcentaje representativo las necesidades básicas insatisfechas.



- ✓ El Objetivo 6. Agua limpia y saneamiento: El POT incluye proyectos especialmente de saneamiento relacionados con mejorar los sistemas de alcantarillado, donde el catastro aporta con datos censales.



- ✓ El Objetivo 8. Generación de empleo: El catastro especialmente emplea un porcentaje representativo de mano de obra, especialmente para aquellos trabajos de campo que demandan los levantamientos físicos.



- ✓ El Objetivo 16. Instituciones sólidas: el catastro permite la actividad conjunta interinstitucional de entidades como: el Departamento Nacional de Planeación (DNP), de la Superintendencia de Notariado y Registro (SNR), del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Agencia Nacional de Tierras (ANT), con la participación activa del ente territorial.

Finalmente, se abarca la última *Dimensión, que es la Catastral*, la cual permite determinar el grado de desactualización catastral urbana y rural, y como se puede afrontar su levantamiento de manera efectiva. En Colombia, el grado de desactualización es muy alto en la mayoría de los municipios del país. Con conocimiento del autor, se indican 2 ejemplos de 2 municipios ubicados en el departamento de Cundinamarca.



*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*

*¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*

El primero de ellos es en el municipio de Topaipí que para el año 2018 presentaba una desactualización de más de una década, con tan solo 3.091 predios, de los cuales 2752 eran rurales, y 300 eran urbanos. Es decir, es un municipio que cuenta con un alto porcentaje de predios rurales en comparación con los urbanos. Destacando que el 95 % de los predios tenían una extensión en superficie menor de 20 hectáreas.

Su Esquema de Ordenamiento Territorial EOT, fue proferido en el año 2004. En otras palabras, presentaba todas las condiciones ideales para actualizar su catastro, - con pocos predios -, pero con un EOT de más de 15 años de desactualización. ¿Cómo se pueden desarrollar proyectos de infraestructura, como el mejoramiento de la malla vial del municipio, - la cual estaba bastante deteriorada -, si no se tenía un catastro actualizado?



Otro ejemplo, es Girardot, municipio turístico por excelencia en el departamento de Cundinamarca. Para el año 2023, tenía una desactualización de su catastro de 20 años. Los predios urbanos equivalen al 95 % del municipio, teniendo sectores y barrios como El Peñón, donde se construyeron lujosas viviendas tipo estrato 6, ¿Cuál es el valor promedio por metro cuadrado de estas viviendas? ¿Cuál es el impuesto predial que se paga anualmente con una desactualización de dos décadas? ¿Qué proyectos de gran envergadura y calado se pueden desarrollar en este municipio, cuando no conocemos de quién son los predios, cuáles son sus superficies, cuál es el desarrollo actual en sus lotes y cuál es el valor catastral de los mismos? Los proyectos de infraestructura, ambientales y de servicios públicos se deben construir desde la base. Y, su soporte es el catastro. El predio es la mínima unidad del territorio para comenzar los estudios e implementación de esta clase de proyectos.

“(…) La planificación es un acto político, una teoría y una disciplina para la creación de sentido (de pertenencia y de futuro) y la gobernanza multiescalar, intersectorial y pluritemporal del desarrollo” (Mattar & Cuervo, 2017).

*Duarte Castro Jaime Alberto, EL CATASTRO MULTIPROPÓSITO, COMO PRINCIPAL SOPORTE EN LOS PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA Y DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL*

*¿Más preguntas, que respuestas? (Pág. 14 – 27)*

## CONCLUSIONES

La ingeniería es la llamada a liderar los procesos de actualización catastral en el país, como soporte para una eficiente implementación de proyectos de infraestructura y de ordenamiento territorial y ambiental. Hoy día los ingenieros catastrales, topográficos, civiles y ambientales deben estar organizando, coordinando y materializando estos proyectos.

Antioquia, tiene el beneficio de mantener su propio catastro en el departamento, con lo cual puede ser un pionero de no solo actualizar, sino mantener el catastro de sus municipios de acuerdo a como lo establece la ley y la normatividad actual. Sin embargo, se puede plantear un requisito técnico que todo proyecto debe impactar aquellas regiones donde el catastro ha sido actualizado y que, por lo tanto, tiene descrito todas las características básicas de cada uno de sus predios.

Desde la dimensión normativa existen leyes, decretos, resoluciones y políticas públicas que justifican y apoyan la planificación del ordenamiento territorial de manera organizada sistemática y jerarquizada, el cual, si se soporta en los datos que se están obteniendo del catastro, permiten un desarrollo eficiente del proceso. Además, que no es posible entender la dinámica de un ordenamiento del territorio, sin un marco normativo consistente como el colombiano.

Las otras dimensiones, permiten obtener datos geográficos, ambientales y territoriales que permiten diagnosticar el estado actual y la proyección a futuro del desarrollo que tendrá el municipio. Esta información, sumada a la recopilada por el catastro, son el insumo básico para desplegar, planear e implementar los exitosos proyectos de infraestructura a nivel local, regional y nacional.

Dentro de los procesos de descentralización, hoy día el catastro tiene un rol muy importante en la gestión de los municipios para el levantamiento de información censal, física, jurídica y económica, como apoyo a los Planes de Ordenamiento Territorial. En la medida que los municipios actualicen sus POT, éstos impactarán de manera positiva a algunos de los proyectos de los ODS, especialmente los indicados en el texto de este artículo.

Sin lugar a dudas, que un POT es afectado de manera negativa sin un catastro actualizado, debido a que el catastro permite facilitar varias de las actividades que incluyen dichos planes territoriales, especialmente los relacionados con la información física de los predios, el estado actual de la propiedad y el valor catastral de los mismos.

Con los insumos existentes, el conocimiento adquirido por el personal experto en las temáticas que involucra el catastro, la tecnología que ofrece el mercado, la actuación interinstitucional, los datos catastrales actualizados y la participación activa de la comunidad, la implementación de proyectos de infraestructura y la elaboración de Planes de

Ordenamiento Territorial, será más eficiente a nivel de cada municipio, mejorando los porcentajes de impacto en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Así, como este escrito inicio con un cuestionamiento, se cierra con esta pregunta: ¿Cómo es posible avanzar en proyectos de gran impacto local, sectorial y nacional, sino conocemos donde están los predios, que condiciones físicas los caracteriza, quién es el propietario, y cuál es su valor?

## REFERENCIAS.

- [1] Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y La Construcción de una Paz estable y duradera (2016). La Habana.
- [2] Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3870 de 2016. *Programa Nacional para la Formulación y Actualización de Planes de Ordenamiento Territorial: POT Modernos*. Departamento Nacional de Planeación.
- [3] Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3918 de 2018. *Estrategia para la implementación de Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia*. Departamento Nacional de Planeación.
- [4] Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3958 de 2016. *Política para la adopción e implementación de un Catastro Multipropósito Rural - Urbano*. Departamento Nacional de Planeación.
- [5] Consejo Nacional de Política Económica y Social. CONPES 3958 de 2019. *Estrategia para la Implementación de la Política Pública de Catastro Multipropósito*. Departamento Nacional de Planeación.
- [6] Duarte, J. (2021). *El catastro multipropósito como una construcción que parte de la comunidad: propuesta para alcanzar una visión con propiedad*. Revista Equidad y Desarrollo No. 36. Universidad de la Salle, Bogotá.
- [7] Duarte, J. (2023). *Construyendo el catastro desde la comunidad. Una visión con propiedad. Libro*. Editorial USTA. Bogotá.
- [8] Duarte, J. (2024). *La Ingeniería en las Políticas Públicas*. Anales de Ingeniería. No. 962. Sociedad Colombiana de Ingeniería. Bogotá.
- [9] Grosso, C. (2009). *Desarrollo histórico y ámbito de acción de la planeación en Colombia*. Bogotá.
- [10] Ley 152 de 1994. *Ley Orgánica del Plan de Desarrollo*. Diario Oficial No. 41.450.
- [11] Ley 388 de 1997. *Fortalecimiento de los fiscos de las entidades territoriales*. Diario Oficial No. 43.091.
- [12] Ley 1454 de 2011. *Normas Orgánicas sobre Ordenamiento Territorial*. Diario Oficial No. 48.115.
- [13] Ley 1955 de 2019. *Ley de expedición del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad"*.
- [14] Ley 2294 de 2023. *"Por el cual se expide el Plan Nacional De Desarrollo 2022- 2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida"*.
- [15] Mattar, J. & Cuervo, L. (2017) *Planificación para el Desarrollo en América Latina y el Caribe*. Cepal. Santiago de Chile.

## ECONOMÍA CIRCULAR EN MINERÍA MEDIANTE CONCRETO PROYECTADO APLICANDO PET (TEREFTALATO DE POLIETILENO) RECICLADO

Elvis Rooger Arias Quispe

*Docente – Investigador – Consultor*  
*elvis.arias@pucp.edu.pe*

**Resumen:** Este artículo examina la viabilidad de utilizar tereftalato de polietileno (PET) reciclado como refuerzo en concreto proyectado (shotcrete) para sostenimiento en operaciones mineras, promoviendo la economía circular. La investigación evalúa las propiedades mecánicas, el impacto ambiental y la viabilidad económica de esta innovación. Los resultados muestran mejoras significativas en las propiedades mecánicas del shotcrete con PET reciclado, incluyendo un aumento del 3% en la resistencia a la tracción al reemplazar en un metro cúbico de shotcrete 6 Kg de PET reciclado en lugar de 4 Kg de fibra sintética. La absorción de energía alcanzó niveles comparables a la fibra sintética tradicional. En términos de viabilidad técnica y económica, se demostró que el shotcrete reforzado con PET reciclado es técnicamente viable y, a largo plazo, rentable con un ahorro del 72% en costos de fibra de refuerzo. Aunque puede haber costos iniciales en la compra de la máquina trituradora de PET y la extrusora, los beneficios en términos de menor mantenimiento, mayor durabilidad y reducción de costos ambientales compensan estos gastos adicionales, haciendo que la inversión sea justificable y atractiva para las empresas mineras que emplean concreto proyectado dentro de sus operaciones.

Ambientalmente, el uso de PET reciclado reduce significativamente los residuos plásticos y la huella de carbono. Económicamente, se proyecta un ahorro de 11.95 USD por metro cúbico de shotcrete, con un periodo de recuperación de la inversión de 3 a 6 meses. Esta innovación no solo mejora el rendimiento técnico del shotcrete, sino que también contribuye significativamente a la reducción de residuos plásticos y emisiones de carbono, alineándose con los principios de economía circular y desarrollo sostenible en la industria minera.

En conclusión, la investigación sobre el uso de PET reciclado como refuerzo en el shotcrete para la industria minera ha generado resultados prometedores y significativos en términos de mejora de propiedades, impacto ambiental positivo, viabilidad técnica y económica, contribuciones a la sostenibilidad y perspectivas de futuro. Si bien existen limitaciones y áreas de mejora, el estudio sienta las bases para una mayor innovación y adopción de prácticas más sostenibles en el sector minero, con el potencial de generar beneficios a largo plazo para las empresas, la sociedad y el medio ambiente. El estudio recomienda la implementación a gran escala de esta tecnología en la industria minera, destacando su potencial para mejorar la sostenibilidad y eficiencia. Se sugiere continuar la investigación para optimizar aún más las propiedades del PET reciclado y realizar análisis económicos a largo plazo.

**Palabras clave:** PET (tereftalato de polietileno), Shotcrete, Economía circular, Minería, Reciclaje.

## ANTECEDENTES

El Perú se destaca como uno de los mayores productores globales de cobre, oro, plata, zinc, plomo y estaño. No obstante, la extracción y el procesamiento de estos minerales resulta en la generación de considerables cantidades de desechos sólidos y líquidos. En 2022, la industria minera peruana produjo cerca de 730 millones de toneladas de residuos sólidos, de acuerdo con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA). El consumo de agua en el sector minero llegó a 208 millones de metros cúbicos en 2020, lo que equivale aproximadamente al 1.3% del total de la extracción de agua a nivel nacional (INEI). Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de la minería en Perú ascendieron a 3.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en 2019, según el Ministerio del Ambiente.

El PET (tereftalato de polietileno) es un polímero ampliamente utilizado en la fabricación de envases de plástico, especialmente botellas para bebidas. La demanda de PET ha aumentado en las últimas décadas debido a su versatilidad y conveniencia. En las operaciones mineras de altas temperaturas se consumen bebidas hidratantes para los colaboradores, así como las bebidas contenidas de agua en envases de 650 ml. Sin embargo, su amplio uso también ha generado un problema importante de gestión de residuos, ya que el PET es un material que puede tardar hasta 800 años en degradarse en el medio ambiente.

En las últimas décadas, el concepto de economía circular ha cobrado una relevancia significativa en el ámbito global. Este enfoque busca replantear el modelo económico tradicional lineal, que se basa en la extracción de recursos naturales, la fabricación de productos, su uso y posterior descarte, por un modelo más sostenible que fomente la reutilización, la reparación, el reciclaje y la regeneración de los recursos y materiales.

En este contexto, la reutilización y el reciclaje del PET se han convertido en objetivos cruciales para abordar los desafíos ambientales asociados con este material. El reciclaje del PET puede transformarse en una oportunidad para cerrar el ciclo de vida de este material, convirtiéndolo en una fuente renovable de materias primas para nuevas aplicaciones en la industria.

Por otro lado, el sector minero desempeña un papel vital en la economía del país al proporcionar los metales y minerales necesarios para una amplia gama de productos y sectores industriales. Sin embargo, la minería también enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad ambiental y gestión de residuos. La extracción y procesamiento de minerales a menudo generan grandes cantidades de residuos, incluyendo desechos sólidos, líquidos y emisiones, que requieren soluciones efectivas para minimizar su impacto negativo en el medio ambiente.



Dentro del contexto minero, el shotcrete juega un papel crucial en la estabilidad de las excavaciones subterráneas. El shotcrete, un material compuesto por cemento, agregados, agua, fibra y aditivos, se proyecta sobre las superficies para formar revestimientos que mejoran la resistencia y estabilidad de las estructuras subterráneas. Sin embargo, el shotcrete tradicional puede presentar limitaciones en términos de resistencia a largo plazo, durabilidad y capacidad de absorber deformaciones, lo que puede afectar la seguridad y la eficiencia de las operaciones mineras. En 2022, se estima que la minería en Perú utilizó alrededor de 500,000 metros cúbicos de concreto proyectado (shotcrete) en sus diversas operaciones. Este volumen representa un incremento del 8% en comparación con el consumo registrado en 2021. Las minas subterráneas son las mayores consumidoras de shotcrete, utilizando aproximadamente el 70% del total. Se anticipa que la demanda de shotcrete continúe en aumento debido a la mayor profundización de las minas y la necesidad de sostenimiento dinámico, que oscila entre 50 y 65 kJ/m<sup>2</sup>.

Ahora bien, el uso de bebidas hidratantes para mineros en ambientes de alta temperatura se justifica técnica y fisiológicamente debido a su capacidad para regular la temperatura corporal, reponer líquidos y electrolitos perdidos por el sudor, mantener la función fisiológica, prevenir enfermedades relacionadas con el calor y optimizar el rendimiento laboral y la seguridad en el trabajo. Estas bebidas juegan un papel crucial en evitar la deshidratación, los golpes de calor y otros problemas asociados con la falta de hidratación adecuada, mejorando así la salud y el bienestar de los trabajadores en entornos laborales exigentes.



*Figura 1. Personal de campo hidratándose / Hidratantes en bodega mina  
Elaboración propia*

## **PROBLEMA A RESOLVER**

El problema principal que esta investigación busca abordar es la mejora de las propiedades del shotcrete aplicado en minería, particularmente en términos de resistencia, durabilidad y sostenibilidad, con elementos que se puedan reciclar como parte del proceso operativo minero. El shotcrete tradicional a menudo muestra deficiencias en su comportamiento

mecánico bajo condiciones extremas, como altas presiones, ambientes agresivos y filtraciones de agua, lo que puede aumentar los costos de desate y resane para las operaciones en empresas mineras.



*Figura 2. Labor subterránea con shotcrete craquelado a edades tempranas.  
Elaboración propia*

Así mismo, la industria minera enfrenta presiones crecientes para adoptar prácticas más sostenibles y reducir su huella ambiental. La gestión responsable de los residuos, la reducción de emisiones y la optimización de recursos se han convertido en prioridades clave para las empresas mineras en todo el mundo. En este contexto, la incorporación de materiales reciclados y soluciones innovadoras en los procesos y productos mineros puede contribuir significativamente a la sostenibilidad global de la industria.



*Figura 3. Generación de botellas PET usadas en las labores y bodegas  
Elaboración propia*

El uso de PET reciclado y triturado como refuerzo con polímeros en el shotcrete surge como una propuesta atractiva y prometedora para abordar estos desafíos. El PET tiene propiedades mecánicas robustas y una alta resistencia a la corrosión, lo que lo convierte en un candidato ideal para mejorar las propiedades del shotcrete aplicado en minería.

## OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo principal es investigar las propiedades mecánicas y ambientales del shotcrete reforzado con polímeros de PET reciclado y triturado en reemplazo de la fibra sintética: Se explicará el procedimiento de recolección de botellas de PET consumidas y su introducción en la operación de shotcrete reforzado con este PET reciclado. Se llevarán a cabo pruebas de laboratorio para evaluar la resistencia a la compresión, flexión, tracción, abrasión y corrosión del shotcrete con refuerzos de PET reciclado.

Los objetivos secundarios son los siguientes:

1. Evaluar la viabilidad técnica y económica de utilizar PET reciclado como refuerzo en el shotcrete para aplicaciones mineras: Se realizará un análisis exhaustivo de los costos asociados con la producción y aplicación del shotcrete reforzado con PET reciclado en comparación con el shotcrete tradicional. Se considerarán aspectos como la disponibilidad de materia prima, los procesos de fabricación, la logística y los beneficios a largo plazo en términos de rendimiento y durabilidad.
2. Despertar el interés de los operadores a emplear economía circular en la industria minera. Promover prácticas sostenibles y de reciclaje dentro de las operaciones mineras.
3. Proporcionar recomendaciones y sugerencias para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas de esta tecnología: Se resumirán las conclusiones clave del estudio y se ofrecerán recomendaciones específicas para empresas mineras, investigadores y tomadores de decisiones en el sector. Se identificarán áreas de investigación adicionales y posibles mejoras en la implementación y adopción de tecnologías sostenibles en la industria minera.

El alcance se centra en la evaluación teórica y práctica del uso de PET reciclado como refuerzo en el shotcrete en el contexto específico de la industria minera. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para analizar las propiedades mecánicas y ambientales, así como estudios de viabilidad económica. Sin embargo, no se abordan aspectos relacionados con la implementación a gran escala ni con aspectos regulatorios específicos.

Este trabajo busca contribuir al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería y la sostenibilidad en la industria minera, ofreciendo una perspectiva innovadora y práctica para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental de las operaciones mineras.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### Marco teórico

Se fundamenta en dos pilares: la composición y propiedades del shotcrete en la industria minera, y los conceptos clave relacionados con la economía circular y el uso de PET reciclado como material polimérico en aplicaciones de concreto proyectado.

### Composición y propiedades del shotcrete en minería

El shotcrete, o concreto proyectado, es un material ampliamente utilizado en la industria minera para el revestimiento de rampas, galerías, túneles, otras infraestructuras subterráneas, en taludes en operaciones a tajo abierto, caminos y carreteras para asegurar las condiciones de accesibilidad. Su composición básica incluye cemento, agregados, fibra, agua y aditivos, que se mezclan y se proyectan a alta velocidad sobre las superficies a sostener en las operaciones.

Las propiedades del shotcrete son críticas para su desempeño en aplicaciones mineras. Entre las propiedades más importantes se encuentran la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la adherencia, la permeabilidad y la durabilidad. Estas propiedades varían según la formulación específica del shotcrete y las condiciones de aplicación, para el caso de estudio, las composiciones de los insumos se dan como indica en la Tabla 1:

Tabla 1. Insumos estandarizados para generar 1 m<sup>3</sup> de Shotcrete

INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA
CEMENTO TIPO I	410.00	Kg.
AGREGADO	1,614.00	Kg.
AGUA	176.00	Lt.
REDUCTOR DE AGUA HIPERPLASTIFICANTE	5.13	Lt.
ACELERANTE DE FRAGUA	25.99	Lt.
FIBRA MACRO SINTÉTICA	4.00	Kg.

Especificando el empleo de fibras, que para la presente investigación es el elemento al cual reemplaza el PET reciclado y triturado, se aclara que son filamentos alargados y esbeltos en forma de manojo, malla o hebra de material natural o manufacturado. El empleo de fibras genera una mejora en resistencia a la tracción, evita que se generen grietas y fisuras por contracción plástica, disminuye el rebote, mejoran la dureza y resistencia al impacto. Las fibras dependen mucho de la dosificación y de los parámetros de composición (resistencia a la tensión, longitud, diámetro, anclaje). Según la ACI PRC-506-22: Shotcrete Guide (2022) se tienen 3 tipos de fibras: acero, vidrio y sintéticas. Su implementación por tipo de fibra para emplearse y la dosificación lo define el departamento de geomecánica de cada unidad minera.

Así como indican Toledo et al. (2011) el proceso del shotcrete es ágil y sencillo, demanda menos recursos en términos de equipo, personal, herramientas y materiales por metro cúbico lanzado, su eficiencia se debe a su acción de soporte que es instantánea gracias a la propiedad de adherencia que posee sobre la superficie de la roca a sostener.

Para la adecuada trabajabilidad del concreto proyectado en operaciones mineras, se emplean los ensayos de control de calidad mínimos indicados en la Tabla 2:

Tabla 2. Ensayos de control de calidad mínimos en Shotcrete

Etapa	Control de Calidad
Control de calidad de los insumos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Granulometría del agregado</li> <li>• Control de humedad del agregado</li> <li>• Módulo de fineza del agregado</li> </ul>
Control de calidad del producto intermedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de asentamiento (Slump)</li> <li>• Temperatura del concreto fresco</li> <li>• Control de aire y peso unitario</li> </ul>
Control de calidad del producto final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la compresión de muestras de planta y de testigos diamantinos de shotcrete</li> <li>• Resistencia temprana del shotcrete en el intervalo de 1 a 4 horas.</li> <li>• Índice de rebote del shotcrete</li> <li>• Resistencia a la flexo-tracción (absorción de energía)</li> </ul>

Las fibras aumentan la tenacidad del shotcrete, Gilbert & Bernard (2019), lo que significa que los elementos estructurales pueden soportar cargas incluso después de que el concreto se fisura o agrieta. El uso de shotcrete con fibra garantiza una distribución más uniforme del refuerzo, ya que las fibras se dispersan de manera tridimensional y siguen el perfil irregular de la roca.

En la misma línea, Saucedo et al. (2021) indican que el empleo de diversas fibras de refuerzo (acero o poliméricas) se utilizan para mejorar la resistencia a la tracción y a la flexión, así como la ductilidad de materiales como el concreto y otros basados en cemento como el shotcrete. Este enfoque está levemente difundido en el campo de la construcción, sin embargo, en el sector minero es la primera información expuesta como investigación. Una manera de abordar la contaminación plástica es reciclar elementos de PET para usarlos como fibra de refuerzo en el concreto proyectado en mina.

Para medir la eficiencia de la participación de la fibra se analiza la Resistencia a la Flexo tracción que permite al shotcrete soportar las deformaciones originadas por la flexión de un elemento adyacente que, en 28 días, debe alcanzar valores superiores a 210 Kg/cm<sup>2</sup>



## **Economía circular y reutilización de pet**

Según el Ministerio del Ambiente y Sociedad Nacional de Industrias en Perú, se consumen aproximadamente 1 millón de botellas de PET de bebidas al día. Cada botella de PET pesa típicamente entre 10 y 25 gramos. En 2021, se generaron alrededor de 180,000 toneladas de residuos de PET provenientes de envases de bebidas, lo que equivale a cerca del 60% del total de residuos plásticos en el país. Sin embargo, solo entre el 5% y el 10% de estos residuos son reciclados. Se calcula que cada peruano consume en promedio 28 botellas de PET al año. A nivel mundial, la producción de PET para envases de bebidas alcanzó los 19 millones de toneladas en 2020. Se espera que la demanda mundial de PET para envases crezca a una tasa anual del 4.5% hasta 2027. Cada año, se generan aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos de envases de PET en todo el mundo, de los cuales solo alrededor del 30% son reciclados actualmente.

La economía circular es un concepto que busca minimizar el desperdicio de recursos y materiales, fomentando la reutilización, el reciclaje y la regeneración de productos y materiales. Dentro de este marco, la reutilización del PET reciclado ha ganado atención como una forma efectiva de cerrar el ciclo de vida de este material y reducir su impacto ambiental.

Si explicamos, cómo se emplea en las operaciones mineras, específicamente para el propósito de esta investigación, se dan por las bebidas hidratantes y agua embotellada que se entregan, dentro de su jornada laboral, a los colaboradores en general, cuyo consumo se da entre 6 a 8 botellas por turno, sin considerar las bebidas que se utilizan en bidones de 20 litros y se consumen en vasos desde los puntos de distribución.

La necesidad de emplear bebidas hidratantes para los mineros que trabajan en operaciones con ambientes de alta temperatura (superior a 29° C) se sustenta en varios aspectos técnicos y fisiológicos claves:

- **Regulación de la Temperatura Corporal:** Los mineros que trabajan en ambientes de alta temperatura están expuestos a un mayor riesgo de sufrir golpes de calor y deshidratación. Las bebidas hidratantes ayudan a regular la temperatura corporal al proporcionar líquidos frescos y electrolitos que contribuyen a mantener el equilibrio hídrico y la homeostasis térmica del cuerpo.
- **Reposición de Fluidos y Electrolitos:** El trabajo en ambientes calurosos y la actividad física intensa pueden provocar una pérdida significativa de líquidos y electrolitos a través del sudor. Las bebidas hidratantes están diseñadas para reponer estos elementos de manera efectiva, lo que ayuda a prevenir la deshidratación, los calambres musculares y otros problemas relacionados con la falta de hidratación adecuada.
- **Mantenimiento de la Función Fisiológica:** La deshidratación puede afectar negativamente la función fisiológica y el rendimiento laboral de los mineros. El consumo regular de bebidas hidratantes ayuda a mantener una hidratación óptima, lo que se traduce en una mejor capacidad de concentración, mayor

resistencia física y menor fatiga durante las jornadas de trabajo en ambientes calurosos.

- **Prevención de Enfermedades Relacionadas con el Calor:** La exposición prolongada a altas temperaturas sin una adecuada hidratación puede aumentar el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor, agotamiento por calor y otros trastornos térmicos. Las bebidas hidratantes juegan un papel crucial en la prevención de estas condiciones al mantener un nivel adecuado de hidratación y equilibrio electrolítico.
- **Optimización del Rendimiento Laboral:** Mantener a los mineros debidamente hidratados con bebidas adecuadas contribuye a optimizar su rendimiento laboral y su seguridad en el trabajo. La hidratación adecuada es fundamental para mantener la atención, la coordinación motora y la capacidad de respuesta, factores críticos en entornos mineros donde la concentración y la precisión son esenciales para evitar accidentes.

Tal como mencionan Castro et al. (2014), las variaciones de temperatura afectan la fisiología humana. Nuestro cuerpo genera calor como parte del metabolismo, manteniendo una temperatura interna de alrededor de 36.9 grados Celsius. Exponernos a temperaturas extremas puede causar sensaciones de frío o calor debido a los efectos fisiológicos. Por ejemplo, trabajar en ambientes calurosos reduce el rendimiento y requiere una buena hidratación, que para la mayoría de minas se administra en envases de tereftalato de polietileno o PET.

Al respecto se tienen los siguientes elementos normativos y guías:

- Decreto Supremo 024-2016-EM – Anexo 13
- ACGIH - Conferencia Americana de Higienistas Industriales y Gubernamentales
- RM 375-2008-TR Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico.

Tabla 3. Valores límite de referencia para estrés térmico

Ubicación del trabajo dentro de un ciclo de trabajo-descanso	Valor Límite (TGBH en °C)				Nivel de Acción (TGBH en °C)			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado
75% a 100%	31	28	---	---	28	25	---	---
50% a 75%	31	29	27.5	---	28.5	26	24	---
25% a 50%	32	30	29	28	29.5	27	25.5	24.5
0% a 25%	32.5	31.5	30.5	30	30	29	28	27

Bajo estas consideraciones, los hidratantes y el agua se administran en botellas de PET, donde luego se organizan a través de procesos de reciclaje mecánico y luego pasa a trituración, a través de una máquina que transforman las botellas y envases de PET usados en nuevas materias primas para aplicaciones en el shotcrete en reemplazo de la fibra sintética. En las operaciones de sostenimiento, el PET reciclado se utilizará como refuerzo con polímeros en



reemplazo de la fibra sintética en el shotcrete, mejorando así sus propiedades mecánicas y contribuyendo a la sostenibilidad del sector minero.

**Métodos y soluciones**

La investigación se estructura en varios pasos claves, que se inician con el reciclaje y trituración del PET que se emplea en la hidratación de los colaboradores de toda la mina, incluyen la formulación y preparación de muestras de shotcrete reforzado con PET reciclado, pruebas de laboratorio para evaluar sus propiedades mecánicas y ambientales, análisis de resultados y conclusiones derivadas de los hallazgos. Un gran referente de este estudio es la investigación de Ávila et al. (2015), donde la resistencia a la flexo-tracción se incrementa al aumentar el tamaño de las partículas de PET, siendo un 40% mayor con partículas de 3 mm que con las de 0.5 mm.



*Figura 4. Comparación de fibra sintética con PET triturado  
Elaboración propia*

**Reciclaje y trituración de PET**

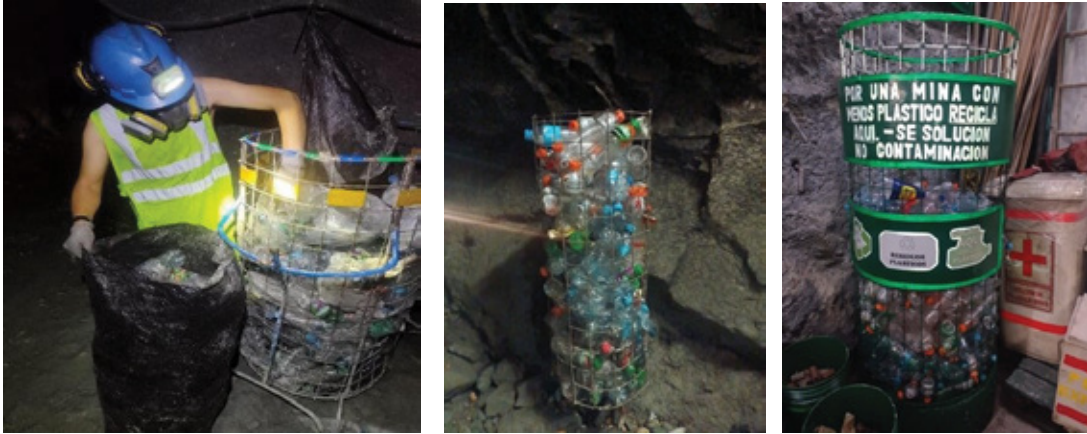
Recolección: Se inicia con la recolección de las botellas PET usadas. En este caso, si se utilizan 5 botellas por trabajador y se cuenta con un promedio de 500 trabajadores se tendrían 2,500 botellas por día.

Separación y clasificación: Una vez recolectadas, las botellas PET se separan de elementos extraños (vidrio, papel, cartón o aluminio). Este proceso ayuda a optimizar la eficiencia del reciclaje y el posterior procesamiento.

Limpieza: Las botellas se lavan para eliminar residuos y contaminantes que puedan afectar la calidad del material reciclado.

Trituración y molienda: Las botellas limpias se trituran y muelen en pequeños fragmentos y filones. Este paso es crucial para preparar el material para su posterior utilización. La máquina trituradora de PET es un equipo diseñado específicamente para procesar botellas de PET u otros envases de plástico similares. Estas máquinas forman parte del proceso de

reciclaje de plásticos y desempeñan un papel crucial en la transformación de los materiales reciclables en formas más manejables para su posterior empleo. Para el caso de estudio la capacidad es de 150 toneladas por hora.



*Figura 5. Actividad de reciclaje de las botellas usadas por turno  
Elaboración propia*

A continuación, se describen los componentes y el funcionamiento típico de la máquina trituradora de PET:

- Tolva de alimentación: Es la entrada donde se introducen las botellas de PET usadas para su trituración. La tolva suele tener un diseño que facilita la carga y alimentación continua de los envases a triturar.
- Sistema de alimentación: Una vez que las botellas entran en la máquina a través de la tolva, un sistema de alimentación las mueve hacia el siguiente paso del proceso.
- Cuchillas o rodillos trituradores: Estos componentes son los responsables de la trituración efectiva del PET. Pueden ser cuchillas afiladas que cortan el plástico en trozos pequeños o rodillos dentados que aplastan y desgarran el material. La configuración de las cuchillas o rodillos varía según el diseño y la capacidad de la máquina.
- Cámara de trituración: Es el espacio donde se lleva a cabo la acción de trituración. Las botellas de PET son sometidas a fuerzas mecánicas que las descomponen en fragmentos más pequeños. Algunas máquinas cuentan con sistemas de control para ajustar la velocidad y la presión de trituración según el tipo de plástico y las necesidades del proceso.
- Tamiz o criba: Después de la trituración, los fragmentos de PET pasan a través de un tamiz o criba que separa las partículas de plástico triturado de otros materiales no deseados, como etiquetas o tapas de metal. Este paso es importante para obtener un material homogéneo y limpio que sea adecuado para el siguiente proceso de reciclaje.
- Sistema de recolección y descarga: Una vez que el PET ha sido triturado y tamizado, se recoge y descarga el material triturado en contenedores o transportadores para su almacenamiento temporal o su transporte a la siguiente etapa del proceso de reciclaje.



Figura 6. Vistas externa e interna de la trituradora de botellas PET  
*Elaboración propia*

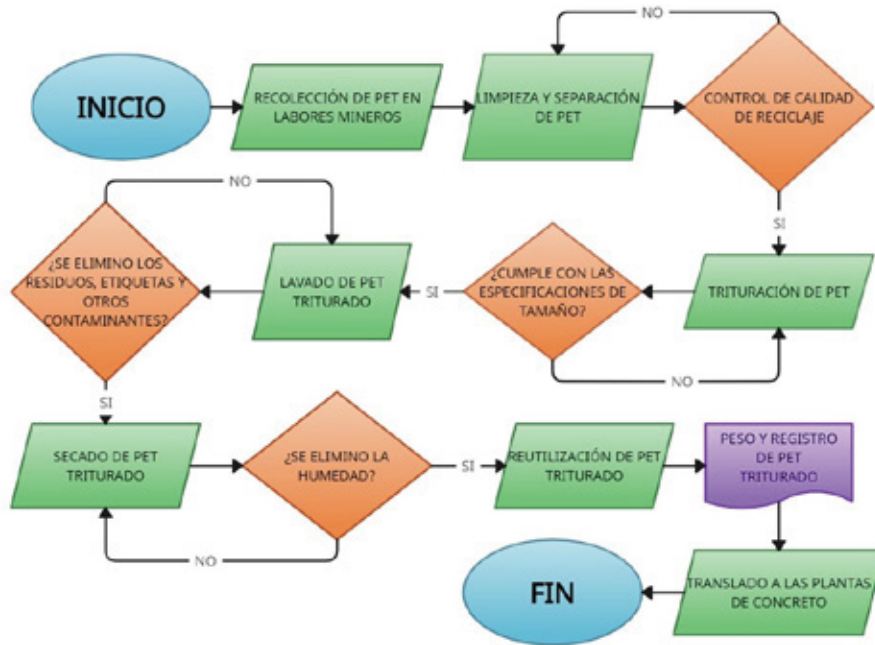


Figura 7. Proceso de recuperación del PET para reutilización  
*Elaboración propia*

Las máquinas trituradoras de PET pueden variar en tamaño, capacidad y complejidad según las necesidades de reciclaje de la planta y la cantidad de material que se procese. Es

importante que estas máquinas cumplan con estándares de seguridad y calidad para garantizar un proceso eficiente y seguro.

**Fundición y extrusión:** Las escamas trituradas se funden y se extruyen para formar nuevos productos de PET, como laminas, fibras o viruta. Durante este proceso, se cuida que no existan impurezas que puedan contaminar el acopio.

**Acopio de nuevos productos:** El material triturado, se acopia en costales limpios para ser entregados en la Planta de Concreto, cerrando así el ciclo de reciclaje y reutilización.



*Figura 8.  
Presentación de material triturado para acopio y reutilización  
Elaboración propia*

### **Formulación y preparación de muestras de shotcrete reforzado**

El primer paso del método de solución implica la formulación y preparación de muestras de shotcrete reforzado con PET reciclado. Para esto, se seleccionan las proporciones adecuadas de shotcrete lanzado, junto con el PET reciclado como refuerzo polimérico. Se realizan pruebas preliminares para determinar la cantidad óptima de PET reciclado a incorporar, considerando tanto las propiedades mecánicas como la trabajabilidad del material. Se emplearon 5 Kilogramos de PET reciclado para un metro cúbico de shotcrete

Una vez definida la formulación, se procede a la preparación de las muestras de shotcrete en condiciones controladas de laboratorio. Se utiliza equipo especializado para mezclar y proyectar el shotcrete sobre paneles o moldes que permitan la realización de pruebas estandarizadas.



## Pruebas de laboratorio para evaluación de propiedades

El siguiente paso consiste en llevar a cabo pruebas de laboratorio para evaluar las propiedades mecánicas y ambientales del shotcrete reforzado con PET reciclado.

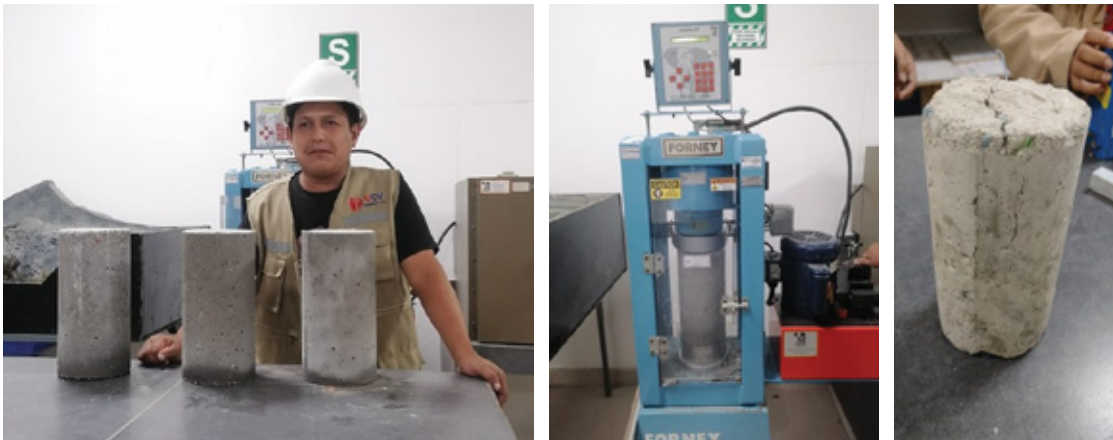
### Resistencia a la compresión:

**Mejora de la resistencia estructural:** El PET reciclado contribuye a mejorar la resistencia a la compresión del shotcrete, lo que resulta en una mayor capacidad para soportar cargas aplicadas en dirección axial.

**Optimización del diseño estructural:** Las pruebas de laboratorio permiten determinar la resistencia a la compresión del shotcrete reforzado con PET reciclado, lo que ayuda a los ingenieros a diseñar estructuras más eficientes y seguras en entornos mineros.

**Resistencia a la Tracción:** La incorporación de PET reciclado aumenta la capacidad del shotcrete para resistir fuerzas de tracción, lo que es esencial para mantener la estabilidad de las estructuras en entornos mineros sujetos a movimientos de tierra y cargas dinámicas.

**Adherencia:** Las pruebas de laboratorio permitieron evaluar y mejorar la adherencia del shotcrete reforzado con PET reciclado a sustratos típicos utilizados en aplicaciones mineras, garantizando una fijación adecuada y duradera en diferentes condiciones ambientales.



*Figura 9. Probetas durante y posterior al ensayo de compresión y tracción  
Elaboración propia*

**Permeabilidad:** Reducción de la infiltración de agua, dado que el PET reciclado contribuye a reducir la permeabilidad del shotcrete, lo que ayuda a prevenir la infiltración de agua y otros fluidos en el sostenimiento de mina, minimizando así el riesgo de daños estructurales y mejorando la seguridad en el lugar de trabajo.

**Durabilidad:** Mejora de la resistencia a la abrasión y corrosión. Las pruebas de laboratorio demuestran la capacidad del shotcrete reforzado con PET reciclado para resistir la abrasión, corrosión y ciclos de congelación/descongelación, lo que garantiza una mayor durabilidad y vida útil en rocas incompetentes.

Estas pruebas se realizan de acuerdo con estándares internacionales reconocidos para asegurar la precisión y comparabilidad de los resultados obtenidos.

### Análisis de resultados

Una vez completadas las pruebas de laboratorio, se procede al análisis de los resultados obtenidos. Se comparan las propiedades mecánicas y ambientales del shotcrete reforzado con PET reciclado con las del shotcrete tradicional. Se identifican y discuten las mejoras significativas en resistencia, durabilidad y sostenibilidad del shotcrete reforzado, así como cualquier limitación o desafío encontrado durante las pruebas.

Tabla 4. Análisis comparativo de valores

	UM	Con fibra sintética	Aplicación de PET
Proporción en 1m <sup>3</sup> Shotcrete	Kg/m <sup>3</sup>	4	5
Resistencia temprana a 4 horas	MPa	3.8	3.7
Índice de rebote	%	13%	16%
Peso unitario	Kg	2290	2272
Volumen relativo	m <sup>3</sup>	1.00	1.02
Slump a 30 minutos	Pulgadas	7.5	7
Densidad de mezcla	Kg/m <sup>3</sup>	2.290	2.227
Ensayos de compresión 7 d.	Kg/cm <sup>2</sup>	274	284
Ensayos de compresión 28 d.	Kg/cm <sup>2</sup>	327	336
Resistencia a la flexo-tracción:			
Absorción de Energía	Joules	807.1	458.6

Siguiendo la Norma ASTM C496 / C496M, "Método de prueba estándar para resistencia a la tracción por hendimiento de muestras cilíndricas de concreto" en el laboratorio de concreto de la Universidad César Vallejo, se realizaron los ensayos con 5 Kg de PET reciclado/m<sup>3</sup> de shotcrete y con 6 Kg de PET reciclado/m<sup>3</sup> de shotcrete. Concluyendo las propiedades Mecánicas Mejoradas del Shotcrete con PET reciclado:

- Resistencia a la tracción: Incremento de hasta 3%, llegando a 4.5 MPa
- Módulo de elasticidad: Reducción del 5-10% (aumentando la ductilidad) mejorando la capacidad de absorción de energía.
- Adherencia al sustrato: Mejora de hasta 8%, alcanzando 1.2-1.5 MPa en pruebas de adherencia.
- Permeabilidad: Disminución de hasta 12%, con coeficientes de permeabilidad por debajo de  $1 \times 10^{-12}$  m/s.
- Durabilidad (resistencia a ciclos de congelación-descongelación): Hasta un 22% de mejora, manteniendo más del 95% de la resistencia original después de 30 ciclos.





*Figura 10*  
*Comparación de las pruebas de tracción en ambos escenarios*  
*Elaboración propia*

## RESULTADOS

### Propiedades mecánicas del shotcrete reforzado con pet reciclado

Durante las pruebas de laboratorio, se evaluaron las propiedades mecánicas claves del shotcrete reforzado con PET reciclado en comparación con el shotcrete tradicional utilizado en minería. Los resultados revelaron mejoras significativas en varias áreas:

Resistencia a la Compresión: Se observó un aumento notable en la resistencia a la compresión del shotcrete reforzado con PET reciclado en comparación con el shotcrete tradicional. Esto se atribuye a la naturaleza resistente y la distribución uniforme de las fibras de PET en la matriz de concreto, que actúan como refuerzo estructural.

Resistencia a la Tracción: Las pruebas de tracción mostraron una mejora sustancial en la resistencia a la tracción del shotcrete reforzado, lo que indica una mayor capacidad para resistir fuerzas de tracción y deformaciones. Para ello fue clave considerar la forma del PET triturado semejante a la fibra sintética.

Adherencia: Se observó una excelente adherencia del shotcrete reforzado con PET a los sustratos utilizados en aplicaciones mineras, lo que sugiere una buena integración y estabilidad del material en diferentes condiciones de operación. La rugosidad de las láminas trituradas de PET permite en esta propiedad mejoras de hasta 8%, alcanzando 1.2-1.5 MPa en pruebas de adherencia.

Permeabilidad: Se registró una reducción significativa en la permeabilidad del shotcrete reforzado, lo que indica una mayor resistencia a la infiltración de agua y otros fluidos. Esto es crucial para garantizar la durabilidad y la protección de las estructuras subterráneas en

entornos mineros. Disminución de hasta 12%, con coeficientes de permeabilidad por debajo de  $1 \times 10^{-12}$  m/s.

Módulo de elasticidad: Reducción del 5-10% (aumentando la ductilidad) mejorando la capacidad de absorción de energía.

Durabilidad: Las pruebas de resistencia a la abrasión, corrosión y ciclos de congelación/descongelación demostraron una mejora notable en la durabilidad del shotcrete reforzado con PET. Esto sugiere una mayor vida útil y menor necesidad de mantenimiento en comparación con el shotcrete tradicional. Incrementó un 22% de la resistencia original después de 30 ciclos.

### **Análisis de impacto ambiental y sostenibilidad**

Otro aspecto importante de la investigación fue el análisis del impacto ambiental y la sostenibilidad del uso de PET reciclado en el shotcrete para la industria minera. Los resultados revelaron beneficios significativos en términos de sostenibilidad:

Reducción de Residuos Plásticos: La incorporación de PET reciclado en el shotcrete ayudó a reducir la cantidad de residuos plásticos que de otro modo terminarían en vertederos o en el medio ambiente. Esto contribuye directamente a la gestión responsable de los residuos y a la promoción de prácticas más sostenibles.

Menor Huella de Carbono: Se observó una reducción en la huella de carbono asociada con la producción y aplicación del shotcrete reforzado con PET reciclado. Esto se debe a la menor cantidad de materiales vírgenes utilizados y a la energía requerida para la fabricación del material. Reciclar y reutilizar, reduce entre 47-57 gramos de CO<sub>2</sub> por botella. Esto representa una reducción del 90-95% en la huella de carbono comparado con la producción de una nueva botella, equivalente, aproximadamente, al carbono secuestrado por unos 780 árboles creciendo durante 10 años.

Ciclo de Vida Mejorado: El análisis del ciclo de vida del shotcrete reforzado con PET reciclado mostró una mejora en la eficiencia y la sostenibilidad a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. Esto refuerza el enfoque de economía circular en minería.

### **Viabilidad técnica y económica**

Los resultados indicaron el uso de PET reciclado como refuerzo en el shotcrete demostró ser técnicamente viable, con mejoras significativas en las propiedades mecánicas y la durabilidad del material. Las pruebas de laboratorio respaldaron la eficacia del PET reciclado como material polimérico en aplicaciones de construcción. Ver tabla 5

Tabla 5. Comparación de las propiedades físicas y químicas

	<b>Fibra sintética XTRUDER-s</b>	<b>Tereftalato de polietileno</b>
Material	100% Polipropileno virgen	PET
Dimensiones, Largo, mm	48/54/65	40 a 50
Módulo Mpa	> 9.000	> 4.500
Color	Transparente o negra	Transparente
Conductividad Eléctrica	Baja	Baja
Resistencia Mpa	> 670	> 720
Resistencia alcalina, sales y ácidos	Excelente	Buena
Punto de Fusión	170° C	250° C
Densidad	0,91 g/cm <sup>3</sup>	1,34 g/cm <sup>3</sup>

Tabla 6 Análisis de flujos y de ahorros

<b>Parámetros</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de Medida</b>
Colaboradores en total:	500	Colaboradores/día en mina
Consumo promedio:	5	botellas/persona
Generación de PET:	2,500	Botellas/día en mina
Trituración para 1Kg de PET:	35	Botellas
PET Triturado generado:	71.43	Kg/día
	2142.86	Kg/mes
Costo generación PET reutilizado:	1.05	USD/Kg
Costo de la fibra sintética:	4.30	USD/Kg
Empleo por m <sup>3</sup> de shotcrete:		
PET	5	Kg de PET triturado
Fibra sintética	4	Kg de Fibra
Costo dentro de 1m <sup>3</sup> Shotcrete:		
PET	5.25	USD
Fibra sintética	17.2	USD
Ahorro equivalente:	11.95	USD/m <sup>3</sup> de shotcrete
Programa mensual de lanzado:	3,300	m <sup>3</sup> de shotcrete en total
Programa mensual de lanzado:	429	m <sup>3</sup> de shotcrete con PET
Incidencia de uso:	13%	Shotcrete con PET/Shotcrete Total Mina
Ahorro mensual en aplicación:	5,121	USD
Inversión básica:	15,000	USD
Retorno de inversión	3	Meses

Ahorros totales	US \$ en la aplicación
Ahorro al usar PET en Shotcrete	5.121,43
Mano de obra en reciclaje (SIG)	2.850,00
Impacto ambiental	160,75
Segregación y transporte	450,00
Suma de ahorros mensuales	8.582,18

En cuanto a la viabilidad económica, si bien inicialmente puede haber costos adicionales asociados con la incorporación de PET reciclado, el análisis económico mostró que, a largo plazo, el shotcrete reforzado con PET puede ser económicamente viable. Los beneficios en términos de menor mantenimiento, mayor vida útil de las estructuras y la reducción de costos ambientales compensan los costos iniciales.

La tabla 6 presenta un análisis general del proyecto

### Análisis proyectado de ahorros

- El uso de PET reciclado se mostró técnicamente viable y, a largo plazo, económicamente rentable, considerando los beneficios en términos de menor mantenimiento y mayor durabilidad
- Se puede comparar con la depreciación de un jumbo de un brazo en 4 años.

### Impacto potencial

El proyecto puede tener un impacto potencial significativo en la industria minera y en sostenimiento de la minería sostenible. Algunas recomendaciones derivadas de los resultados incluyen:

- Implementación Práctica: Se recomienda la implementación gradual del shotcrete reforzado con PET reciclado en proyectos mineros, comenzando por aplicaciones no críticas y evaluando su desempeño a lo largo del tiempo.
- Investigaciones Adicionales: Se sugiere la realización de investigaciones adicionales para explorar diferentes formulaciones de shotcrete reforzado, el efecto de variables como la concentración de fibras de PET y el impacto a largo plazo en la durabilidad y sostenibilidad.
- Educación y Concienciación: Es importante educar y concienciar a las partes interesadas sobre los beneficios del uso de materiales reciclados en la construcción y la importancia de adoptar prácticas más sostenibles en la industria minera.
- El shotcrete representa generalmente entre el 5-8% de los costos operativos en minería subterránea, su consumo anual alcanza de 400,000 a 500,000 metros cúbicos de shotcrete en el sector minero peruano. Existe la tendencia de aumento en el uso de fibras sintéticas en lugar de malla de acero para el Sostenimiento Dinámico. Se resalta que, por cada empleo directo en la producción de shotcrete, se pueden generar de 2 a 3 empleos indirectos en la cadena de suministro.

### Limitaciones y áreas de mejora

Es importante reconocer que hay ciertas limitaciones y áreas de mejora que deben abordarse en futuros estudios:

- Limitaciones de las Pruebas de Laboratorio: Si bien las pruebas de laboratorio proporcionaron resultados prometedores, es necesario validar los hallazgos en condiciones reales de aplicación en entornos mineros para garantizar la fiabilidad y la eficacia del shotcrete reforzado con PET reciclado en situaciones prácticas.
- Consideraciones de Escala e Implementación: La implementación a gran escala del shotcrete reforzado con PET puede plantear desafíos logísticos y económicos adicionales que deben abordarse cuidadosamente. Se requiere una planificación adecuada y colaboración entre diferentes partes interesadas para garantizar una implementación exitosa y rentable.
- Impacto Socioeconómico: Además del impacto ambiental y técnico, es importante evaluar el impacto socioeconómico del uso de PET reciclado en la industria minera, considerando aspectos como la generación de empleo, la aceptación del mercado y la contribución a la economía local y regional.

### CONCLUSIONES

- La investigación confirmó la eficacia del PET reciclado como refuerzo en el shotcrete utilizado en aplicaciones mineras. Las pruebas de laboratorio demostraron de manera concluyente que la incorporación de fibras de PET reciclado mejora significativamente las propiedades mecánicas y la durabilidad del shotcrete, lo que contribuye a una mayor resistencia y estabilidad de las estructuras subterráneas en entornos mineros.
- Uno de los hallazgos más destacados de la investigación fue el impacto ambiental positivo del uso de PET reciclado en el shotcrete. La reducción de residuos plásticos, la disminución de la huella de carbono y la mejora en el ciclo de vida del material son aspectos clave que respaldan la adopción de prácticas más sostenibles en la industria minera. Esto no solo beneficia al medio ambiente, sino que también puede mejorar la imagen y reputación de las empresas mineras ante la sociedad y los inversores.
- La investigación demostró que el shotcrete reforzado con PET reciclado es técnicamente viable y económicamente rentable a largo plazo. Si bien puede haber costos iniciales adicionales asociados con la incorporación de PET reciclado, los beneficios en términos de menor mantenimiento, mayor durabilidad y reducción de costos ambientales compensan estos costos adicionales, haciendo que la inversión sea justificable y atractiva para las empresas mineras.

**REFERENCIAS**

- [1]. J. A. Saucedo R., J. J. Atoche Z. & S. P. Muñoz P. Uso de los agregados PET en la elaboración del concreto: Revisión de la literatura. *Avances Investigación En Ingeniería*, 18, 2 (2021). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.6942>
- [2]. L.I. Ávila C., G. Martínez-Barrera, C.E. Barrera-Díaz, F. Ureña N., & A. Loza Y. PET de desecho y su uso en concreto. *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción*. Barcelona, España: OmniaScience. 95-122. (2015). Doi: <http://dx.doi.org/10.3926/oms.246>
- [3]. Y. Castro, J. R., Delgado, & J. J. Cáceres. Análisis del índice de impacto térmico generado en un ambiente subterráneo, *Respuestas*, vol. 19, no. 2, pp. 32-40. (2014). <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/435>
- [4]. M. Celi S. Análisis del sistema constructivo con botellas recicladas PET, y su aplicación en el diseño de un centro de exposición y capacitación para la Planta de Reciclaje de la ciudad de Loja. Tesis de Arquitectura. UTPL. Loja. (2013). <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/7663>
- [5]. E. Toledo, G. Mendoza, & T. Gallarday. Sostenimiento económico y seguro para excavaciones subterráneas. *Revista Del Instituto De investigación De La Facultad De Minas, Metalurgia Y Ciencias geográficas UNMSM*, 14(28). (2011). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v14i28.655>
- [6]. Gilbert, R., & Bernard, E. (2018). Post-cracking ductility of fibre reinforced concrete linings in combined bending and compression. *Sciense Direct*, 9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.02.010>
- [7]. ASTM C1550 Internacional. (2020). Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel). United States. Recuperado de <https://www.astm.org/c1550-20.html>
- [8]. Decreto Supremo N° 024-2016-EM y modificatoria Decreto Supremo N° 023-2017-EM [https://minem.gob.pe/\\_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=10221](https://minem.gob.pe/_legislacionM.php?idSector=1&idLegislacion=10221)
- [9]. ACI PRC-506-22: Shotcrete Guide (2022). [https://books.google.com.pe/books/about/ACI\\_PRC\\_506\\_22\\_Shotcrete\\_Guide.html?id=zvqSzwEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/ACI_PRC_506_22_Shotcrete_Guide.html?id=zvqSzwEACAAJ&redir_esc=y)
- [10]. Tecnología del Plástico. *Revista Axioma B2B*. (2024) <https://www.plastico.com/es/revista-digital/microplasticos-que-tan-grande-es-el-problema>
- [11]. Ministerio de Energía y Minas de Perú (MINEM): [www.minem.gob.pe](http://www.minem.gob.pe)
- [12]. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET): [www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)
- [13]. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE): [www.snmpe.org.pe](http://www.snmpe.org.pe)
- [14]. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP): [www.cip.org.pe](http://www.cip.org.pe)
- [15]. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI): [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)
- [16]. Banco Central de Reserva del Perú (BCRP): [www.bcrp.gob.pe](http://www.bcrp.gob.pe)
- [17]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA): [www.oefa.gob.pe](http://www.oefa.gob.pe)
- [18]. Ministerio del Ambiente (MINAM): [www.gob.pe/minam](http://www.gob.pe/minam)
- [19]. Sociedad Nacional de Industrias (SNI): [www.sni.org.pe](http://www.sni.org.pe)

Las referencias de internet fueron consultadas en 2023-24



## **LAS CERTIFICACIONES LEED ¡HAGAMOS QUE LOS EDIFICIOS SE VISTAN DE VERDE!**

**Andrea Puentes Pardo**

*Arquitecta*

*Acreditación internacional LEED GREEN ASSOCIATE*

*andrea.puentes@soportica.com*

**Resumen:** La sostenibilidad ambiental se centra en reducir el impacto negativo de las actividades humanas en el medio ambiente, promoviendo el uso eficiente de recursos, la reducción de emisiones y la preservación de ecosistemas. En la construcción, esto se traduce en edificios que minimizan el consumo de energía, agua y materiales, al tiempo que mejoran la calidad del entorno para sus ocupantes.

Las certificaciones LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) son un sistema de clasificación globalmente reconocido que evalúa el desempeño ambiental de edificios. Desarrollado por el U.S. Green Building Council (USGBC), LEED fomenta la adopción de prácticas sostenibles mediante un sistema de puntos que abarca áreas como energía, agua, materiales, calidad del aire interior y ubicación. Los edificios pueden obtener diferentes niveles de certificación (Certified, Silver, Gold, Platinum) según el número de puntos alcanzados.

Obtener una certificación LEED no solo mejora la eficiencia operativa de un edificio, sino que también añade valor a la propiedad, reduce costos a largo plazo, y contribuye positivamente a la imagen corporativa y a la responsabilidad ambiental de la empresa.

**Palabras clave:** Reducción de impacto negativo, Minimización de consumos, Prácticas sostenibles, Reducción de costos, Edificaciones, Certificaciones LEED

### **DESAFÍOS DE LA SOSTENIBILIDAD**

Sin duda alguna uno de los principales desafíos por los que atraviesa la humanidad, es el desarrollo de prácticas de sostenibilidad ambiental y de eficiencia energética.

Cada acción es importante en este proceso y es un aporte significativo, ya que las actividades humanas como la producción y consumo de recursos naturales, la quema de combustibles fósiles, la contaminación del aire, el agua y la deforestación, han tenido un impacto funesto para el planeta llevándolo a condiciones extremas como el aumento de temperaturas globales, el derretimiento de los casquetes polares y eventos climáticos intensos.

La sobre explotación de los recursos naturales y la contaminación, están conduciendo a la extinción de muchas especies y la alteración de los ecosistemas produciendo una pérdida en la biodiversidad que a poco a poco producirá una degradación del hábitat.

Todos estos factores han originado escasez de recursos naturales como el agua dulce, los minerales y los combustibles fósiles, afectando en gran medida a las generaciones presentes y futuras.

Por esto la importancia de que en este mismo momento asumamos la responsabilidad de cuidar el planeta, ya que es el único hogar que tenemos, es necesario crear conciencia global de los beneficios inmediatos y a futuro como un compromiso con la tierra, utilizando nuestros recursos de manera responsable y equitativa para garantizar que las generaciones venideras puedan disfrutar de un planeta saludable. La sostenibilidad ambiental trae beneficios directos para el planeta mejorando la calidad de vida de las personas al garantizar el acceso al aire limpio, agua potable, alimentos saludables y un entorno habitable

Actualmente el desarrollo de nuevas tecnologías y productos para la eficiencia energética, así como las normas y códigos para edificaciones de bajo impacto, son prueba de la atención prestada a la sostenibilidad medioambiental, donde se proponen soluciones que puede ser tomadas por las personas y las comunidades: como la reducción de residuos, la adopción de fuentes de energía renovable, la conservación de la biodiversidad y la educación ambiental.

## **LAS CERTIFICACIONES LEED**

Dicho esto, hablar de certificaciones LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, por sus siglas en inglés) implica abordar un sistema de calificación ampliamente reconocido para la construcción y el diseño sostenible. Es un sistema de certificación utilizado en todo el mundo para evaluar y reconocer edificios y proyectos que cumplen con altos estándares de sostenibilidad y eficiencia energética. Entre los muchos beneficios de obtener una certificación LEED, se encuentran la reducción de costos operativos, la mejora de la salud y el bienestar de los ocupantes, la reducción de la huella de carbono y la promoción de prácticas sostenibles. Con la implementación de estos conceptos es posible conseguir un equilibrio entre rentabilidad y disminución de impactos y así asegurar la mejora continua del desempeño ambiental de las organizaciones, edificios nuevos, edificios existentes, interiores comerciales, viviendas y barrios.

## **PROCESO DE CERTIFICACION**

Implica la presentación de documentación que demuestra el cumplimiento de ciertos requisitos, seguido de una revisión por parte del Green Building Council (USGBC) o de la entidad local que administra LEED, donde priman los criterios exigidos por este ente calificador.

El sistema de calificación LEED se basa en el cumplimiento de una serie de prerequisites por medio de estrategias tangibles e intangibles y la obtención de créditos en cada una de las siete categorías o aspectos medio de estrategias de rendimiento, lo cual permite obtener un edificio integrado con el entorno de manera más eficiente que contribuye así al proceso de descarbonización a la vez que brinda salud y confort a sus ocupantes.

# HAZTE SOCIO SAI

Visita nuestra página web y nuestras redes sociales,  
llama al celular 3192896603 o visítanos en la dirección  
Cra. 43B #16-95 Of. 510-2, El Poblado, Medellín

## Juntos somos la fuerza de la razón



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**

La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 [@saiantioquia](https://www.instagram.com/saiantioquia)

- **Proceso integrativo**

La certificación LEED es voluntaria. Es el resultado de una elección que debe hacerse antes de iniciar un proyecto, ya que determina el camino a seguir durante todas las fases de construcción, desde la concepción hasta la construcción y el mantenimiento del edificio.

La posibilidad de obtener los créditos necesarios para recibir la certificación está directamente relacionada con la gestión del proyecto. El éxito solo es posible si se establece un método integral.

Desde el inicio, es necesario que los profesionales responsables de las distintas fases del proyecto trabajen en equipo. El trabajo en equipo permite desarrollar sinergias que pueden conducir a mejores resultados y al mismo tiempo, incrementan la posibilidad de obtener los créditos necesarios para la certificación. Habitualmente, un edificio LEED requiere ser pensado como un todo en cada uno de sus aspectos y sistemas.

LEED exige que el coste del edificio se evalúe a lo largo del tiempo, además de los costes iniciales, también los operativos y los de mantenimiento. Como contrapartida a este valor, se tendrá en consideración el impacto medioambiental y social del proyecto.

- **Sitios sostenibles**

Como ya se ha mencionado, en la certificación LEED, el entorno en el que se inserta un edificio es fundamental. La integración armónica en el ecosistema y en el sistema urbano resulta necesario para reducir al mínimo el impacto de la construcción. De especial importancia es la gestión de las aguas pluviales.

En el caso de áreas comprometidas desde el punto de vista medioambiental, también se deben tomar medidas de recuperación. La proximidad a sistemas de transporte es otro elemento que influye sobre la evaluación.

- **Uso eficiente del agua**

La gestión de los recursos hídricos se refiere al uso del agua, que debe ser racional, como a su eliminación, que debe tener el menor impacto posible sobre el sistema público de saneamiento. Además del ahorro de agua potable, resulta fundamental la recuperación de agua lluvia para el riego de zonas verdes.

- **Energía y atmósfera**

Reducir el consumo energético de las edificaciones es un objetivo importante en términos de sostenibilidad.

No solo se trata del consumo utilizado para la calefacción y la refrigeración, sino también para la iluminación, la producción de agua caliente sanitaria y la gestión del edificio.

Es posible obtener créditos adicionales si el suministro de energía procede de fuentes renovables e inagotables.

- **Materiales y recursos**

La elección de los materiales constructivos de los edificios se debe realizar desde la óptica de la economía circular y el ciclo de vida. Además, durante la fase constructiva, es necesario realizar una recogida selectiva y reducir al mínimo residuos de materiales no reciclables.

- **Calidad ambiental interior**

Esta categoría se centra en el bienestar de los usuarios del edificio y se refiere a la calidad del ambiente interior. Los prerequisites se basan en la calidad del aire y su correcta renovación, así como en el control de humos.

También es importante la iluminación y la ventilación natural de las estancias siendo de vital importancia la posibilidad de disponer de vistas al exterior.

- **Innovación en el diseño**

A pesar de que se indican los objetivos que se deben alcanzar en las diferentes categorías, el sistema LEED deja una amplia libertad en cuanto a la forma de alcanzarlos. Este apartado identifica e incluso premia la innovación en el diseño para la sostenibilidad.

- **Prioridad regional**

Entre los objetivos de la construcción sostenible indicados por la certificación LEED, existe una sección que prevé la mejora de los elementos del territorio local. De hecho, el sistema se adecua a las peculiaridades ambientales y constructivas del país en el que se adopta.

## **COMO OBTENER LA CERTIFICACION LEED**

Para obtener la certificación LEED, desarrollada por el US Green Building Council, el primer paso consiste en registrar el proyecto a través de internet en GBC. Para cada prerequisite y crédito que se quiera obtener, será necesario recopilar la documentación requerida y enviarla al GBCE. Esta documentación será examinada para evaluar la coherencia de las soluciones adoptadas con los créditos que se pretende obtener.

Durante la fase de construcción, se cubrirán y enviarán formularios diseñados para evaluar los criterios identificados en la fase previa. Al final de este procedimiento, el GBCI determinará el efectivo cumplimiento de los objetivos y cualquier posible modificación realizada.

Para obtener la certificación se deben cumplir los prerequisites y un número mínimo de créditos.



El coste de la certificación depende de la superficie real del inmueble. Dependiendo del tipo de edificación, también se puede pagar una cuota de inscripción.

Todos los proyectos que obtengan la aprobación LEED, reciben un certificado de reconocimiento el cual puede ser certificado leed, plata, oro y platino.

### **LA LEED GREEN ASSOCIATE**

La Leed Green Associate es una acreditación, un documento oficial que identifica a las personas como profesionales especializado y con conocimientos al más alto nivel acerca de todo lo relacionado con el proceso, bases, principios y prácticas necesarias para obtener la Certificación LEED en un edificio con características de sustentabilidad.

El organismo que regula esta credencial y que autoriza su entrega es el GBCI; Green Business Certification Inc. y aunque es muy importante y ubica en un espacio de autoridad acerca del tema, solo representa el inicio en esta carrera como experto en Certificación LEED.

Luego de esta acreditación si se desea continuar y profundizar en tu capacitación, se pueden obtener alguna de las especialidades, como:

- Certificación LEED AP BD+C (Building Design + Construction)
- Certificación LEED AP ID+C (Interior Design + Construction)
- Certificación LEED AP O+M (Operations + Maintenance)
- Certificación LEED AP ND (Neighborhood Development)
- Certificación LEED AP HOMES

### **ALGUNOS PROYECTOS CON CERTIFICACION LEED EN COLOMBIA**

La terminal principal del aeropuerto El Dorado fue la primera de su tipo en certificarse con la última versión del certificado LEED en operación y mantenimiento.

El colegio Rochester, en Bogotá, logró la recertificación Gold, convirtiéndose en el primer Colegio en Latinoamérica en alcanzar este reconocimiento.

El edificio corporativo de Amarilo, Bogotá, fue el primero en obtener la doble certificación LEED Platino, ahora está recertificado LEED v4.1.

Vivero Parque Residencial fue el primer proyecto urbano certificado en América Latina con LEED v4.1 para ciudades y comunidades por su plan y diseño, en nivel Oro.

### **BENEFICIOS TRIBUTARIOS EN COLOMBIA**

Se conceden beneficios tributarios para las empresas al adquirir inversiones que se demuestre tienen beneficios ambientales los cuales pueden estar asociado a los siguientes casos:

- Reducir el consumo de agua, combustible, materias primas, energía
- Reducir la generación de vertimientos, emisiones o residuos líquidos o sólidos
- Mejorar la calidad de los vertimientos, las emisiones o los residuos líquidos o sólidos
- Usar fuentes no convencionales de energía (eólica, solar, geotérmica, biomasa, entre otros)

Se pueden gestionar los siguientes incentivos tributarios por temas ambientales:

- Exclusión total o parcial de IVA
- Descuento del 25% de la inversión en el impuesto de renta
- Deducción del 50% de la inversión en la renta líquida
- Depreciación acelerada
- Arancel cero.

## REFERENCIAS

- [1].USGBC Leed credit library. Consultado en <https://www.usgbc.org/credits>
- [2].MEJÍA, ALBERTO. Gestión de Incentivos Tributarios Ambientales. Preguntas Frecuentes. 2022, consultado en <https://ambientalmente.com/incentivos-tributarios-ambientales-preguntas-frecuentes/>

Referencias consultadas en 2024

**EL PROCESO DE LA EXPERIENCIA COMUNITARIA DE LA URBANIZACIÓN LAS  
COMETAS EN MEDELLÍN (1991-2003)  
LA MANIFESTACIÓN DE LA ACCIÓN COLECTIVA EN UN MUNDO  
GLOBALIZADO**

**Jairo Fernando Niño Lozano; Roberto A. Padilla**

*Líderes comunitarios*

*jfninol@unal.edu.co*

**Resumen:**

El contenido de base de este artículo, en el cual también han participado otras personas, hace parte de un documento analítico de María Susana Mohamad G, del año 2.001, que luego se ha ido ampliando.

El análisis a la experiencia que vivió la comunidad de la Urbanización Las Cometas en Robledo-Medellín desde 1991 al año 2003 con relación a una visión de lo que algunos de sus líderes denominaron “las comunidades del futuro”, tuvo como contexto la potencial crisis sanitaria del Valle de Aburrá ante un inminente cierre del relleno sanitario “Curva de Rodas”.

Ante esta crisis, algunos líderes de esta comunidad tomaron la decisión de hacer de ella un laboratorio para encontrar una fórmula que involucrara la participación social, la ciencia y algo de tecnología aplicada. En esta decisión no se contemplaba la intervención de la Institucionalidad gubernamental. Desde su inicio se tuvo claro que esta era una experiencia comunitaria totalmente autónoma y de máxima autogestión.

Siete años después de haberse iniciado este laboratorio, los resultados fueron más que evidentes:

- De las veintitrés toneladas de residuos sólidos que generaban al mes las 286 familias de la comunidad, el operador del servicio público de aseo solo recogía dos toneladas/mes.
- Se había construido un incinerador cero emisiones de furanos y dioxinas para convertir en cenizas el porcentaje de residuos no orgánicos y que no tenían en ese momento ningún tipo de aprovechamiento.
- Con el acompañamiento del grupo interdisciplinario de estudios moleculares-GIEM- de la Universidad de Antioquia, se diseñó un nuevo proceso para el tratamiento y posterior aprovechamiento de los residuos orgánicos, que, en una primera fase hacia un aprovechamiento energético, y en una segunda fase, un aprovechamiento material.
- Corantioquia aprueba cuatrocientos (400) millones de pesos en 1.998 a esta iniciativa-proyecto, con los cuales se extendería a cinco mil familias de la Comuna de Robledo, los cuales la comunidad nunca pudo ejecutar (No se dio una respuesta por parte de la autoridad ambiental metropolitana a la no realización del proyecto financiado).

Una mirada objetiva veintiún años después de haberse terminado esta experiencia y ante el cierre actual (2023) del vaso Altaír del relleno sanitario Parque Ambiental La Pradera, se podría concluir que sí es posible construir nuevos modelos de sociedad, para lo cual se necesita un mayor nivel de conciencia, y se requiere un ciudadano empoderado y con amplia apertura mental para reaprender.

**Palabras clave:** Autonomía, Corantioquia, Desarrollo, GIEM, AMVA, Recuperar; Zero emisiones, Sustentabilidad, Foro mundial, DAMA, Comfama, SAI

## **DE LA INSEGURIDAD SOCIAL A UN PROYECTO DE COMUNIDAD SOSTENIBLE**

En 1991, Medellín vivía una situación de violencia insostenible, a causa de la guerra entre el estado y un sector del narcotráfico colombiano, y entre el estado y las guerrillas insurgentes, que habían consolidado importantes reductos de las llamadas “milicias urbanas”, en algunos de los barrios y comunas más deprimidos de la ciudad. Por aquella época, en el barrio Robledo de la Comuna 7, se entregan las primeras casas de una Urbanización llamada las Cometas, con capacidad para instalar a 286 familias. Robledo es un barrio de estratos 2 y 3 en el noroccidente de la ciudad.

En el proceso de entrega formal y legal de la Urbanización, la Empresa constructora requería, por ley, la formación de una Junta de Acción Comunal, y se contaba para este fin de una casa de campo, que se convierte en salón comunal.

En 1992 Corantioquia (Corporación autónoma) anuncia el cierre del Relleno sanitario de “Curva de Rodas”. Esta noticia genera impacto en algunos de los habitantes de la comunidad que ya tenían una mínima conciencia ambiental. La Cámara de Comercio de Medellín lanza entonces un concurso para la comunidad que más reciclara.

Se contactó entonces una Cooperativa de reciclaje (Recuperar) para que diera una capacitación, y con estos mínimos elementos se arrancó un Programa de separación de residuos y su reciclaje en la comunidad. Esta primera experiencia duró tan solo 8 meses, al cabo de los cuales se tuvo que interrumpirla por falta de apoyo y de visión.

Concluida esta primera etapa y aceptando que, por ejemplo, la falta de participación de la comunidad obedecía a la no existencia de un plan de sensibilización y educación, nos dedicamos entonces a trabajar con los niños, realizando actividades de educación ecológica, tales como: montaje de un criadero de conejos y un lombricultivo, charlas y caminatas y el establecimiento de un pequeño cultivo de hortalizas, utilizando la técnica de hidroponía y luego organopónicos.

Estas actividades fueron abriendo de nuevo las puertas de la comunidad, creándose un Comité Ecológico en la Junta de Acción Comunal. Este fue un paso muy importante de

reconocimiento de esta labor que permitió impulsar más iniciativas y sensibilizar a la comunidad sobre el tema ambiental.

A partir de este Proyecto se propuso en la Junta de Acción Comunal crear una empresa comunitaria para el manejo de los residuos sólidos. Así nace en 1998 PROECO (Procesos productivos ecológicos). La empresa se constituyó con 16 asociados, quienes aportaron un capital de \$100.000 cada uno, todos pertenecientes a la comunidad de las Cometas. La Junta de Acción Comunal en representación de toda la comunidad se constituyó en otro asociado con un aporte de \$1.000.0000 al capital semilla.

La materia prima de la empresa la aportó el 80% de las familias, quienes separaban de sus basuras: el residuo orgánico y el reciclable inorgánico. Con estos residuos se implementaron los programas de compostaje y lombricultivo, a lo que se le sumó un programa de hidroponía y de cultivos orgánicos de hortalizas.<sup>1</sup>

En 1999 las Cometas fue la única comunidad invitada a la Feria Internacional de residuos sólidos, realizada en Medellín y organizada por el Municipio y Empresas Varias de Medellín, en donde se tuvo la oportunidad de mostrar el proceso y conocer personas de México, Japón y países europeos, que luego, algunos de ellos visitaron la comunidad y conocieron el proyecto.

Se convirtió en un hecho cotidiano el que personas venidas de otros barrios y comunas de Medellín, visitaran las Cometas, conociendo el proyecto y asesorándose en cómo implementar una experiencia similar en los lugares donde estaban ubicadas sus viviendas. Esta situación y el manejo que se le dio, de compartir en forma absoluta la experiencia, le generó a las Cometas un gran reconocimiento en el Área Metropolitana (AMVA).

Igualmente, este proceso les permitió a sus líderes crear una visión compleja de lo vivido. Esta visión le dio un sentido concreto al proyecto y logró que lo que parecía una actividad comunitaria para mejorar los ingresos de la gente, se convirtiera en un generador de sentido y de identidad común.

## **LA CONSTRUCCIÓN DE COMUNIDADES SUSTENTABLES**

Como líderes y pioneros del proyecto en las Cometas, se concibió una visión que resultó de lo aprendido en el camino y del encuentro con ciertos postulados, como, por ejemplo, los de la Fundación Zero emisiones y la propuesta de Desarrollo a escala Humana de Manfred Max Neff.

---

<sup>1</sup> Cuando decidimos reciclar la materia orgánica, fundamos una empresa que necesitaba como capital 20 millones de pesos para hacer un montaje de reciclaje total. Conocida la propuesta de Gunter Pauli, nos comprometimos más con aquello de respetar los ecosistemas y seguir la naturaleza y sobre estas consideraciones decidimos plantearle a la comunidad la conformación de la empresa. Entrevista a Roberto Ángulo Padilla, J.A.C, Las Cometas, abril 14 de 2000.



Para entender esta visión, se hace en este documento un análisis de su contenido, una descripción de cómo se materializaron en acciones concretas, las proyecciones a futuro, el sentido de la visión de la comunidad y así entender los móviles de la acción: “Proponíamos la construcción de un nuevo modelo de sociedad, lo cual se inicia con pequeñas acciones, potencializando las comunidades para que crecieran y fortalecieran a la par. Este es un proceso de abajo hacia arriba y de construcción permanente”.

La visión parte del reconocimiento de la importancia de las micro organizaciones para lograr el desarrollo, no solo económico, también social, ambiental y cultural.

Estas organizaciones, que pueden ser no convencionales, logran tener reconocimiento de la sociedad y son las que hay que potencializar. A partir de estas organizaciones hay que lograr que el hombre se encuentre como sujeto, modificando la consideración actual que lo cataloga como un objeto (del desarrollo, de los planes y proyectos, etc.) que se comercializa, es una mercancía más, que se deprecia hasta el punto de considerarla desechable, aceptado por la sociedad y potencializado por el modelo de desarrollo, que prioriza lo económico sobre cualquier otra categoría. Esta visión valora la necesidad de iniciar el desarrollo a escala humana, porque puede lograr la manifestación del ser y vivenciarlo en el desarrollo de lo social, lo económico, ambiental y cultural (Sustentable). Fue así como en un esfuerzo conjunto se logró sobre un esquema (que luego se presentó en la Feria Internacional de residuos sólidos) expresar las metas a las que se aspiraban y la forma como se iban a lograr. En esta visión una de las iniciativas a desarrollar eran las que tenían que ver con la gestión ambiental. Ver figura 1:

En este esquema, las iniciativas se debían impulsar desde las organizaciones comunitarias de base y desde el individuo como en la concepción liberal de sociedad, es decir, el individuo se realiza a partir de su reconocimiento en lo colectivo. Partiendo de la colectividad, se alcanza un tipo de ciudadano con unos valores específicos: solidaridad, interdependencia en sus relaciones y sentido de pertenencia con su comunidad, lo cual hace posible lo que se denomina el desarrollo a escala humana, en donde el hombre puede autosostenerse para la vida, y en donde lo material colabora en la potencialización del ser-humano, y esto es posible en un contexto donde los individuos resuelven la subsistencia.

La construcción de redes comunitarias se da a partir de las micro organizaciones, que logran una autosostenibilidad económica y el cerramiento de los ciclos naturales. Se reconocen a sí mismas como autónomas, democráticas y participativas. Y así se llega al hombre que privilegia el ser sobre el tener, en suma, a la realización de un nuevo humano.

Analizando el proceso de construcción de esta visión hay que rescatar un elemento importante, y fue la capacidad de aprendizaje continuo tanto de la comunidad como de sus líderes. En otros términos, es la capacidad de ir incorporando aquellas experiencias que vienen de un sistema de valores. Para la comunidad de las Cometas, los valores más determinantes eran: la paz, la vida en comunidad, la integridad de ésta y la solidaridad

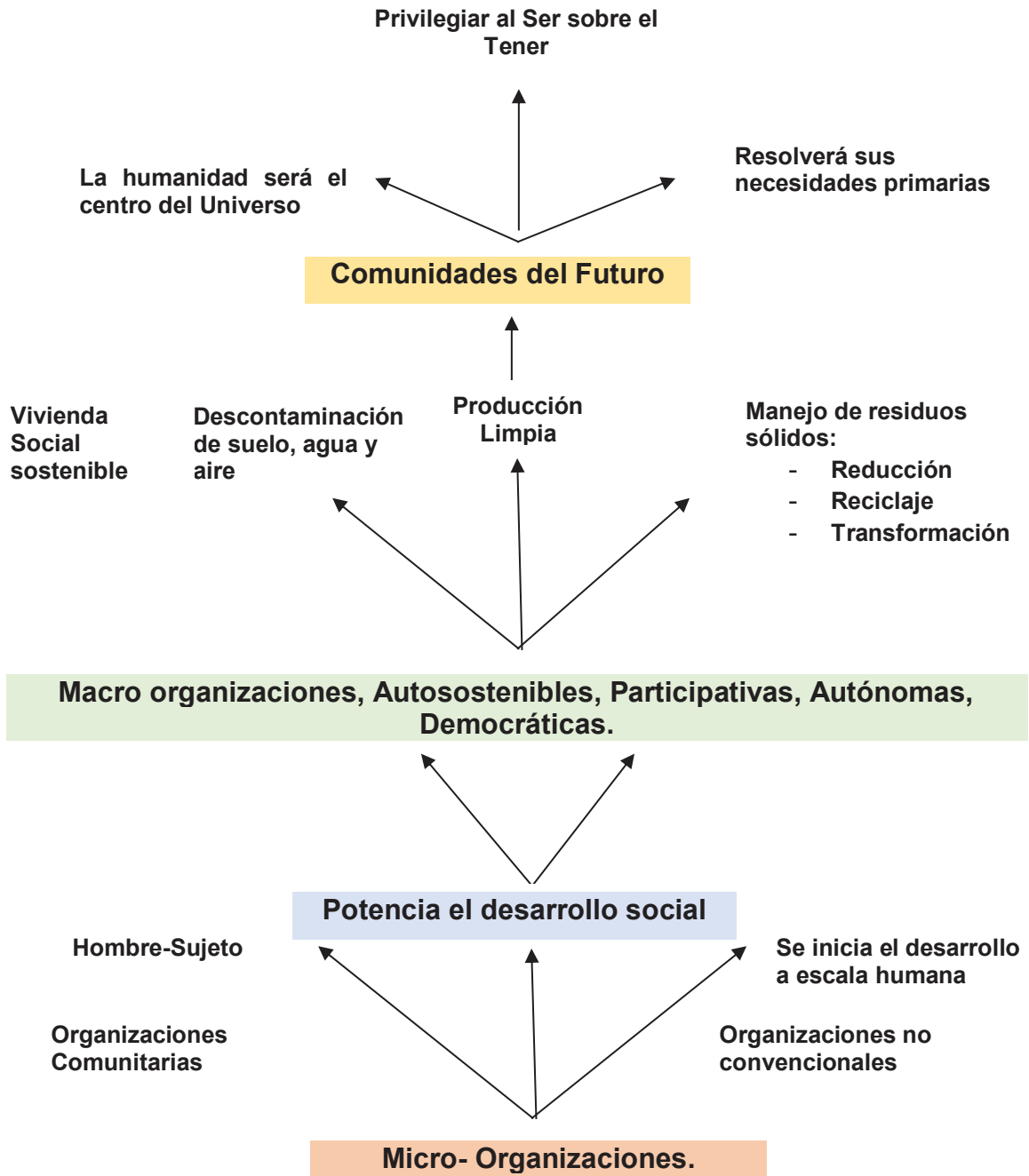


Figura 1. La construcción de las nuevas comunidades  
(Fuente: creación propia)

En 1.997 se logra el permiso para el cerramiento de la urbanización las Cometas, y esto aumentó la cohesión y la capacidad de acción en los habitantes. Al unirse durante cuatro años para reivindicar ese derecho a una vida tranquila y ejercer una batalla legal con el Estado, se

consolida el valor de la vida en comunidad y la solidaridad mutua. Estos valores son incorporados en la vida cotidiana de la gente, y sustentan la organización y visión de futuro que se estaba construyendo.

Un segundo elemento en la construcción de la visión fue el conocimiento adquirido por la comunidad y la capacidad de investigar a partir de la puesta en práctica de lo aprendido. Se supera el nivel de interés por un tema para llegar a entender a profundidad el mismo y relacionarlo con la propia realidad, a partir de la puesta en práctica de este conocimiento. Se logró sintetizar la experiencia práctica en el tema del manejo adecuado de los residuos sólidos, utilizando la experiencia de interacción con personas que conocían del tema, con investigación teórica y científica (GIEM U de A.) y con experimentos prácticos en la comunidad.

El papel de la Fundación Zero Emisiones también fue determinante para generar una visión más universal, que funda un compromiso profundo de los líderes de las Cometas hacia el desarrollo sustentable.

Este fue otro aspecto clave de la construcción de la visión, los valores, perspectivas y compromiso de los líderes. Un ejercicio del liderazgo que se aparta de la concepción tradicional del liderazgo en los procesos comunitarios, autoritaria y protagónica. En este sentido, ha sido la visión y convicción de los líderes frente al proceso lo que contribuyó a crear un proyecto con visión a largo plazo.

La visión de la comunidad se operacionalizó a partir de la realización de diferentes proyectos e iniciativas de la empresa comunitaria **-Proeco-** a través de diversos frentes de acción. Por ejemplo, de asesorías a otras comunidades en el manejo adecuado de los residuos sólidos. Se firmó un Contrato con Empresas Varias de Medellín y el Programa de Paz y Convivencia de la Alcaldía para resocializar a 20 líderes de bandas juveniles de los barrios Belén Altavista y Tricentenario. Proeco capacitó a estos líderes de las bandas juveniles en el concepto del desarrollo a escala humana, creación de empresas comunitarias y manejo adecuado de los residuos sólidos.

Otro frente de acción de la empresa comunitaria fue el apoyo al Proyecto de la celubiosa. Este es un material de construcción elaborado a partir de residuos con contenido de celulosa y que puede reemplazar en un porcentaje al cemento en las mezclas para preparar concreto. Se co0nsisera este material es más económico que las mezclas comunes de concreto, más livianos, sismorresistente y anti ruido y captura el CO<sub>2</sub>.

El tercer proyecto de la comunidad fue el incinerador. Este era un modelo diseñado y construido con recursos propios por un Ingeniero mecánico (Roberto Ángulo Padilla) residente en las Cometas, en el cual podrían ser incinerados los residuos inorgánicos, que son el 15% que no se podían aprovechar. Este era un incinerador considerado de cero emisiones, que produce vapor de agua y para el cual se buscó financiación con entidades del municipio para construirlo, gestión fallida en este propósito. El diseño portátil permitiría ser llevado a

otros lugares para prestar el servicio a terceros. El último proyecto que se trabajó fue con una ONG, la Fundación Convida, para montar una red alimentaria. En esta, un grupo de familias se unieron para comprar los alimentos y así ahorrar costos.

Sin embargo, las proyecciones de la comunidad iban más allá. Los anteriores eran los proyectos iniciales que le permitirían ganar status, credibilidad y mostrar resultados. Por ejemplo, en el año 2000, se generaron 11 empleos directos y 20 indirectos. El manejo con aprovechamiento del 85% de los residuos sólidos de la comunidad, aportándole de esta manera sólo el 15% de los residuos al relleno sanitario de Curva de Rodas.

A través de estos proyectos, Proeco y la comunidad plasmarían los nuevos valores. Se tenía certeza de que a partir de éstos se empezaría a generar individuos comprometidos y solidarios a partir de acciones colectivas con impacto social, fortaleciéndose de esta forma la visión de comunidades del futuro, en donde el hombre se reconoce como individuo a partir de su interacción con la comunidad. Los valores creados a partir de la actividad de la empresa comunitaria, inicialmente a través de sus asociados, estaban generando los cimientos para hacer real “las comunidades del futuro”.

Proeco llegó a tener 29 asociados, de los cuales, cuatro hacían parte de la Junta Directiva. De esos 29, diez entendieron a profundidad la visión y siempre mantenían disponibilidad de trabajo con la empresa comunitaria. La meta de los líderes con el proyecto y sus asociados era que éstos a mediano plazo entendieran hacia donde iba Proeco; que visualizaran que la conformación de dicha estructura organizacional perseguía algo muy trascendente: “la construcción de comunidades del futuro”. Se entendía que no era una tarea fácil, ya que tenía resistencias internas y externas (Foro Mundial sobre la tierra 1972), tal como se manifestó en el año 2001 con los recursos económicos aprobados por Corantioquia.

El avance de Proeco estaba amarrado a un cambio de cultura, un cambio en la mentalidad de la gente frente a su entorno, sus propios valores, paradigmas y la vida en comunidad, como también, propiciar desarrollo económico. Sin embargo, logró un apoyo fuerte y masivo. Un punto fundamental del proceso fue la capacidad de articular diversos campos de acción y de lograr flexibilidad organizacional, en fin, de construir bases sólidas para la formación de capital social.

## **LAS RELACIONES INTERINSTITUCIONALES DE LA COMUNIDAD**

En esta parte del documento se describe un mapa de relaciones que mantuvo la comunidad y cómo cada una de éstas aportó al proyecto. Se entenderá la diversidad de las mismas, para analizar el grado de capital social que se logró consolidar. A su vez, se analizan los mecanismos a través de los cuales la comunidad construyó estas relaciones y cómo las mantuvo a través del tiempo.

Las Cometas se organizaron de forma integral. Al contrario de lo que se pensó al principio, el proyecto ecológico era uno más que manejaba la comunidad. La organización comunitaria

estaba basada en la existencia de la Junta de Acción Comunal (JAC), que representaba los intereses de la comunidad hacia fuera, con la Secretaria de Desarrollo Comunitario del municipio de Medellín. Existía también una Junta Administradora, que se encargaba de velar por los recursos internos de la comunidad.

La Junta de Acción Comunal se organizó en dos Comités: El Comité Empresarial, representado en Proeco y que desarrollaba el proyecto de “manejo adecuado de los residuos sólidos”, siendo uno de los asociados la JAC. Y el Comité Cultural, que se encargaba de aquellas actividades que eran de interés general de la comunidad, entre las que se encontraban el grupo de teatro, el club de fútbol y un programa de capacitaciones comunitarias que se venía planeando. Para aquella época, la JAC también representaba a la comunidad en Asorobledal, que era la organización de las 24 Juntas de Acción Comunal de la Comuna 7. Proeco estaba íntimamente ligado a la organización de la JAC y a partir de esta relación el proyecto tenía apoyo de la Administración Municipal, presentándolo siempre como una iniciativa comunitaria a pesar de que jurídicamente fueran dos entes con características diferentes.

La empresa comunitaria tenía una Junta Directiva, compuesta por un gerente (quien tenía a cargo la gestión, administración y ejecución del proyecto ambiental), un secretario, un revisor fiscal y un tesorero. Los asociados de la empresa comunitaria aportaron un capital inicial, pero no estaban involucrados directamente en la ejecución de las actividades. Participaban en el diseño de las iniciativas y seguían el desarrollo de éstas.

Se pueden identificar hasta aquí diversos tipos de relaciones: por una parte, las relaciones del proyecto con los mismos habitantes de la comunidad; por otra, su relación con entidades del Estado, ONGS, empresas privadas, las universidades, organizaciones comunitarias y personas naturales que le aportaron diversos conocimientos y habilidades al mismo.

La comunidad fue hábil en identificar los talentos, conocimientos y habilidades naturales de sus habitantes para sus propósitos y esto se tradujo en un ahorro económico, una mayor participación de la gente en los procesos y eficacia en los mismos. Por ejemplo, Marta y Fernando no tenían otra actividad diferente a las que realizaban con Proeco y se dedicaron de tiempo completo a las actividades ambientales que requerían la empresa comunitaria, lo que permitió continuidad, sostenibilidad e impulso a Proeco.<sup>2</sup>

El material reciclable separado por cada vivienda era recogido por un operario, contratado por Proeco, llevado luego a una bodega al interior de la comunidad, en donde es reclasificado, empacado y comercializado. El residuo orgánico, era entregado por cada familia de la comunidad en 16 puntos, y luego, un operario los recogía, los llevaba a otro sitio de la

---

<sup>2</sup> En 1996, Marta y Fernando, de común acuerdo decidieron dedicarse de tiempo completo al Proyecto de la empresa comunitaria, porque según ellos, “el avance iba a ser muy lento de no existir una entrega total” (Entrevista con los líderes comunitarios, abril 18 de 2000).



comunidad en donde se había construido una planta de compostaje rústica. Allí eran tratados estos residuos orgánicos y transformados en compost.

El Ingeniero mecánico Roberto Ángulo Padilla diseñó y construyó el Proyecto de Incinerador, apoyado en los contactos que tenía en la Universidad de Antioquia. Fue él quien llevó por primera vez la información de Zeri a la comunidad de las Cometas.

Con el Ingeniero Luís Eduardo Cadavid de la comunidad, se propuso impulsar el proyecto de celubiosa desde la empresa donde laboraba, Edicontrol Ltda. Ingenieros, a través de un proyecto con el Banco Interamericano de Desarrollo y así plantear una solución estable para la comuna de Guayabal, un área que en el Plan de Ordenamiento Territorial había sido catalogada como corredor industrial y en donde la comunidad sufre el impacto ambiental que generan 900 empresas e industrias.

El proyecto crearía un Centro de información y transferencia de tecnología, en donde los industriales se capacitarían sobre el daño ambiental, pues la industria no era suficientemente consciente de este impacto negativo. La problemática fue estudiada por una Comisión del Concejo de Medellín, quien contactó a Proeco para que elaborara una propuesta ambiental sobre el tema, que involucrara la comunidad de la zona y las posibilidades tecnológicas para las empresas del sector; la comunidad a su vez se apoyó a la empresa Edicontrol, quien planteó la posibilidad de trabajar con el BID en este proyecto.

En la visión del desarrollo de comunidades del futuro, se trabajó con un pedagogo cubano, enfocado desde la lúdica quien estaba haciendo un trabajo de cooperación entre Cuba y Colombia en materia educativa y fue determinante en el planteamiento de la visión.

En 1999, entre varios proyectos, la Comuna siete, a través de sus representantes decidieron en una sesión de “Presupuesto participativo”, que al proyecto de “Manejo adecuado de residuos sólidos” que proponía Proeco-Urbanización Las Cometas, se le asignara una partida de cien millones de pesos, para ser extendido en veinticuatro barrios de la Comuna. Sin embargo, el Operador del Servicio Público sólo asignó 64 millones de los cien asignados.

Permanentemente la comunidad fue visitada por comunidades del municipio, del área metropolitana, de otras regiones del departamento y del país, por personas venidas de Ecuador, Venezuela, México y por el Programa de Animal Planet. Instituciones como Mi Rio, Secretaría de Agricultura del Departamento, el Departamento Administrativo de Medio Ambiente (DAMA), el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Corantioquia, La Umata y Desarrollo Comunitario<sup>3</sup> Escuelas y colegios de la ciudad, grupos de Veedurías ciudadanas y de estudiantes Universitarios (Ingeniería Sanitaria Universidad de Antioquia, Ingeniería Ambiental Universidad de Medellín, Escuela de Ingeniería, Pontificia Bolivariana,

---

<sup>3</sup> La Umata fue un apoyo muy importante en términos de recursos económicos y asesoría técnica para la implementación y orientación de los Programas de Cultivos Hidropónicos, agricultura orgánica y lombricultivo, con el acompañamiento del Asesor de dicha Entidad, Julián Arbeláez (JAC Las Cometas, abril 21 de 2000).

Universidad La Salle, Eafit, colegio INEM, y algunas escuelas entre otras); empresas privadas, Cajas de Compensación (Comfama) y la SAI (Sociedad Antioqueña de Ingeniero y Arquitectos)<sup>4</sup>. Con todas estas instituciones se mantuvo una actitud abierta, compartiendo todo el conocimiento desarrollado.

El tipo de relaciones que construyó la comunidad fue amplio y diverso en términos de sectores, intereses y propuestas, y así se logró que el proyecto de Proeco se convirtiera en un centro de convergencia de todos estos intereses, y se puede afirmar que la comunidad tenía un alto grado de capital social, en la medida en que existían fuertes lazos al interior de la misma, pero a la vez fueron capaces de interactuar eficazmente con otros sectores e instituciones.

La comunidad logró consolidar este nivel de relaciones a través del manejo de la información. Desde que se inició el proceso en las Cometas, algunos individuos de la comunidad emprendieron una experiencia de aprendizaje continuo, a partir de la interacción con entes externos y la retroalimentación que éstos le proporcionaron al proyecto de la comunidad.<sup>5</sup>

Proeco fue reconocido por diversas personas, que se alimentaban a fondo de esta experiencia e igualmente aportaban sus saberes. La visión mostrada en la figura 1 se constituyó para los líderes del proyecto en un reto a largo plazo y dio sentido a su labor en el día a día. Superado el egoísmo y el individualismo la meta era multiplicar el modelo en las demás comunidades. Ante la crisis ambiental-social, nació una nueva consciencia en donde protagonismo y el culto al personaje no tenía cabida. En el interior de la comunidad sucedía lo mismo, por lo que los contactos, información y oportunidades se compartían. En esa medida se fortalecieron valores como la solidaridad y el trabajo en equipo.

Un tercer elemento es el sentido que tuvo la información. En nuestra sociedad el conocimiento y la información tienen un precio, por lo que cuesta conseguirla. La interacción con varios grupos, instituciones y personas permitió una ampliación de los límites de la acción de la comunidad. El proceso se inició en la comunidad, pero a través del tiempo y de la experiencia se logró hacer una multiplicación en entidades del Estado, empresas y otras comunidades.

Se puede hacer una diferenciación entre los límites que logró la comunidad en la práctica, y los límites conceptuales de la acción. Los campos de acción que logró la comunidad se

---

<sup>4</sup> En el año 2000 las Cometas fue galardonada con distinciones especiales por parte del Consejo de Medellín y de la SAI por "Comunidad Modelo" e "Importancia del proyecto ambiental en ejecución" (JAC Las Cometas, abril 21 de 2000).

<sup>5</sup> Nosotros aprendimos la información en la experiencia, aprendiendo de la naturaleza, y se aprende que no hay que interrumpir ciclos. Al manejar la información uno tiene que hacer lo mismo, pero para hacer lo mismo hay que superar a nivel personal una limitante, y es este concepto mal manejado de que uno cree que el dar es perder, y dar no es perder, que dar es ganar, porque el que da recibe, (ENTREVISTA Marta y Fernando, abril 18 de 2000).

establecieron a través de los frentes de acción de ella misma: el proyecto de “Manejo adecuado de los residuos sólidos” y el aprovechamiento de un buen porcentaje de ellos.

Otro campo de acción fueron otras comunidades: los programas de resocialización de la delincuencia juvenil a través del proyecto de “Manejo adecuado de los residuos sólidos”. Proeco estaba logrando superar el límite de comunidad participante en los programas de Estado convirtiéndose en socia de los proyectos públicos. La comunidad compartía su experiencia, a la vez que veía realizada su visión, contribuyendo a que los fines más nobles del Estado se cristalizaran en acciones y proyectos concretos. Proeco incursionaba ya en el campo de la empresa privada en una mutua colaboración en la implementación y apropiación de tecnología y conocimiento; lo que la estaba llevando a interrelacionarse con los actores más relevantes de esta crisis, el sector privado.

En términos de los límites conceptuales de la acción, los miembros de la comunidad trascendieron sus posibilidades a un nivel global, a partir de la acción local. Se traspasó la frontera de los resultados concretos de los proyectos, pues en el fondo se entendió que la contribución estaba revolucionando la forma de organización social, la proyección de futuro de la comunidad y las acciones económicas, ambientales, culturales y políticas que se podían desarrollar.

En resumen, se dio una ampliación en los límites del paradigma de vida, que se alimentó a partir de la extensión de las fronteras de la acción en la práctica: “la gente está acostumbrada a que cómo siempre hay límites, entonces hasta ahí llegan, no se traspasan fronteras, porque nos da miedo, pereza, somos conformistas y nos falta iniciativa, la programación mental de la mente es reactiva, poco proactiva y de ahí los resultados.

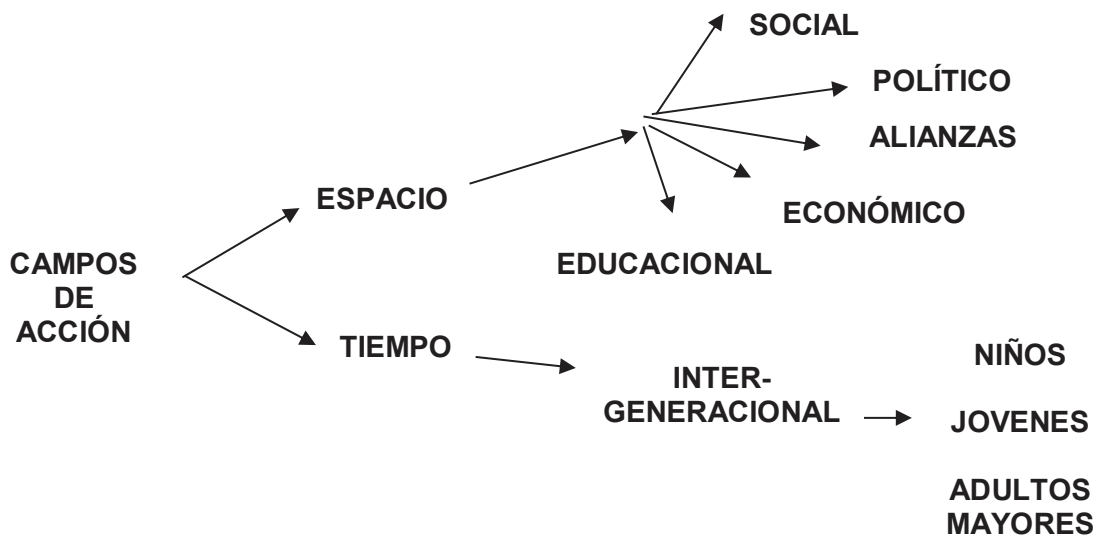


Figura 2. Campos de acción (Fuente: creación propia)

Clasificando los campos de acción en espacio y tiempo, se podría afirmar, en términos de espacio, que los proyectos de la comunidad se relacionaron a nivel organizacional en ámbitos sociales (con otras comunidades); en términos políticos (Asociación de Juntas de Acción Comunal de Robledo, Secretaría de Desarrollo Comunitario); en el terrenos de las alianzas (Empresas Varias de Medellín, Programa de Paz y Convivencia); en términos económicos (empresa privada) y en el plano educativo y de adquisición de conocimientos (escuelas de la ciudad, universidades, investigadores y profesionales). El proyecto también había involucrado a todos los estratos poblacionales (niños, jóvenes, adultos, adultos mayores).

En términos de tiempo el proceso logró una interacción de diversas generaciones alrededor de un mismo tema; se les dio un rol a los adultos mayores, a los jóvenes y a los niños, garantizando una permanencia de los valores y la visión, y continuidad. A estos actores se les había articulado a través del Comité Cultural; talleres organizados por la misma comunidad y el involucramiento de los jóvenes en los proyectos. Por ejemplo, en el de la resocialización de las pandillas juveniles se contó con la participación en campo de promotores ambientales de la comunidad, que en su mayoría eran jóvenes.

El proyecto generó múltiples relaciones al interior de la comunidad, como con otras entidades, lo que amplió los límites cognoscitivos y los campos de acción de la empresa comunitaria, logrando un impacto externo mucho más vasto que va de acuerdo con la visión que planteó la comunidad y sustentada en valores.

### **MEDIOS DE ACCIÓN: OBSTÁCULOS Y OPORTUNIDADES**

Las relaciones interinstitucionales que mantuvo Proeco-Las Cometas abrieron diversas oportunidades y colocaron al proceso ante disímiles obstáculos. Se identificaron tres tipos de obstáculos: la falta de conocimiento, la flexibilidad en el proceso de participación y la falta de recursos económicos. Se profundizó en las causas de los obstáculos y en las respuestas que fue encontrando la comunidad a los mismos para transformarlos en oportunidades.

La falta de conocimiento en muchos temas por parte de los gestores del proyecto, hizo que el progreso de las iniciativas fuese mucho más lento y muchas veces se limitaron los campos de acción. Ningún miembro de la empresa comunitaria conocía el tema del desarrollo sustentable antes de empezar la participación en el proceso; todos aprendieron sobre el manejo adecuado de los residuos sólidos, tecnologías apropiadas, microbiología y conceptos ecológicos sobre la marcha. Se generó entonces una actitud de aprendizaje continuo, que impulsó a buscar a quienes sabían lo que ellos desconocían, realizando para ello todos los contactos que fuesen necesarios. Se generó un círculo virtuoso: la falta de conocimiento los llevó a contactar a entidades y personas que tenían la información; estos contactos proporcionaron conocimiento y experiencias, fortaleciendo así el proyecto, lo que posteriormente condujo a contactar más entidades y personas en la búsqueda de más conocimientos.

Otra barrera enfrentada fue la participación de la gente cuando se empezaron a adquirir compromisos como empresa. Por una parte, aunque los asociados de la comunidad participaban en el proceso, esta participación, en general, se circunscribía al proyecto interno de la comunidad; en ocasiones Proeco se vio desbordado en capacidad para atender los compromisos externos.

Las causas se encontraban básicamente en la flexibilidad para participar que tenía la gente. La participación se relacionaba, en general, con una actitud voluntaria frente al trabajo de la empresa, pues la mayoría de los asociados derivaban su sustento con otras actividades. La clave en estas circunstancias fue encontrar actividades que tuvieran conexión con la profesión de las personas o los oficios de sus vidas cotidianas. Aun así, muchas veces las demandas externas no encontraban una respuesta por parte de los asociados.

Ésta produjo dos respuestas: una mayor concientización de los líderes de la necesidad de que nuevos asociados se vincularan y participaran del proyecto, lo cual se promovió a través de reuniones y actividades de capacitación, y, la necesidad de ampliar la perspectiva organizacional de la comunidad, con el fin de vincular personas no residentes en ella, lo que creó posibilidades de empleo y una mayor extensión del radio de acción.

Un tercer obstáculo fue la falta de recursos económicos. A pesar de que la empresa se había sostenido con las participaciones económicas que habían aportado los asociados de la comunidad, y otros ingresos derivados de su propia actividad, (venta de material reciclable), faltaba aún capital para desarrollar los proyectos. Esto motivó a la comunidad a participar en el Plan Operativo Anual de inversiones, en las actividades de la Secretaría de Desarrollo Comunitario, en el apoyo del Área Metropolitana y el acercamiento con la empresa privada.

En la medida en que el Estado no cumplía con los compromisos adquiridos, en la comunidad se fortaleció una conciencia de un vacío institucional-estatal que no respondía ante quienes los elegían. En este sentido, el enfoque en el desarrollo de las relaciones con la empresa privada fue fundamental para sobrepasar esta barrera. La actitud se centró también en la visión, por lo que no se produjo una desmovilización inmediata por la falta de recursos económicos.

Sin embargo, haciendo un balance de gestión, se puede concluir que lo que se creó a través de Proeco en estos años de funcionamiento fue principalmente la consolidación de una visión, un status como organización social y una ampliación de las posibilidades y el conocimiento de los actores del proyecto. Esto se puede constituir en una base sólida para la realización de futuras iniciativas.

### **LA TRASCENDENCIA DE LA VISIÓN: UN NUEVO PARADIGMA DE COMUNIDAD SUSTENTABLE**

La comunidad entendió el concepto de desarrollo sustentable con el contacto directo con la Fundación Zeri, incorporando el aspecto del manejo total de los residuos sólidos, la vivienda

sustentable, la descontaminación de aguas, suelos y aire, y comprende que la contaminación del suelo puede causar la contaminación del agua y el aire, por lo que se debía encontrar un modelo en donde no quedasen sobrantes, un modelo de cero emisiones.

Un segundo aspecto donde este primer contacto tiene influencia, es el de la magnitud que podía tener una acción comunitaria en este problema. Al analizar la experiencia de Zeri en el proyecto Gaviotas (Vichada), calificado por los científicos de Zeri, como el caso de desarrollo sustentable más importante a nivel mundial, en donde se había logrado un proceso de reforestación muy amplio, a través del cual se recuperó la biodiversidad de la región con la participación de la comunidad indígena. Allí se produce agua potable a partir de un proceso generado por el mismo proyecto, se utiliza como fuente de energía la energía solar, se extrae la colofonia de los árboles, la cual es comercializada en el mercado nacional.

El impacto de esta experiencia, Gaviotas, creó en la Junta de Acción Comunal y en los líderes del proceso, el sentimiento de que también eran capaces como comunidad de generar un proceso similar. Un aspecto fundamental es que se trataba de una comunidad en Colombia, en una región alejada del país, y no se estaba hablando de casos lejanos, en países y culturas extrañas y esto fue el motor de arranque para la creación de la empresa comunitaria: Proeco.

Sobre esta nueva concepción ecológica y otros insumos obtenidos a partir de la experiencia y de autores como Manfred Max-Neef (Premio Nóbel de Economía) es que Proeco empieza a generar su propio modelo de desarrollo comunitario. Un modelo que empezó a basarse en las características locales, sus necesidades, su propio marco legal y la construcción de una red que facilitara cumplir los propósitos propuestos.

Las similitudes entre la Fundación Zeri y Las Cometas radicaba en dos aspectos: la visión y la capacidad de aprendizaje continuo que hizo que el proceso avanzara y se desarrollara. Para Zeri, el concepto de coevolución en una comunidad sustentable tiene que ver con esto, significa la capacidad de aprender de la experiencia y la interacción con organizaciones y entes diversos para generar respuestas diversas a un mismo obstáculo o problema.

En el caso de las Cometas se notó cómo esta coevolución hacía parte fundamental del proceso, pues es a partir de la incursión en diversos campos de acción con diversas organizaciones y personas se adquirió gran parte del conocimiento para desarrollar el proyecto. Esto creó un ambiente con una multiplicidad de concepciones, de posibilidades y oportunidades; era un proceso abierto, similar a Zeri, en el sentido en que existía una visión clara, pero no un plan estratégico a seguir, sino más bien la interacción con diferentes entes que generaban oportunidades para operacionalizar esta visión. Esta es una característica fundamental, creada en la nueva sociedad red, y en las interacciones del contexto de globalización.

La concepción de cerrar los ciclos es claramente una influencia de Zeri en la visión de las Cometas. Sin embargo, en la comunidad esta concepción se amplió a todos los aspectos de



la organización social, no sólo en términos ambientales, sino también en lo que tenía que ver con las relaciones interpersonales, del sentido de la información, de la convivencia diaria.

Este entendimiento de las relaciones sociales lleva a tener actitudes de compartir, de ser solidario, de preocuparse por el avance de los procesos, “porque lo que beneficia a la comunidad me beneficia a mí; cerrar el ciclo en este caso significaba concebir el bienestar como una cuestión social, y no primordialmente individual. De esta forma, el bienestar individual puede conducir al malestar social, y por lo tanto, a largo plazo, también afectar el bienestar individual. Actuar en el bienestar propio teniendo en cuenta como afecta esto la colectividad es no interrumpir el ciclo social.

La comunidad logró construir un modelo que afianza y complementa en la práctica el modelo de comunidades sustentables de Zeri. Sin embargo, en el aspecto social, las Cometas superaron a las Gaviotas en el sentido de que, en la primera comunidad, la acción no fue inducida por ninguna organización o persona externa, sino que el proceso nace de la misma gente, tiene su génesis desde abajo y se desarrolló de esta forma. En cambio, en las Gaviotas el proceso social fue inducido por los fundadores del proyecto, por lo que los habitantes son participantes del proceso, pero no sus creadores y direccionadores.

## **EL TRABAJO EN RED Y LA INFORMACIÓN COMO RECURSO**

En el contexto de globalización se analizó cómo el trabajo en red era parte fundamental de la productividad a nivel económico. A su vez se entendió como la información se convirtió en el recurso máspreciado de la era del conocimiento y los sistemas de comunicaciones. Aunque la aceleración del proceso de comunicación a nivel planetario está ligado al avance de la tecnología, no necesariamente la concepción de red, tan fundamental en este tiempo está directamente relacionada con este avance tecnológico.

Al examinar la forma y estructura de trabajo de Proeco, se puede entender cómo se puede construir una red y trabajar bajo los paradigmas organizacionales del proceso de globalización, sin necesidad del acceso directo a la red de información del Internet. Lo que demuestra que en la era de la globalización, más que la tecnología, lo que ha cambiado profundamente es el entendimiento de nuestras formas de comunicación y de trabajo. Por otra parte, los líderes entendían que no siempre los progresos de la humanidad conducían a mayores niveles de equidad y armonía.

En la comunidad sustentable modelo Zeri, la flexibilidad o capacidad de adaptación en términos organizacionales es un aspecto fundamental. Zeri es una red flexible. Las Cometas, por su parte, era una organización mucho más estructurada. Tomando los conceptos de densidad, conectividad y jerarquía, se puede entender la diferencia.

Por una parte, la estructura de Las Cometas era la de empresa social comunitaria, figura novedosa que introdujo la Constitución de 1991, por lo que se basa en unos parámetros legales de Constitución. La estructura Junta Directiva-Asamblea de asociados, provocó una

centralización de la toma de decisiones en la Junta Directiva. Este aspecto se vio aún más determinado por la estructura de trabajo, en la que la participación directa de los asociados en los proyectos era aún voluntaria. Esto creó obstáculos en la ampliación de los campos de acción y también en la capacidad de respuesta a las demandas externas, que fueron producto de las oportunidades que la misma comunidad ocasionó durante el proceso. Proeco entendió estas limitaciones y planteó el trabajo por proyectos, donde los asociados se encargaban de desarrollar una iniciativa, soportado por la Junta Directiva. Esto generaría más autonomía para los asociados, y mayor descentralización y efectividad, reduciendo el nivel de jerarquía.

Aunque la comunidad trabajó con el concepto de red, a partir del manejo de la información y de las relaciones establecidas, y de su aptitud para el aprendizaje continuo, tuvo que encontrar formas de organización que facilitaran el proceso en el contexto local. Se privilegió entonces las formas reconocidas de organización, como la Junta de Acción Comunal, y otras no tan conocidas, como la Empresa Social Comunitaria.

Proeco fue pionera en la constitución de empresas sociales comunitarias. Esto reflejó la recursividad de la comunidad y la capacidad de innovación, al adaptar formas preestablecidas de organización, generando en la práctica, una nueva posibilidad a partir de los mecanismos de participación que se encontraban en la Constitución Política.

Esto permitió que Proeco constituyera una red de contactos bastante densa. La creación de una empresa de economía social, le proporcionó a la comunidad contratos como empresa y producir así ingresos para la gente de la comunidad. Esta doble posibilidad hizo que Proeco pudiera participar fácilmente en procesos sociales, empresariales, con organizaciones diversas, a la vez que pudo acceder a fondos con el Estado y a procesos con el mismo.

Su nivel de conectividad también se amplió. Los canales de comunicación del proceso estuvieron determinados a través de la interacción cara a cara. A través de reuniones entre asociados, charlas informativas entre Proeco y otras organizaciones, visitas continuas a entidades y un manejo de la información a través de los contactos personales, se facilitó el contacto con nuevas ideas, programas, proyectos y actividades que se realizaban en el medio, aumentando las oportunidades.

Un nodo esencial dentro de la red de las Cometas fue el acceso a las universidades, a través de personas de la comunidad que trabajan en alguna de estas instituciones, y a través de jóvenes universitarios de las Cometas. Esta participación de los universitarios fue muy importante, pues constantemente estaban trayendo no sólo oportunidades, sino también actualización académica a los proyectos.

La visión, el aprendizaje y la interacción con diversos grupos externos sentaron las bases de esta red funcional. Los individuos-nodos eran los que hacían posible el libre flujo de la información y eran también los conectores de las ideas y los proyectos en diversos ámbitos, el internet era una herramienta. Así se desarrolló el potencial de las personas, importante para la visión de fortalecer la participación comunitaria y el desarrollo social.

## ESTABLECIENDO IDENTIDAD: LAS COMETAS COMO UNA PROPUESTA DE IDENTIDAD

El cambio de una sociedad industrial al paradigma de la sociedad red, teorizado por Manuel Castells, lleva a un tema fundamental, ¿de dónde se deriva el sentido de la organización social en este nuevo contexto? Y, ¿cuáles son los elementos que caracterizan esta formación de la identidad?

Para este autor la identidad es la fuente de sentido, definida como la “identificación simbólica que realiza un actor social del objetivo de su acción”<sup>6</sup>. Castells define tres tipos de identidad que se producen en la era de la sociedad red. La identidad legitimadora, que proviene de la asimilación del discurso de los entes dominantes por los actores sociales, para legitimar la dominación. La identidad resistencia, las formas de resistencia no visibles a través de las cuales se organizan aquellos sectores estigmatizados a partir de valores contrarios a los dominantes. Y, la identidad proyecto, donde “los actores sociales, valiéndose de los materiales culturales de que disponen, construyen una nueva identidad que redefine su posición en la sociedad, buscando la transformación de toda la estructura social”<sup>7</sup>. Esta identidad proyecto produce sujetos, definidos como “el actor social colectivo mediante el cual los individuos alcanzan un sentido holístico en su experiencia”<sup>8</sup>

Para Castells, esta construcción de sentido no proviene de las organizaciones de la sociedad civil, desarticuladas a través de los flujos de sentido producidos en el nuevo contexto global, sino de la fuerza de las resistencias comunales. Es en la localidad, en lo comunal, en donde se producen relaciones de identificación mutua, para redefinir los símbolos y las conexiones de organización autónoma. Así surgió la paradoja de una política cada vez más local en un mundo estructurado por procesos globales”<sup>9</sup>.

Este proceso es una participación cada vez más activa de las comunidades urbanas en los asuntos del gobierno local, con su participación, tanto en la estructura como en la práctica de las iniciativas estatales. Esto generó sujetos sociales menos revolucionarios que legitimaban cada vez más el gobierno municipal en su accionar. El Estado se “descentraliza” y da “autonomía” en varios ámbitos del gobierno local.

El proceso de Las Cometas JAC-Proeco logró un amplio reconocimiento por parte del gobierno municipal, lo que se constituyó en una propuesta comunal al Estado, para trabajar hombro a hombro en la concientización de la problemática del medio ambiente en toda la ciudad.

---

<sup>6</sup> CASTELLS O.P.Cit.p.29

<sup>7</sup> . IBID.p.30

<sup>8</sup> CASTELLS O.P.Cit.p.32 Citando a TOURAINE, 1995, p.29 y 39.

<sup>9</sup> IBID.p.84

La comunidad también tuvo experiencias de confrontación con el gobierno local, pero con una actitud diferente a los enfrentamientos de protesta y uso de las vías de hecho tradicionales en las relaciones Estado-sociedad en Colombia.

La caracterización que hace Castells en su estudio de las formas de participación local y de generación de identidad a través del tema ambiental están relacionadas con los movimientos de en “mi patio trasero no”, más destacados en los Estados Unidos, en donde las localidades se organizan alrededor de un efecto ambiental que está poniendo en peligro la salud o la seguridad de los habitantes. Por ejemplo, comunidades que viven cercanas a plantas industriales, cuyos residuos afectan directamente el aire que respiran, o, el agua que consumen.

Con esta presión, el Estado interviene en la industria y toma medidas que logren una reivindicación de esta actividad con la comunidad. La Responsabilidad Social Corporativa es contemporánea a partir de la problemática ambiental, y también de la necesidad de las empresas de mantener una reputación “verde” que les permita posicionarse más fácilmente en los mercados, en una era en donde los consumidores exigen mayor responsabilidad empresarial al elegir sus opciones de compra.

El caso de Las Cometas se ubicaba en el ámbito de la identidad de proyecto, en términos de su propuesta sociológica y el entendimiento que tenían de su actividad empresarial:

*“Lo que nos motiva es la riqueza, pero otro tipo de riqueza y ésta es vivir en armonía con todo lo que nos rodea, pero para crear este tipo de riqueza tenemos que trabajar en una propuesta de desarrollo que nos permita la participación, dar todo nuestro potencial, pero que lo demos voluntariamente y aportar a otras comunidades y personas, que nos facilite suplir todas nuestras necesidades básicas, que nos lleve a un escenario de convivencia con todos y con todo.(...) Así es como se estaba direccionando el proceso.*

*Proeco no es un fin, es un medio, y lo que busca es eso, potencializar al humano, lograr con ello participación comunitaria, el desarrollo social, pero la organización sigue siendo un medio, el fin es la construcción de las comunidades del futuro, hacia allá estamos dirigiendo todo. Eso tiene que ser de mano y en llave con el Estado y de todo aquel que así lo crea; ahí no se puede ser excluyente”.*<sup>10</sup>

Proeco planteaba un proyecto de comunidad diferente al que se vive actualmente, basado en una realidad ambiental, política y social a partir de la cual se generó una propuesta. Así nos alejábamos de la concepción de Castells, pues su proceso no es reactivo frente al medio ambiente, sino que se logra articular un proyecto de comunidad a partir de la problemática ambiental, que permeaba nuestra autoconcepción como comunidad, los valores propios y nuestro proceso de construcción como sujetos-humanos.

---

<sup>10</sup> (ENTREVISTA Marta y Fernando Niño, marzo 30 de 2000)

Esta identidad se construyó a partir de la historia pasada de violencia de la comunidad, su interés por construir una nueva propuesta en el manejo de los llamados residuos sólidos, con el incentivo de entidades locales, entre ellas el Estado, su aproximación a un nuevo paradigma de entender lo ambiental a partir de la interacción con la filosofía de Zerri y su relación con diversas organizaciones y personas a lo largo del proceso. De esta forma, aunque se mantiene una esencia en cuanto a la identificación del sentido del proyecto a lo largo del tiempo, esta concepción se fue ampliando en la medida en que el impacto del proceso también se iba desarrollando. El caso más claro de esto último fue las relaciones de la comunidad con el Estado.

Otro aspecto que destaca Castells es el de la supervivencia colectiva a través de las redes comunales, como reacción al cada vez mayor número de comunidades sumidas en la extrema miseria y excluidas de la lógica del mercado. Actividades como las ollas comunales o diversos lazos de solidaridad mutua permiten la sostenibilidad económica de personas de escasos recursos.

En este aspecto Las Cometas estaban ubicadas en un estrato socioeconómico de nivel tres; sus habitantes cuentan con los recursos económicos mínimos para garantizarse una vida digna, pero son vulnerables a las crisis económicas, por lo que, a pesar de no ser una comunidad marginada, si debía buscar formas de asociación comunitaria que permitieran una mayor sostenibilidad en el tiempo. Su participación en el proyecto de la red alimenticia es una muestra de las formas en que los habitantes de las comunidades deben organizarse para hacerle frente a una menor inversión social del estado, producto de políticas económicas globales a las cuales éstos deben ajustarse en el contexto de una economía mundializada.

En Las Cometas se generó un sujeto social; los individuos lograron crear una visión holística de su experiencia. Esta identidad tuvo dos caras, a partir de las cuales el actor individual del sujeto social pudo darle sentido a su acción. Una cara es la ambiental, donde los fines son más altruistas, con una conciencia del daño que el hombre le está causando a su medio, y otra es la económica, pues Proeco es una empresa que está creando oportunidades de negocio a partir del manejo adecuado de los residuos sólidos.<sup>11</sup>

Concepción similar a la de la Fundación Zero Emisiones, en donde el problema del medio ambiente se resuelve en la lógica misma del actor empresa, cambiando concepciones y paradigmas. En Las Cometas se hizo a partir de la constitución de Proeco, como medio para

---

<sup>11</sup> "La gente está entrando en una nueva cultura, en un nuevo pensamiento; la gente se ha dado cuenta de que estamos acabando con el planeta; eso es notorio. Y sucede en todos los estratos sociales. La gente siempre había pensado que el problema del deterioro ambiental era una responsabilidad del estado; nosotros tenemos otro enfoque, y es el de que ésta es una responsabilidad compartida, de cada familia, de cada persona. Solo así podremos algún día tener un entorno más saludable, más limpio. Sin embargo, hay que ser también pragmáticos y más realistas, más amantes de las utilidades y creo que Proeco como empresa debe ser rentable. De hecho, ya llegarán empresas privadas con el mismo lineamiento de Proeco, o sea, el negocio del manejo de los residuos también como misión. Necesitamos rendimiento económico y mejorar los ingresos" (Roberto Angulo P., JAC, abril 21 de 2000).



resolver las necesidades sociales (aspecto económico), y para generar una nueva concepción de comunidad sustentable.

Las Cometas fue una comunidad local con características globales, ya que logró construir una visión trascendente a partir de un problema global como el del medio ambiente y a partir de las necesidades propias y de los elementos culturales que la conformaban.

La visión construyó una organización diferente en la forma y el contenido, Proeco, que innovó su estructura de trabajo y la forma de interactuar con diversas entidades del medio, trabajando una concepción de libre acceso a la información y de constitución de redes. Se construyó una identidad propia, a través de la cual el proceso se define en términos de los fines a nivel de lo social, económico y político, concretándose en acciones y reacciones frente al proceso de globalización, que tienen un carácter propositivo, por lo que se ubicó dentro de la categoría de identidad de proyecto.

El proyecto que planteaba la comunidad pretendía en el fondo ofrecer una alternativa diferente de organización social y a la vez de las relaciones entre las organizaciones y el Estado.

## CONCLUSIONES

Este artículo empezó con la pregunta: ¿Cómo romper el círculo vicioso de la apatía ciudadana, caracterizada por la inconformidad con lo político, la no apropiación de la ciudadanía de los mecanismos de participación, espacios vacíos copados por los intereses particulares, la clase política, actores armados?

La experiencia de la comunidad de Las Cometas-JAC-Proeco ha demostrado que el acceso a nuevos paradigmas y visiones de sociedad se constituye en un elemento importante para la construcción de nuevas formas de organización comunitaria a partir de la redefinición del humano, para transformar las interacciones de las comunidades con diferentes ámbitos de su entorno, entre ellos el Estado.

Estas nuevas utopías no provienen de los partidos políticos, sino de organizaciones y redes transnacionales que están redefiniendo el sentido de la vida cotidiana a través del cuestionamiento de las prácticas políticas, sociales y económicas del capitalismo globalizado de principios de siglo.

Esta experiencia sugiere que a partir de unas condiciones mínimas de convivencia y organización social se puede articular una propuesta de comunidad. En Las Cometas se superó primero el problema de seguridad y luego se empezó a trabajar en el desarrollo de otro tipo de iniciativas. Se requiere de una sensibilización frente al tema ambiental. Proeco no surge únicamente del contacto con Zeri, sino de una experiencia previa en el tema del reciclaje a partir de actividades de organizaciones locales, como la Cámara de Comercio de Medellín.

El conocimiento de las comunidades de temas de trascendencia global, como el ambiental, los derechos humanos, la resolución de conflictos, etc., ha generado un cambio de visión en la gente para impulsar proyectos de convivencia, con paradigmas diferentes a los tradicionales que se han manejado en las Acciones Comunales; éstas y las organizaciones barriales, son campos importantes de organización para impulsar estos procesos.

Es trascendental contar con líderes creíbles en la comunidad a partir de sus actitudes desinteresadas, su real compromiso con el bienestar social, su persistencia y real convicción frente a las iniciativas que se promuevan. Es vital fomentar el liderazgo comprometido en los jóvenes a través del sistema educativo y los programas estatales de participación ciudadana, que superen el liderazgo que maneja intereses particulares, protagonismo y que genera desconfianza.

Lo que produjo el conocimiento de la filosofía Zeri en Las Cometas fue básicamente:

- **Pensamiento holístico y conceptualización de la experiencia previa de la comunidad:** lo que crea la posibilidad de empezar a construir una propuesta propia comunitaria a partir de la visión de un desarrollo sustentable. La capacidad de entender un problema globalmente y con un sentido de interdependencia, que trasciende los límites de la comunidad, fundamento para la comunidad, en donde el propio trabajo crea nuevas oportunidades para el desarrollo económico y social.
- **Definición del tipo de proyectos:** la Visión se operacionaliza a partir de la concepción de Cero Emisiones, y así, las iniciativas específicas de Proeco se enfocan en el manejo adecuado de los residuos sólidos, aportando a la descontaminación de suelos, agua y aire, elementos válidos para interactuar con diversas entidades.
- **Generación de una identidad de proyecto:** las acciones de Proeco no son reactivas, sino proactivas. No se fiscaliza el trabajo de otras entidades, ni se realizan movilizaciones de protesta alrededor de problemáticas ambientales. Las iniciativas propias se enmarcan en una visión general, y trabajando con diversas organizaciones.

La concepción misma del proyecto, a partir de su visión, genera otro tipo de prácticas organizacionales y de actitudes, y así crecer y sostenerse en el tiempo:

- **Aprendizaje continuo y práctica del conocimiento:** se aprende continuamente a partir de entender la trascendencia de la visión que se estaba manejando, el proyecto se fortalece cognitivamente, se desarrollan nuevas técnicas y herramientas, y se interactúa con diversas organizaciones y de ellas también se obtiene este conocimiento.
- **Trabajo en red:** Los contactos consolidados se encontraban tanto fuera como dentro de la misma. Cada asociado de la empresa se convirtió en un nodo de la red de interés del proyecto, y comparten sus contactos y experiencias; la gente se involucra en temas de su interés y cumple funciones en el proyecto de acuerdo a su profesión y habilidades.

- **Manejo de la información:** La red de la comunidad se amplió y seguiría creciendo debido a su entendimiento del manejo de la información. El compartir con cualquier entidad o persona los avances del proyecto genera credibilidad y confianza en el proceso por parte de entes externos, aumentando el conocimiento y el capital social del mismo.
- **Ampliación de los límites de la acción en el tiempo y en el espacio:** Tener un fin claro posibilita entender la dimensión de la acción que se está ejecutando. La comunidad manejó el tiempo glacial, del que habla Castells, en el que el problema ambiental no solo es una situación coyuntural del momento actual, sino que involucra el futuro de las próximas generaciones. En términos del espacio, el proyecto trabajó a nivel político, social, económico y de alianzas, a partir de sus diversas iniciativas e intereses, lo que también propició un alto capital social.
- **Utilización de los recursos y necesidades locales como bases de la acción:** La comunidad fue hábil en organizarse alrededor de formas reconocidas legalmente, lo que facilitó su interacción con diversas entidades y produjo credibilidad. Con Proeco como empresa social comunitaria, y la utilización del marco de la democracia participativa y el continuo apoyo de la Junta de Acción Comunal, permitió participar en diversas oportunidades que había en el medio, y cuestionar los mecanismos de la democracia participativa.

El siguiente párrafo resume en buena medida las enseñanzas que dejaron la experiencia de Las Cometas:

*“La transformación de nuestra cultura y nuestra sociedad tendrá que ocurrir en diversos niveles. Si solo sucediera en la mente de los individuos (como ya ha pasado en cierta medida), sería impotente. Si obedeciera sólo a la iniciativa del Estado, sería tiránica. La transformación humana numerosa es esencial, y no solo una transformación de la conciencia, también ha de implicar una acción individual. Los individuos necesitan el alimento de los grupos que llevan consigo una tradición moral que refuerza sus aspiraciones propias”.*<sup>12</sup>

La superación del clientelismo y el individualismo en el ámbito formal, provienen de un cambio de actitud y de acciones de transformación desde el humano a la sociedad. Esta activación social se da a través del entendimiento de formas alternativas de acción y de proyectos de sociedad, lo que es facilitado por el amplio flujo de información e ideas del contexto de globalización.

Para Melucci<sup>13</sup>, hay tres formas para que los movimientos sociales en las sociedades complejas transformen directamente los sistemas políticos: a través de la ampliación de los límites; motivando cambio en las reglas y procedimientos políticos e, ayudando a transformar

---

<sup>12</sup> BELLAH Robert et al, Habits of the Herat. 1985. Citado por CASTELLS. IBID. p.88

<sup>13</sup> MELUCCI, Alberto. IBID. p.209

formas de participación al interior de los sistemas políticos. Indirectamente, los movimientos sociales producen una transformación en las costumbres y formas de organización e insertan nuevos lenguajes en las instituciones.

La comunidad de las Cometas superó ya varias actitudes tradicionales de la acción colectiva en Colombia, como la capacidad de autonomía política, el egoísmo y la falta de transparencia por parte de los líderes. Generó un discurso innovador en las prácticas organizacionales y los fines de la acción, así como en sus concepciones de la relación con el Estado y otros sectores. Y aunque el proceso no maduró para analizar la influencia en la política formal, sin embargo, se estaban construyendo bases sólidas para incidir las prácticas, programas y concepciones de la participación en las instituciones del gobierno local.

Los gobiernos locales son la nueva fuente de legitimidad del Estado, al ganar autonomía frente al poder central del Estado. Las Cometas demuestra cómo adquirir un sentido global y un entendimiento de los efectos de las propias acciones, que genera una activa participación en lo local, redefine las prácticas tradicionales y abre nuevas perspectivas para la acción.

## REFERENCIAS

- [1]. Manfred Max Neef, et al., Desarrollo a escala humana: una opción para el futuro. 1986. En [http://habitat.aq.upm.es/deh/adeh\\_5.html](http://habitat.aq.upm.es/deh/adeh_5.html)
- [2]. Melucci A. et al., La acción colectiva como construcción social. 1991. En <https://www.jstor.org/stable/40420123>
- [3]. Manuel Castells, primera edición. La era de la información: el poder de la identidad. Siglo veintiuno editores. 1999
- [4]. Touraine A., Los movimientos sociales. Revista Colombiana de sociología 27. 2006
- [5]. Declaración de la tierra de Estocolmo, 1972. Wikipedia.
- [6]. Gunter Pauli, La economía azul: 10 años, 100 innovaciones, 100 millones de empleos. 2011





Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 @saiantioquia

# SOMOS CUERPO CONSULTIVO DEL GOBIERNO DEPARTAMENTAL

Somos el gremio que asesora  
al gobierno de Antioquia,  
llevando la experiencia y el  
conocimiento de nuestro  
socios expertos.

**¡CONSTRUIMOS JUNTOS  
EL FUTURO DE LA REGIÓN!**

## EFFECTOS NEGATIVOS DE LA LEY DE ABRAMS QUE HAN AFECTADO LAS NORMAS INTERNACIONALES SOBRE FABRICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO Y REQUISITOS DE DURABILIDAD

**Francisco Javier Gómez Rodríguez**  
*Ingeniero Civil de la Universidad de Medellín*  
*policoncreto@gmail.com*

**Resumen:** Se tratan en este artículo los Principios de Abrams. Se hacen consideraciones sobre la tercera dimensión del concreto; se discuten los principios de Abrams; lo relacionado con los contenidos óptimos de humedad en mezclas secas compactadas; con los tipos de mezclas de hormigón, de acuerdo con el cono de Abrams y se presenta una fórmula matemática del COH% para hormigones de todos los tipos.

Se anota que acá utilizar masa es igual que utilizar el término peso. Aunque el término masa es una medida de la cantidad de materia y el término peso es la medida de una fuerza; por los efectos que tienen ambos en la nomenclatura y para garantizar que las ecuaciones y los ejemplos planteados sean interpretados correctamente, se consideran iguales. Igualmente, utilizar hormigón es igual que utilizar el término concreto.

**Palabras clave:** Principios de Abrams, Dimensiones del concreto, Humedad, Mezclas, Concretos, Hormigones

### 1. PRINCIPIOS DE ABRAMS

Principio N°1: A medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla, la resistencia del concreto disminuye.

Principio N°2: La resistencia de una mezcla de concreto es inversamente proporcional a la relación de agua cemento.

Principio N°3: Una relación agua-cemento baja conduce a un concreto con mayor resistencia que una relación agua- cemento alta.

Principio N°4: La falta de agua no permite que las partículas de cemento se hidraten lo suficiente, por lo que no cumple la función de aglomerante.

### 2. TERCERA DIMENSIÓN DEL CONCRETO

Los principios de Abrams no siempre se cumplen en el concreto, son válidos únicamente en dos dimensiones y no en tres. Este fenómeno se manifiesta por la definición de la tercera dimensión del concreto que establece que “El porcentaje de cemento (Pc%), es igual al peso



del cemento seco ( $W_c$ ), dividido por el peso del agregado seco ( $W_{ag}$ ), multiplicado por cien” ( $P_c\% = W_c/W_{ag} * 100$ ). Se puede agregar agua al concreto sin variar la relación agua cemento ( $A/C$ ), el agua existe, aunque no aparezca en la ecuación.

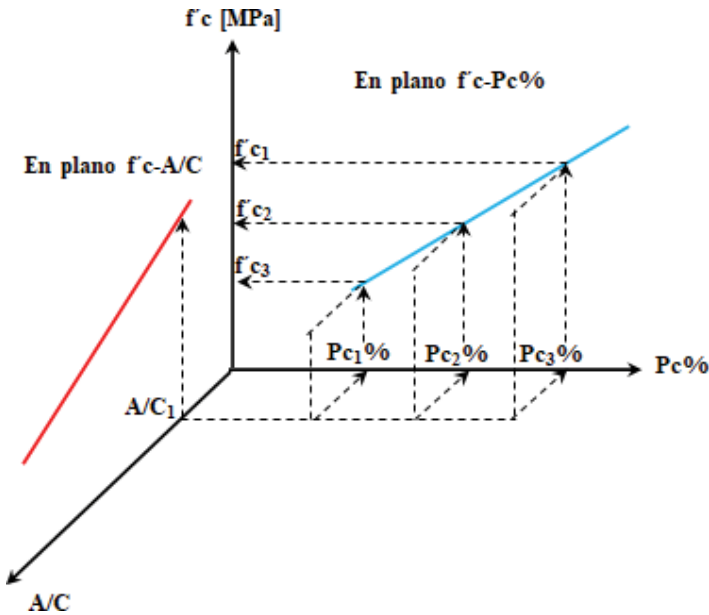


Figura 1a

Para la relación  $A/C_1$ , hay múltiples porcentajes de cemento ( $P_{c1}\%$ ,  $P_{c2}\%$ ,  $P_{c3}\%$ ) y múltiples resistencias ( $f'c_1$ ,  $f'c_2$ ,  $f'c_3$ ), puesto que hay múltiples planos paralelos al plano  $f'c-A/C$ .

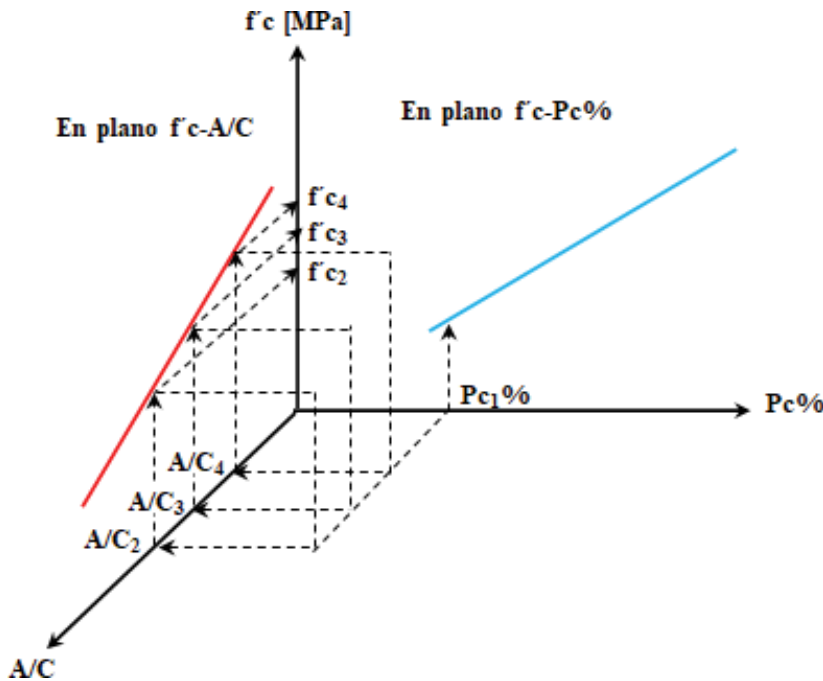


Figura 1b

Para el porcentaje de cemento  $P_{c1}\%$ , existen múltiples relaciones agua cemento ( $A/C_2$ ,  $A/C_3$ ,  $A/C_4$ ), y múltiples resistencias ( $f'c_2$ ,  $f'c_3$ ,  $f'c_4$ ), ya que existen múltiples planos paralelos al plano  $f'c-P_c\%$ .

Figura 1 Tercera dimensión del concreto.

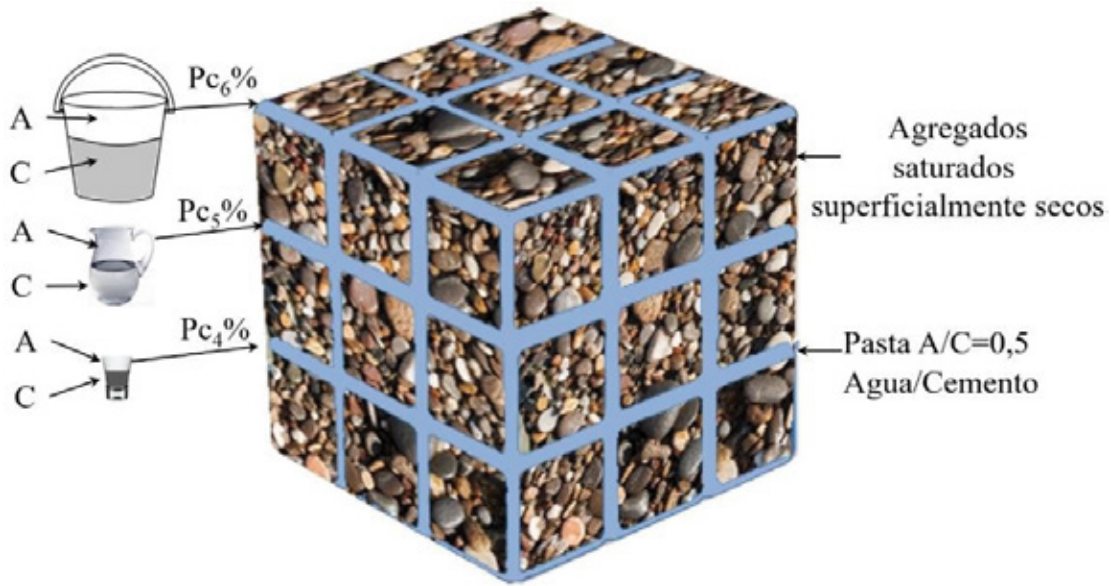


Figura 2 Concreto fabricado en forma de cubo de Rubik  
Fuente: elaboración propia

En la figura 2 se esquematiza el proceso de incorporación progresiva de una pasta, a los agregados saturados superficialmente secos, que consiste en una mezcla pura de agua y cemento con relación A/C=0,5 y porcentajes de cemento en aumento (Pc4%, Pc5%, Pc6%). Con la copa, posiblemente alcance a cubrir algunos de los primeros 9 cubos inferiores; con la jarra, posiblemente alcance a cubrir algunos de los 18 cubos inferiores; con el balde se espera cubrir los 27 cubos completos.

### 3. DISCUSIÓN SOBRE LOS PRINCIPIOS DE ABRAMS.

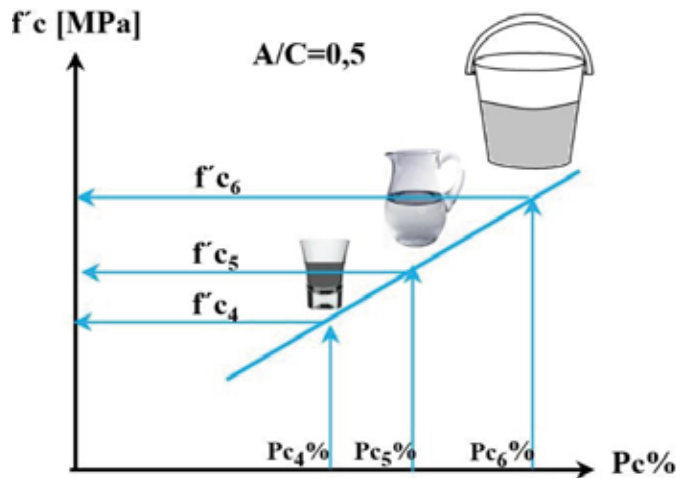


Figura 3 Porcentaje de cemento en una mezcla de concreto en forma de cubo de Rubik.  
Fuente: elaboración propia

Principio N°1 (Figura 3): “A medida que aumenta el contenido de agua en la mezcla, la resistencia del concreto disminuye”: En la línea pendiente azul, plano  $f'c$ - $Pc\%$ , en cuanto aumenta la cantidad de mezcla pura de agua y cemento (en forma de pasta, con relación  $A/C=0,5$ ): Aumenta el agua que contiene el concreto de la copa a la jarra y de la jarra al balde; sin embargo, la resistencia aumenta de  $f'c4$  a  $f'c5$  y a  $f'c6$  ¡No se cumple el principio de Abrams! Ver cubo de Rubik en la figura 2.

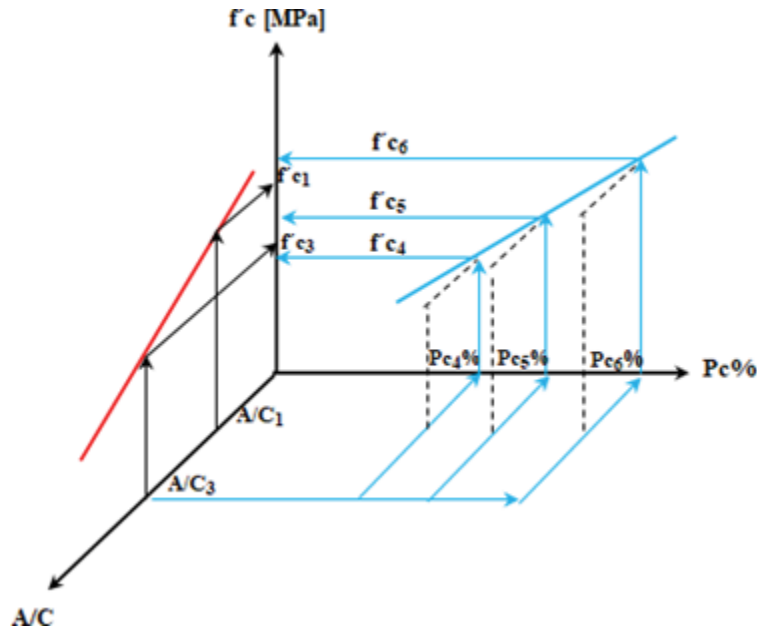


Figura 4  
 Dos maneras diferentes de producir concreto.  
 Métodos clásicos vs Método dinámico.  
 Fuente: elaboración propia

Principio N°2 (Figura 4): “La resistencia de una mezcla de concreto es inversamente proporcional a la relación de agua cemento”: En la línea pendiente azul, plano  $f'c$ - $Pc\%$ , en el sentido de la tercera dimensión del concreto, se pueden producir varias resistencias diferentes ( $f'c4$ ,  $f'c5$ ,  $f'c6$ ), con igual relación agua cemento ( $A/C3$ ). La resistencia de una mezcla de concreto no es inversamente proporcional a la relación agua-cemento ( $A/C$ ). ¡No se cumple el principio de Abrams! Ver cubo de Rubik en la figura 2.

Principio N°3 (Figura 5): “Una relación agua-cemento baja conduce a un concreto con mayor resistencia que una relación agua-cemento alta”. Con la relación agua cemento baja ( $A/C1$ ), se produce un concreto de menor resistencia ( $f'c1$ ), que con la relación agua cemento alta ( $A/C3$ ), la cual produciendo un concreto de resistencia mayor ( $f'c6$ ) ¡No se cumple el principio de Abrams! Ver cubo de Rubik.

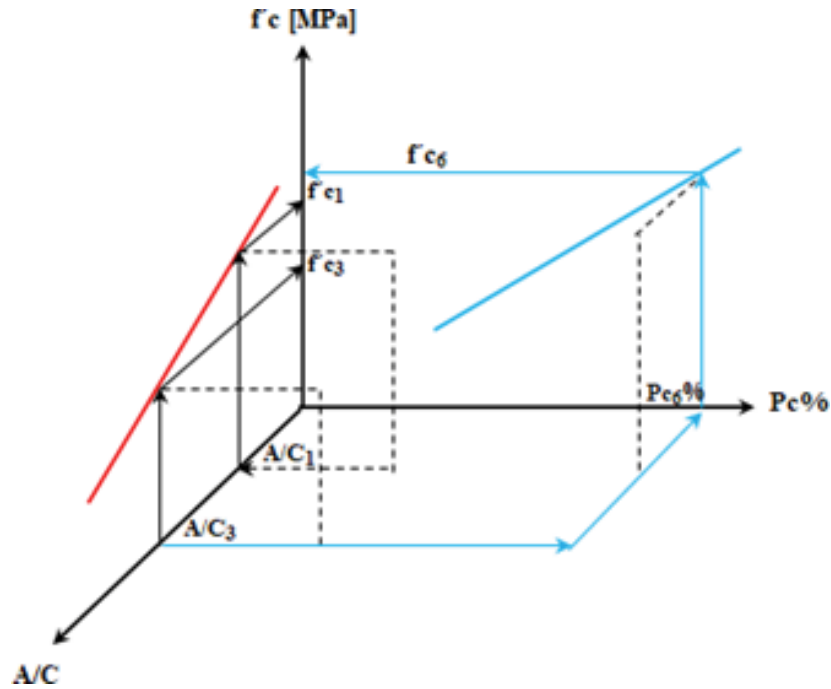


Figura 5

Con una relación agua-cemento alta (A/C3) se produce un concreto de mayor resistencia que con una relación agua-cemento baja (A/C1).

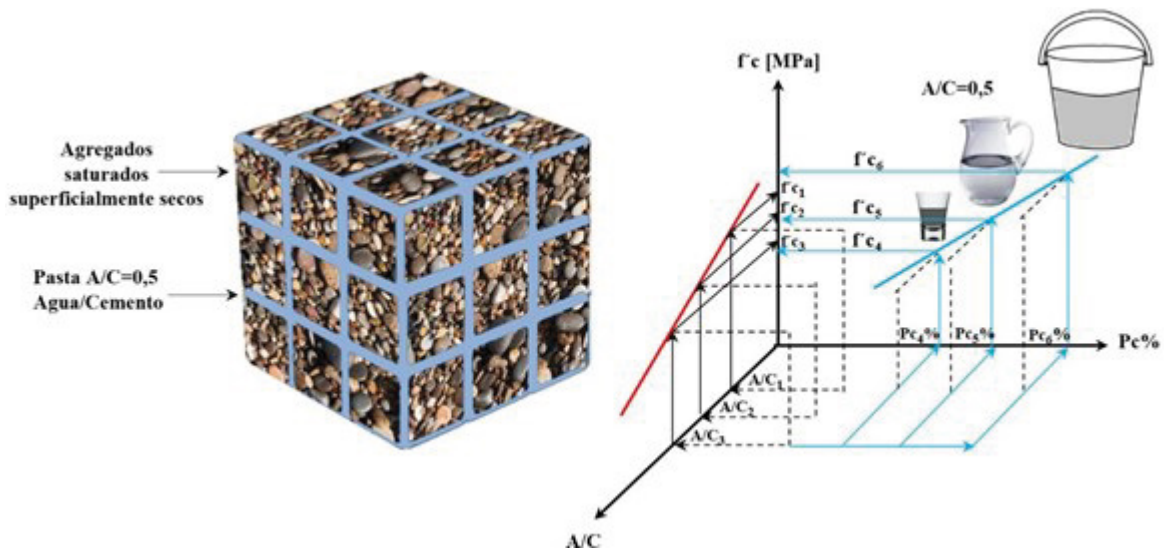
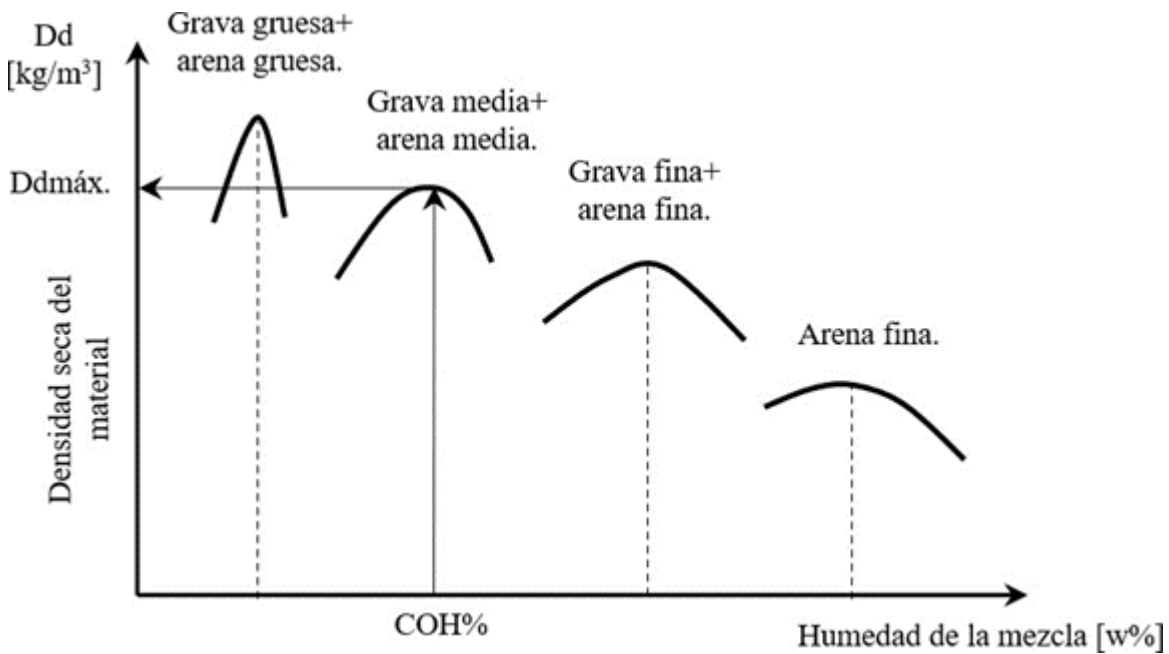


Figura 6 Hidratación completa del cemento en el cubo de Rubik.

Principio N°4 (Figura 6): “La falta de agua no permite que las partículas de cemento se hidraten lo suficiente, por lo que no cumple la función de aglomerante”. El efecto se debe a la forma como los métodos clásicos resuelven el problema. Trabajan únicamente sobre la línea pendiente roja, plano  $f'c-A/C$ .

Para evitar el inconveniente: Se prepara una pasta o mezcla pura de agua más cemento, que permita la hidratación completa del cemento y dicha preparación, se le agrega al resto de los materiales, hasta que el concreto logre la trabajabilidad adecuada. Ver línea pendiente azul, plano  $f'c-Pc\%$ . El agua y el cemento, se pueden añadir por separado ¡El principio es válido! Se recomienda cambiar el procedimiento por el descrito en el cubo de Rubik Figura 2.

**4. CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD EN MEZCLAS SECAS COMPACTADAS.**



**Densidad de la mezcla Vs Humedad**

Energía de compactación modificada (ECM) Materiales: Grava gruesa, media y fina. Arena gruesa, media y fina.  
(COH%, Ddmáx)

*Figura 7 Dosificación de mezclas de concreto seco compactado con cemento.*

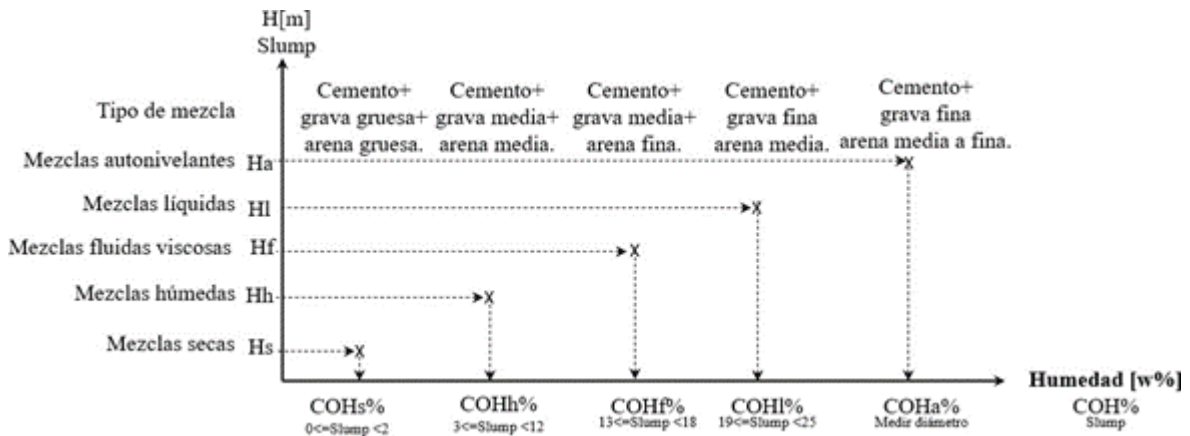
En la Figura 7 se muestran las curvas típicas que se obtienen al mezclar varios materiales para dosificar concreto seco compactado y suelo cemento. Los materiales son afectados en

su trabajabilidad, textura y resistencia, a medida que se le agrega el agua y se compacta con la Energía de Compactación Modificada. Las curvas son cóncavas hacia abajo, se vuelven agudas hacia la izquierda y se aplanan hacia la derecha, dependiendo el tamaño del grano.

Existe un punto óptimo llamado contenido óptimo de humedad (COH%), donde se logra la máxima densidad seca ( $D_{dm\acute{a}x}$ ) para cada mezcla. En la Figura se muestran ambos términos para la mezcla de cemento+ grava media+ arena media.

Las coordenadas COH% y  $D_{dm\acute{a}x}$ , son características intrínsecas de cada mezcla, que dependen del material utilizado y de su combinación, no se pueden definir mediante fórmulas matemáticas. Son constantes que están determinadas por la forma y la altura de las curvas. Esto significa que, para conocerlas, se requieren ensayos de laboratorio. Otras variables como la energía de compactación Proctor Modificado (ECM), el equipo, la maquinaria, las herramientas, los procesos y el procedimiento de compactación, están estandarizadas por las normas (NTP 339.141 - ASTM D-1557 - I.N.V. E 142).

**5. TIPOS DE MEZCLAS DE HORMIGÓN, DE ACUERDO CON EL CONO DE ABRAMS.**



Tipo de hormigón de acuerdo con el cono de asentamiento de Abrams (Slump)  
Energía de compactación de acuerdo con el tipo de mezcla Contenido óptimo de humedad

Se consideran todo tipo de materiales como cemento, agua, grava, aditivos, adiciones minerales, fibras, colorantes, etc., solo que para simplificar la figura no todos aparecen en el gráfico.

Figura 8 Tipos de mezclas de concreto

En la Figura 8, se clasifican las mezclas de hormigón de acuerdo con el cono de Abrams.



En la Tabla 1, aparece la misma clasificación, pero con dos columnas adicionales: Una que establece los valores dentro de los cuales debe estar el COH%, de acuerdo con el Slump o asentamiento individual, es decir: para un Slump=0, habrá un COH0%; para un Slump=2, habrá un COH2%; para un Slump=3, habrá un COH3%..., para un Slump=24, habrá un COH24%... La otra columna contiene el valor promedio para cada Intervalo de asentamientos: COHs% para mezcla seca, COHh% para húmeda, COHf% para fluida viscosa, COHl% para líquida y COHa% para autonivelante, el valor de Hs, Hh, Hf, Hl, Ha es el asentamiento o Slump tal como aparece en la Figura 8.

La única manera de clasificar el hormigón según la Figura 8 y la Tabla 1 es fabricar la mezcla en laboratorio o en obra, tanteando el Slump para que caiga en el Intervalo de asentamiento deseado, o con base en la experiencia. Para controlar la producción del concreto, basta con determinarle el Slump al tipo de mezcla fabricada, tomarle su alícuota (muestra pequeña representativa), secarla rápidamente en la parrilla de manera que no se queme y la humedad obtenida de esta manera será el COH% para el tipo de mezcla deseada. El proceso no está normalizado, pero en muchas obras, se utiliza con bastante precisión para determinar la relación agua cemento (A/C) real.

**Tabla 1 Tipos de mezclas de hormigón**

Intervalo de asentamiento (cm)			Tipo de Mezcla	COH% asentamiento individual	COH% promedio
0=	Slump	=<2	Seca	COH0%, COH1%, COH2%,	COHs%
3<=	Slump	=<12	Húmeda	COH3%, COH4%... COH12%	COHh%
13<=	Slump	=<18	Fluida viscosa	COH13%, COH14%... COH18%	COHf%
19<=	Slump	=<23	Líquida	COH19%, COH20%... COH23%	COHl%
Medir diámetro			>=24	Autonivelante	COH24%, COH25%...

El contenido óptimo de humedad del hormigón (COH%) es válido únicamente para el instante de verificar las mezclas con el cono de Abrams y define su trabajabilidad o manejabilidad, mediante las siguientes propiedades: Fluidez, bombeo, segregación, textura, colocación, acabado y terminación, movilidad de un lado para el otro, facilidad y rapidez de mezclado, caída en altura, consolidación o pérdida de homogeneidad por segregación.

Una mezcla que no se deje trabajar, no es viable para fabricar concretos, dicha propiedad es la primera que se valora antes de continuar con el trabajo en las obras. Intrínsecamente existen otras características importantes de las mezclas que no son posibles de valorar con el Slump, pero que no se consideran importantes para la clasificación.

## 6. FÓRMULA MATEMÁTICA DEL COH% PARA HORMIGONES DE TODOS LOS TIPOS.

En el laboratorio se define la humedad de un material como:  $w\% = W_w/W_d \cdot 100$ . Donde:  $w\%$  = Humedad del material;  $W_w$  = Peso total del agua;  $W_d$  = Peso total del material seco (En el caso del hormigón, contiene todos los materiales secos dentro de la mezcla, incluso el aditivo en estado seco).

Cuando se logra el tipo de mezcla deseado con el cono de Slump, se extrae la alícuota (muestra representativa) del material y se determina la humedad, la cual será el COH% correspondiente. En este punto, la humedad del hormigón se transforma en el COH%.

$$\begin{array}{ll} w\% = W_w/W_d \cdot 100 & \text{Haciendo } w\% = \text{COH}\% \\ \text{COH}\% = W_w/W_d \cdot 100 & \text{Multiplicando y dividiendo por } W_c = \text{Peso del} \\ & \text{cemento} \\ \text{COH}\% = W_w/W_d \cdot W_c/W_c \cdot 100 & \text{Redistribuyendo términos} \\ \text{COH}\% = W_w/W_c \cdot W_c/W_d \cdot 100 & \end{array}$$

Haciendo  $P_w = A/C = W_w/W_c$ ; y preparando un hormigón con solo cemento, agregados y agua, donde el peso del material seco ( $W_d$ ) se convierte en el peso del agregado seco ( $W_{ag}$ ), aparece la tercera dimensión del concreto:

$$P_c\% = W_c/W_d \cdot 100 = W_c/W_{ag} \cdot 100$$

$$\text{COH}\% = A/C \cdot W_c/W_{ag} \cdot 100$$

$$\text{COH}\% = P_w \cdot P_c\% \quad \text{Ecuación 1}$$

La *Ecuación 1*, es válida para cualquier tipo de hormigón que se produzca, con los materiales mencionados.

Como ya se expresó, la única manera de encontrar el COH% para cada tipo de mezcla deseada, es fabricar el hormigón en laboratorio o en obra y determinarle el Slump y la humedad. No hay otra forma de hacerlo, porque el COH% es un “principio universal” es una constante que solo se determina mediante ensayos de laboratorio, no se puede encontrar mediante fórmulas matemáticas o suposiciones teóricas.

Esto significa que los parámetros  $P_w$  y  $P_c\%$  no son variables independientes, dependen del COH%. Si uno de ellos es exigido por norma, el otro término quedará “definido por imposición”. Las mezclas no responden de acuerdo con planteamientos teóricos, se ajustan instantáneamente según sus propias necesidades, la teoría y la praxis están muy alejadas. Si la relación agua cemento ( $P_w$ ) es limitada teóricamente en su valor máximo, se restringe

automáticamente la cantidad de cemento que se puede utilizar en la mezcla, (la tercera dimensión del concreto  $P_c\%$ ), impidiendo producir hormigones de diferentes resistencias.

No se conoce un procedimiento normalizado para verificar y controlar la relación agua cemento ( $P_w$ ) en una mezcla de hormigón fresco recién fabricado. Los diseños clásicos la proponen, pero no la verifican ni la controlan en el campo. Una de las formas para hacerlo, es tomar la alícuota de la muestra durante el vaciado y secarla rápidamente; sin embargo, aunque el procedimiento tiene sus falencias, como la reacción rápida del cemento y la absorción de los agregados saturados superficialmente secos, la cual es un término complicado de manejar, es utilizado con bastante precisión para determinar la relación agua cemento ( $A/C$ ) real.

## 7. CONCLUSIONES

**7.1.** A nivel internacional, la relación agua cemento ( $A/C=P_w$ ) no se puede seguir restringiendo por norma. Si se limita cualquiera de los dos términos de la derecha de la *Ecuación 1* ( $P_w$  o  $P_c$ ), el otro término quedará determinado automáticamente. Con solo uno de los dos que se exija por norma, el otro quedará “definido por imposición”, ya que la expresión Contenido Óptimo de Humedad ( $COH\%$ ) es una constante que depende intrínsecamente de muchos factores y solo puede ser determinada luego de realizar los ensayos de laboratorio correspondientes.

**7.2.** Según el procedimiento descrito para definir el tipo de mezcla de hormigón de acuerdo con el cono de Abrams, lo más importante para resaltar, es que el  $COH\%$  de la *Ecuación 1*, impide limitar la relación agua cemento en la fabricación de concretos. Por tal razón, para Colombia: En el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (Tabla C.4.3.1) en el Capítulo C.4-Requisitos de durabilidad, y la NTC-5551 sobre concretos, durabilidad de estructuras de concretos, no pueden hacerlo.

**7.3.** La durabilidad del hormigón depende de muchos factores: De la resistencia, energía de compactación, equipo, maquinaria, procedimientos, acciones químicas y biológicas, antigüedad de la estructura, historia de vida, categoría y clase de exposición, del tipo de mezcla, gestión de calidad, etc. La relación agua cemento máxima ( $P_w=A/C$ ), no debe seguir controlando la durabilidad del concreto.


**7.4.** Lo que se plantea es un cambio de mentalidad de dos dimensiones a tres dimensiones al manipular hormigones. La cantidad de agua no agrega o disminuye la resistencia del concreto, es la cantidad de pasta agua-cemento la que lo hace. Un hecho concreto es: ¡No se le puede agregar agua al concreto en el transporte!, el cambio de mentalidad es: Agréguele una pasta agua cemento constante, de manera que se formen nuevas agujas que confinen el agregado, permitiendo renovar y refrescar las características perdidas por reacciones tempranas del cemento. Otro hecho concreto es: ¡Si le agrega más agua al concreto la

resistencia cae!, el cambio de mentalidad es: La resistencia cae es porque le falta pasta agua-cemento a la mezcla.

## REFERENCIAS

GÓMEZ R. Francisco J. Formulación del Método dinámico para dosificar mezclas de concreto y mortero: Ponencia. //En: AABH 9° International Conference on Concrete Block Paving. -- Buenos Aires: Asociación Argentina del Bloque de Hormigón, 2009. --P.v. Disponible en <http://www.sept.org/techpapers/to-delete/Formulacion-del-metodo-dinamico-para-dosificar-mezclas-de-concreto-y-mortero.pdf> . Consultado en 2024

### ASOCIADOS INSTITUCIONALES

- 
- Talento Inmobiliario S.A.S.
  - Skids Ingeniería S.A.S
  - A&E Alturas y Estructuras SAS
  - Concesión Túnel Aburrá Oriente
  - Fundación ECSIM
  - Fundación Ferrocarril de
  - Antioquia
  - Soportica S.A.S.
  - Hielos Iglu
  - Pelagus S.A.S
  - Óptima Seguridad
  - Willis Towers Watson Colombia
  - Corredores De Seguros S.A.
  - Hidrased S.A.S
  - Servicios Técnicos Ambientales
  - Mineros SAS
  - Integral S.A
  - KIMROC
  - I+Consultores
  - Pi Épsilon
  - Pronta Engineering SAS
  - Universidad Católica Luis Amigó
  - Proma Ingenieros
  - TO 70 Consultores Aeronáuticos S.A
  - Universidad Cooperativa de
  - Colombia
  - Grupo Pospin S.A.S



**NUEVO MUSEO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE MEDELLÍN****Martín Alonso Pérez***Arquitecto**arq.maper@gmail.com***Natalia Valencia Jaramillo***Arquitecta*

**Resumen:** En Medellín nos merecemos más y mejores liderazgos, más y mejor participación de la ciudadanía, más y mejor infraestructura para la Educación y la Cultura, que nos permitan vivir mejor, que nos permitan desarrollar más capacidades para recuperar la Cordura, la Sensatez y el Orden, para que no vuelvan los malos gobiernos, desde el Respeto, la Confianza y la Credibilidad.

Se describe en este artículo una propuesta para establecer un nuevo Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín, que se sustenta en tres motivaciones fundamentales:

- Ver en las noticias que el Mirador del Cerro Nutibara se cierra por exceso de público (Turistas), situación que compromete la seguridad del tanque de EPM que allí existe y sobre el cual está situado el mirador.
- Medellín debe ofertar a los turistas regionales, nacionales y extranjeros, otras actividades distintas al consumo de estupefacientes y sexo (con menores de edad), debemos



desarrollar contenidos culturales, que nos conviertan en un destino de la creatividad y el disfrute del arte, además de las otras actividades especiales que tiene la ciudad; es construir un turismo responsable, (Llamado del alcalde Federico Gutiérrez en los medios de comunicación).

- La creación de la Secretaría de Turismo para el Distrito. Actividad económica que va en ascenso y que requiere una articulación con todos los entes tanto públicos como privados, para construir entre todos un destino cualificado, con estándares internacionales.

Se tiene como propósito e intención **para** Medellín, como toda ciudad en el mundo construida paso a paso y de generación en generación, educar a sus habitantes para ser capaces de salir adelante y ser felices; en este proceso hay unas ciudades más conscientes y exitosas que otras.

Con este Propósito y esta Institución, el Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín MAUM, busca aportar en la construcción de una mejor Ciudad Educadora, una Ciudad que esté en las Escuelas, una Ciudad que haga parte de la Gente; es Aprender la Ciudad como una experiencia Ética, Moral y Estética; que nos haga sentir orgullosos de lo que somos, y que nos permita vivirla como un acontecimiento cultural con valores universales positivos y virtuosos.

**Palabras clave:** Medellín, Arquitectura, Ciudad, Urbanismo, Cerro Nutibara, Cultura, Turismo, Liderazgo, Diseño, Concepto, Modelo, Proyecto

## ANTECEDENTES

Esta propuesta de crear el Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín MAUM, se originó a partir una serie de preocupaciones en los distintos gremios de la ciudad en el año 1998, sobre el valor de la ciudad como un factor de mejoramiento o empeoramiento de la convivencia humana en todos los niveles de la sociedad, a raíz del problema del narcotráfico, la violencia y el terrorismo asociado a esta actividad ilícita.

Este fracaso como sociedad, nos lleva a retomar la Educación en todos los ámbitos, como el factor clave, para neutralizar la destrucción de lo que denominamos el de ser Ciudadanos y ejercer la Ciudadanía en Libertad, en Democracia, en un Estado de Derechos y Deberes; valores amenazados por la criminalidad asociada a las mafias y a los denominados “Carteles”, en donde el fin de estos grupos era y sigue siendo hoy, el de convertir al mayor número de personas, y especialmente a jóvenes, en “esclavos”, de su macabro negocio. Se propuso la implementación de estrategias de alto impacto para toda la sociedad, y de manera especial para los más vulnerables; desde la educación: programas que motivaran a la primera infancia, jóvenes y comunidad en general, a crear nuevamente en su ciudad, en sus instituciones, en sus dirigentes.

De ahí surgió esta propuesta del Museo en el Cerro Nutibara, en una alianza entre el sector público y privado, entre la Alcaldía de Medellín del momento, bajo el liderazgo de la segunda alcaldía del doctor Juan Gómez Martínez y la Sociedad Colombiana de Arquitectos, Regional Antioquia.

En su inauguración en el año 2.000, se entregaron los premios de la XVII Bial de Arquitectura de Colombia, en donde el premio más destacado fue el de urbanismo, otorgado al alcalde de Bogotá, el doctor Enrique Peñalosa, e igualmente se entregaron otros premios de arquitectura en temas como obra sobresaliente en urbanismo, patrimonio, investigación, publicaciones, y desarrollo urbano.

Posteriormente a la exposición y entrega de premios de la Bial, se tuvieron varias exposiciones asociadas al desarrollo de la arquitectura industrial de la ciudad y la región, además de muestras de los barrios de la ciudad, entre otras, hasta el día de hoy. La tarea pendiente con este primer esfuerzo ha sido la de tener un proyecto más ambicioso, no solo desde el punto de vista físico, sino y de manera muy especial la de crear una Institución que permita acompañar de manera permanente el proceso de planificación de la ciudad, generando un lugar de encuentro para dialogar, conversar e imaginar futuros posibles con los habitantes locales, visitantes regionales, nacionales e internacionales.

#### **EL CERRO NUTIBARA 2015 – 2024**

El Cerro Nutibara ha tenido en los últimos 10 años varias intervenciones, que han permitido mejorar su acceso, su recorrido y su disfrute. Entre estas intervenciones están el mejoramiento de los drenajes de aguas lluvias, las vías, los estacionamientos, los caminos peatonales, la recuperación del acceso al Teatro Carlos Vieco, y las distintas esculturas del Arte Contemporáneo Latino Americano.

Igualmente, se han hecho intervenciones de mantenimiento del Pueblito Paisa, las zonas de comidas y la Plazoleta de las Banderas. Sin embargo, al Cerro Nutibara le hace falta intervenir de manera integral la zona donde se encuentra la actual sala de exposiciones, la tienda de recuerdos, el mirador ubicado en el tanque de EPM, el mismo Tanque, las Torres de Telecomunicaciones, y los edificios de la entidad, además de los bajos del edificio que alberga la Tienda y la sala de exposiciones.

Lo que se observa en el recorrido de estas instalaciones, es el potencial para desarrollar una intervención tanto urbanística como arquitectónica de alta calidad, que permita tener un complemento de la visita al Pueblito Paisa, como testimonio de lo que ha sido nuestra cultura, además de mostrar en el Nuevo Museo como hemos evolucionado, que hable de su progreso, de su modernidad y su singularidad desde lo contemporáneo.



*Figura 1 Vista aérea del Cerro Nutibara desde el oriente*  
*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 2 Vista aérea del Cerro Nutibara desde el sur*  
*Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 3 Vista aérea del Cerro Nutibara, parte alta desde el occidente  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 4 Vista aérea del Cerro Nutibara, edificio existente de exposiciones  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 5 Vista del tanque de EPM utilizado como miradores  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 6 Vista interior del edificio existente de exposiciones  
Fuente: Casa Museo Pedro Nel Gómez*





*Figura 7 Vista interior del edificio existente de exposiciones  
Fuente: Casa Museo Pedro Nel Gómez*



*Figura 8 Vista exterior de la réplica de un Pueblo Paisa  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 9 Vista exterior de una calle de la réplica de un Pueblo Paisa  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 10 Vista exterior de las esculturas de arte local y contemporáneo Latino Americano  
Fuente: Imágenes Internet*





*Vista exterior de las esculturas de arte contemporáneo Latino Americano*  
*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 11 Vista exterior de las esculturas de arte contemporáneo Latino Americano*  
*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 12 Equipamientos sociales (Gimnasio al aire libre) para el disfrute del Cerro Nutibara*  
*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 13 Equipamientos sociales (Teatro Carlos Vieco) para el disfrute del Cerro Nutibara*

*Fuente: Imágenes Internet*

### **EL MIRADOR – TANQUE EPM, UN PROBLEMA, UNA OPORTUNIDAD...**

El complejo: Tanque, Mirador, Torres de Telecomunicaciones, Estación Geodésica, Edificios Técnicos de EPM, y Edificio de la sala de exposiciones; se encuentran hoy (2024) desarticulados y con áreas con un alto potencial de desarrollo; además, de estar cerrado el Mirador por asuntos de seguridad, por el alto flujo de usuarios.

En el edificio de la sala de exposiciones, se aprecia un desperdicio del aire, el primer piso desocupado y con una intervención arquitectónica inadecuada, además de una conexión con la parte superior del Tanque de EPM, solo por escaleras.

Igualmente, a la entrada del Tanque y del Mirador, lo que hay es un piso de concreto, y en algunas partes de césped en mal estado y algunas jardineras, que afean el lugar y hacen del recorrido una experiencia desagradable (Tanto en temporada de lluvia, como en temporada seca).

Por último, en el acceso urbano, hay unas casetas de madera que afean la llegada de los turistas, además de un poste de redes eléctricas y un árbol ubicado en el lugar equivocado.





*Figura 14 Entrada a la parte superior del Tanque de EPM prohibida, el Mirador de la Ciudad por excelencia se vuelve un problema por su alta demanda  
Fuente: Archivo MAPER Arquitectos*



*Figura 15 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados*





*Figura 16 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados*



*Figura 17 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados*  
*Fuente: Archivo MAPER Arquitectos*

Si quieres

# Participar en esta revista

Haznos saber que quieres ser parte y envía un correo a [subdireccionestrategica@sai.org.co](mailto:subdireccionestrategica@sai.org.co)



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913



[www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)



[@saiantioquia](https://www.instagram.com/saiantioquia)





*Figura 18 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados  
Fuente: Archivo MAPER Arquitectos*



*Figura 19 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados*  
*Fuente: Archivo MAPER Arquitectos*



*Figura 20 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados*  
*Fuente: Archivo MAPER Arquitectos*





*Figura 21 El entorno del Tanque de EPM y el edificio de exhibición, están desarticulados  
Fuente: Imágenes Internet*

## **PROPUESTA DEL NUEVO MUSEO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE MEDELLÍN**

### **DISEÑO CONCEPTUAL URBANO Y ARQUITECTÓNICO**

#### **El proyecto en el contexto del ACUERDO 48 DE 2014 – POT: DECRETO 1166 DE 2023 - MACRO PROYECTO RIO CENTRO**

Artículo 22. Área de Recreación Parque Ecológico Cerro Nutibara. Constituido por el Cerro Tutelar como parte del sistema orográfico el cual goza de especial protección ambiental, adoptado mediante Resolución Metropolitana No.511 de mayo 07 de 2009, quien otorgó la condición de área protegida urbana, la cual debe intervenir según lo establecido en el Plan de Manejo adoptado mediante Resolución Metropolitana No. 2137 de diciembre 06 de 2012, así mismo hace parte de los nodos estructurantes de la red de conectividad ecológica.



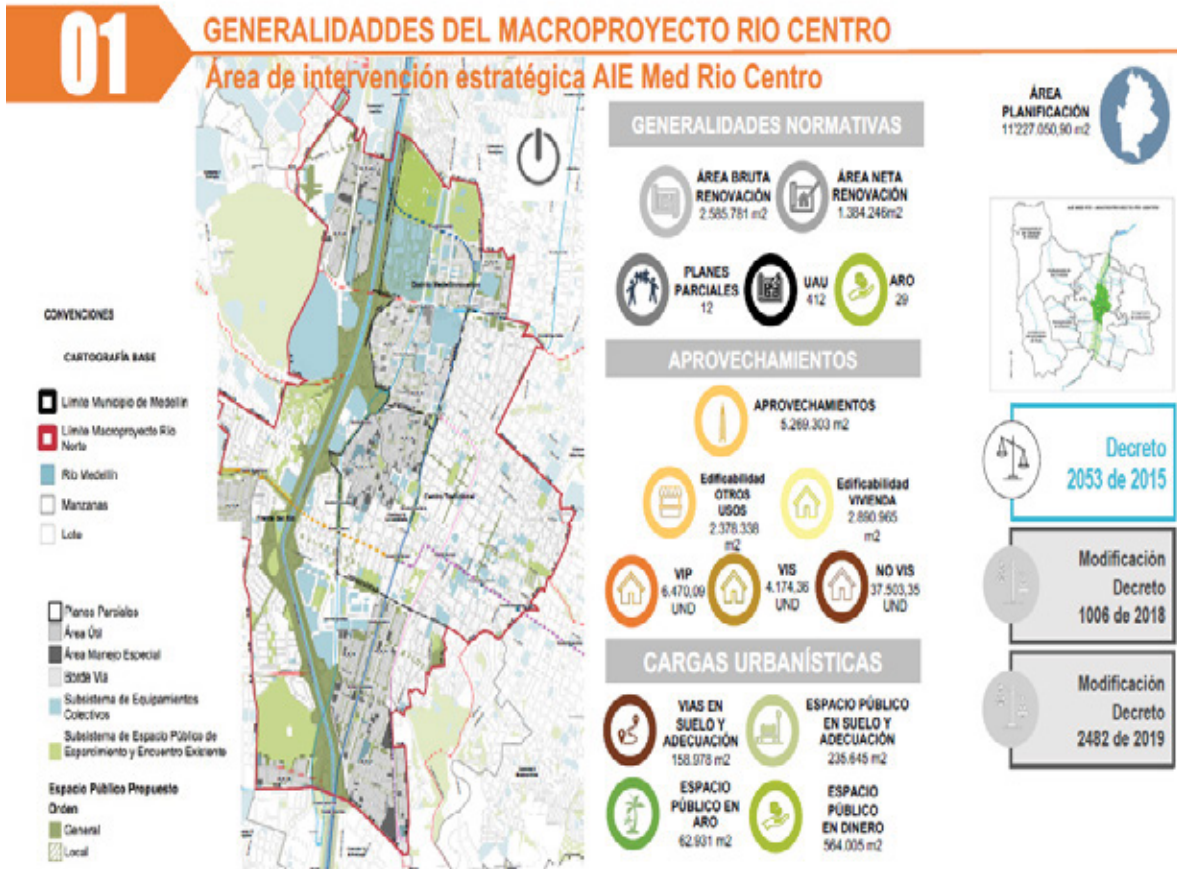


Figura 22 Ubicación del Cerro Nutibara en el marco del Macroproyecto Rio Centro

**El proyecto en el contexto del ACUERDO 003 DE 2024, PLAN DE DESARROLLO 2024 – 2027, Medellín te quiere:**

Retomando uno de los apartes del Plan de Desarrollo, vemos al Museo en el siguiente contexto: “En esta visión de ciudad, la relación de Medellín con su gente debe ser un gana - gana: un Medellín más vital económicamente, más productiva, más competitiva, más atractiva y más internacional, pero también una Medellín más ecológica, más sana, más educada, más segura, más equitativa y más feliz. Este equilibrio es posible poniendo a la gente en el centro de la agenda del desarrollo actual y del mañana, reconociendo que el motor de todo progreso, innovación y evolución, es el capital humano”.

Este proyecto se enmarca en los siguientes Pilares:

**Pilar 1: Bienestar Social y Económico**

- Educación para el progreso social.
- Desarrollo Económico, productividad, y competitividad.
- Medellín, Destino Turístico y Sostenible.
- Arte y Cultura al alcance de todos.

**Pilar 4: Infraestructura y Desarrollo**

- Infraestructura para un Modelo de Ciudad Sostenible.
- Viviendas dignas, espacios seguros para las familias de Medellín.
- Mejoramiento de las infraestructuras en los Cerros Tutelares.

**Nota:** La **Revisión y Ajuste del Plan de Ordenamiento Territorial** de mediano plazo, será el espacio propicio para dar inicio a la implementación del Museo y toda su tarea de retomar a Medellín como **Ciudad Educadora**.

**Objetivo General del Proyecto**

Rescatar y reimpulsar el Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín, como una Institución clave en el proceso de Educación y Cultura, de toda la sociedad. En un lugar de alta significación ambiental y social como es el Cerro Nutibara, y en lo que hoy denominamos Tanque de EPM, como solución al problema que se está presentando con el uso de la parte superior por los turistas como mirador por excelencia de la ciudad. Debemos convertir este problema en una oportunidad, transformando este espacio en un Destino Turístico de alta calidad arquitectónica y urbana.

**Objetivos Específicos del Proyecto**

1. Dotar a Medellín y al Área Metropolitana del Valle de Aburra de un referente Institucional moderno, necesario e indispensable para la apreciación, valoración y disfrute de la arquitectura, la ciudad y el territorio como una experiencia estética.
2. Desatar e inducir un proceso pedagógico y cultural, intencionalmente dirigido, para que la arquitectura, el urbanismo, el ordenamiento y desarrollo territorial, lleguen a ser un valor, un recurso, y un bien posible para el ciudadano y la ciudadanía.
3. Servir como instrumento de actualización y divulgación en temas de arquitectura, urbanismo, ordenamiento y desarrollo territorial, mediante una red local, regional, nacional e internacional de colaboradores.
4. Servir como enlace entre la comunidad académica, la sociedad y el sistema productivo.
5. Divulgar la arquitectura, el urbanismo, el ordenamiento y desarrollo territorial, a través de experiencias interactivas contemporáneas.
6. Fortalecer el **proceso pedagógico en la apreciación y valoración del hábitat** en el que vivimos, tanto lo natural como lo construido por el ser humano.
7. Capacitar a la Comunidad Educativa del Distrito de Medellín y del Valle de Aburrá en la pedagogía y contenidos de lo que significa la arquitectura, el urbanismo, el ordenamiento y desarrollo territorial, en su proceso de formación, educación y entrenamiento para ser mejores ciudadanos.

8. Brindarle a la comunidad la oportunidad de congregarse en un espacio como el Cerro Nutibara y el Museo, que los estimule a valorar y participar en la construcción de ciudadanía y civilidad.
9. Convertir esta Institución en la Casa del Plan de Ordenamiento Territorial POT del Distrito de Medellín.
10. Transformar el Museo en la herramienta de Divulgación, Comunicación y Dialogo con la comunidad, sobre los procesos de planificación del territorio (POT).

### **Identidad y Filosofía del Proyecto**

El Nuevo Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín MAUM, debe tener como novedad, el de ser un escenario natural para que Instituciones Educativas públicas, Colegios privados, Universidades y Fundaciones, participen de un proceso pedagógico de apreciación y valoración de la arquitectura, la ciudad y el Territorio como laboratorio que permiten la construcción de nuestros proyectos de vida. La idea de laboratorio pretende recrear a través de exposiciones, de diálogos y recorridos, el conocimiento que tenemos y podemos tener del lugar donde habitamos o visitamos, es despertar la curiosidad, el asombro y la imaginación, de los diferentes lugares de la ciudad y su territorio; es convertir esa experiencia en una construcción ética y estética permanente, que nos convierta en mejores seres humanos.

El Museo se concibe como una Institución de Divulgación y Centro de Educación, que refuerza y complementa el proceso pedagógico de todo el Sistema Educativo del Distrito de Medellín, con herramientas tecnológicas contemporáneas interactivas, que lleguen a todos los ciudadanos.

### **Estructura para el funcionamiento del Museo**

La conceptualización del proyecto se centra fundamentalmente en tres (3) áreas de trabajo, a saber:

- A. **Conceptual:** Base teórica y metodológica que permite la concepción e implementación de **los contenidos del Museo** a través del diseño de un **guion** con todas sus variables y complejidades, a partir de sus **áreas temáticas**.
- B. **Organizacional:** Disposición y aplicación de recursos técnicos, jurídicos y financieros para darle viabilidad y factibilidad a su construcción, funcionamiento y sostenibilidad en el tiempo (Aportes del Distrito, EPM, y sector Privado – con Obligaciones Urbanísticas para la construcción de equipamientos sociales).
- C. **Proyectual:** Realizar los Estudios y Diseños en sus distintas fases, que permita su materialización urbana, arquitectónica, administrativa, operativa, y su sostenibilidad en el tiempo.

## Áreas Temáticas, Guion e Implementación

El Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín contempla cinco áreas diferentes dedicadas a:

1. **Exhibición Permanente:** Gran Salón (La Cámara del Tiempo) – Maquetas de Medellín y el Valle de Aburra, físicas y virtuales interactivas, además de 30 maquetas de los edificios más emblemáticos de la ciudad a lo largo de su historia, además de 5 miradores de la ciudad real.
2. **Exhibiciones Itinerantes:** Temas de interés local, regional, nacional e internacional.
3. **Talleres pedagógicos** (5 salones con capacidad para 30 personas cada uno, y un total de atención de 150 personas) para estudiantes de primaria y bachillerato, con énfasis en construir maquetas de edificios, barrios e imaginarios de ciudad.
4. **Recorridos urbanos imaginarios y reales** (2 salones con visores virtuales), a partir de temas específicos.
5. **Programas de televisión, internet y redes sociales** sobre temas arquitectónicos, urbanos y del POT (un set para diálogos y conversatorios).

### El Guion a partir de las áreas Temáticas y su implementación

El desarrollo del guion se centra fundamentalmente en tres partes y sus respectivas preguntas:

1. **El Concepto** ..... **El Qué** ...?
2. **El Método**.....**El Cómo**..?
3. **El Proyecto**..... **El Dónde**?

Con estos tres alcances y preguntas, se desarrollan cada una de las cinco áreas temáticas: **Exhibición Permanente, Exhibiciones Itinerantes, Talleres Pedagógicos, Recorridos Urbanos Imaginarios y Reales, y Programas de Televisión, Internet y Redes Sociales;** que permitan implementar el Propósito y la Intención del Museo como Institución estratégica en el desarrollo de la Educación y la Cultura de los habitantes y visitantes al Distrito de Medellín.

### EXHIBICIÓN PERMANENTE

**Concepto.** Es la síntesis de la información fundamental para conocer la arquitectura y los elementos urbanos, con la aproximación a casos concretos de la ciudad de Medellín y su Área Metropolitana (calles, plazas, barrios, parajes, etc.), apoyados en la elaboración, disposición y difusión de dicha información.

**Método.** Se hace a través de un recorrido libre de una exhibición central mixta, entre una serie de maquetas reales y virtuales que den cuenta de la transformación del territorio (La Cámara del Tiempo): Historia y Evolución del Territorio, de los Asentamientos Ancestrales,



de la Ciudad Colonial Europea, y Republicana, con sus arquitecturas y barrios, la Ciudad Hoy, y su Futuro.

**Proyecto.** El edificio debe tener una Sala Central a la cual se llega a través de un Lobby - Hall principal con un gran Mural de la Ciudad y Café - Tienda, en ella hay una gran Salón Interactivo (Cámara del Tiempo) de maquetas del Valle de Aburra y Medellín, la cual se mezcla con proyecciones de Video Mapping, mostrando el pasado, el presente y el futuro de la ciudad; luego se sale a un segundo anillo del tiempo en donde se exhiben los mejores 30 edificios que se han construido en la ciudad, a través de maquetas blancas, planos, dibujos, fotografías y fichas técnicas que den cuenta de su tiempo, de su lenguaje formal, de sus diseñadores y constructores; con cinco pausas a través de cinco miradores externos para ver la ciudad real, con binoculares de alta resolución y dioramas explicativos de lo que se está viendo.



*Figura 23 Vista interior de una exhibición de maquetas de proyectos arquitectónicos  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 24 Vista interior de una exhibición de maquetas de proyectos arquitectónicos  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 25 Vista interior de una exhibición de maquetas de proyectos arquitectónicos  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 26 Vista interior de la exhibición de la maqueta del edificio de EPM*  
Fuente: Imágenes Internet



*Figura 27 Vista interior de la exhibición de la maqueta de las Torres del Parque*  
Fuente: Imágenes Internet



*Figura 28 Vista interior de la exhibición de la maqueta de una Ciudad Maya  
Fuente: Imágenes Internet*



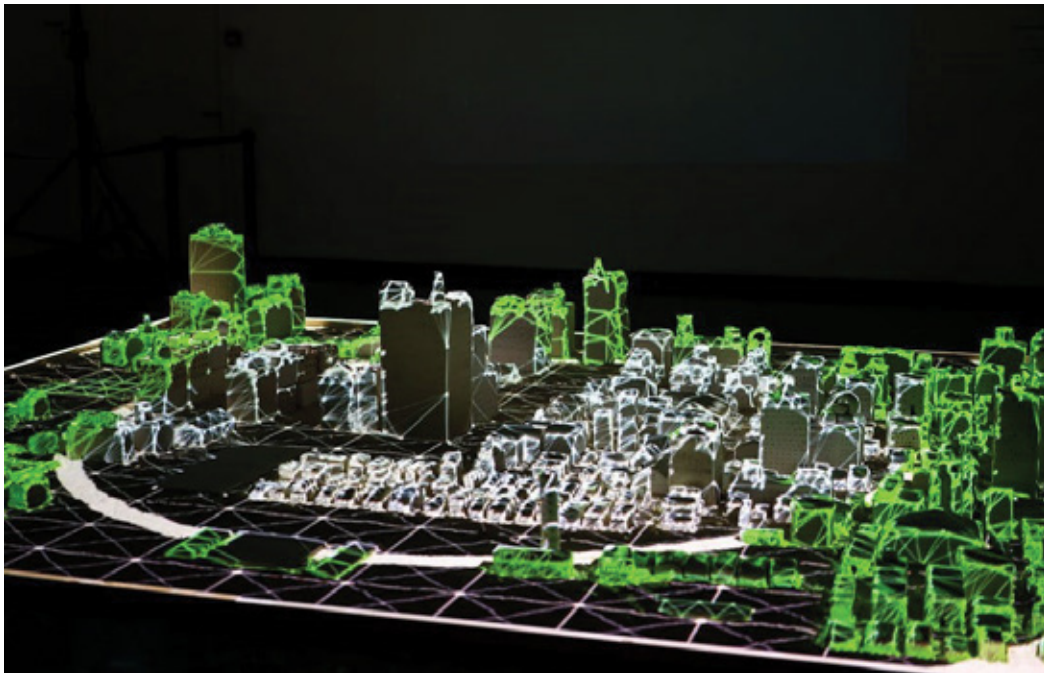
*Figura 29 Vista interior de la exhibición de la maqueta de un edificio institucional  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 30 Vista interior de una presentación en Video Mapping en el aeropuerto Olaya Herrera*

*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 31 Imagen de una simulación en 3D – Holograma*

*Fuente: Imágenes Internet*

## CENTRO DE MODELACIÓN URBANA – EDU

Nuestro enfoque metodológico se basa en un proceso integral, multidimensional y multi-temporal que utiliza tecnologías de vanguardia, incluyendo modelamientos de gemelos digitales del territorio. Esto nos permite obtener una comprensión completa y precisa del municipio en cuestión, abarcando todos los aspectos clave para una planificación urbana acertada y coherente.



*Figura 32 Esquemas de modelación  
Fuente: Imágenes Internet*



## MODELAMIENTO DE CIUDADES

### 1. Construcción y Modelamiento de Narrativa de Plan de Gobierno

A partir de la construcción del gemelo digital del municipio, se insertan y localizan las acciones concretas del plan de desarrollo con información atributiva a los asociados a cada proyecto estratégico.

Se trata de la visualización para la comunicación efectiva de los proyectos del plan de gobierno de cara a la comunidad, grupos estratégicos, medios de comunicación, técnicos y Concejo distrital.

### 2. Modelamiento y Análisis Generales de la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial POT.

De cara a la divulgación de la revisión del POT, el uso de gemelos digitales permite generar escenarios que facilitan la comprensión de diferentes actores, la visualización y la información asociada a las capas protocolizadas. En un lenguaje gráfico amigable con la comunidad. Apoyo al equipo técnico POT en la modelación tridimensional de los resultados diagnósticos y formulación.



*Figura 33 Esquemas de modelación  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 34 Imagen de un binocular para mirar ciudades y paisajes  
(Serían los ideales para los nuevos miradores del Museo)  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 35 Imagen de un binocular de doble altura para mirar ciudades y paisajes  
(Serían los ideales para los nuevos miradores del Museo)  
Fuente: Imágenes Internet*



## EXHIBICIONES ITINERANTES

**Concepto.** La imagen de un museo exitoso está ligado a su variedad y novedad en su programación, es por eso que el museo tendrá una sala de exposiciones itinerantes, con una amplia gama de temáticas que complementen la sala permanente.

**Método.** Estarán dedicadas a muestras sujetas a calendario y muestras cedidas por otros museos de arquitectura y urbanismo de Colombia y el mundo. Serán diferentes en sus temáticas y formas de exposición, pero con una Curaduría acorde con el desarrollo de Medellín y el Valle de Aburrá. Estas exhibiciones son el complemento ideal para los visitantes, ya que podrán comparar lo que pasa en otras ciudades, con logros y necesidades similares.

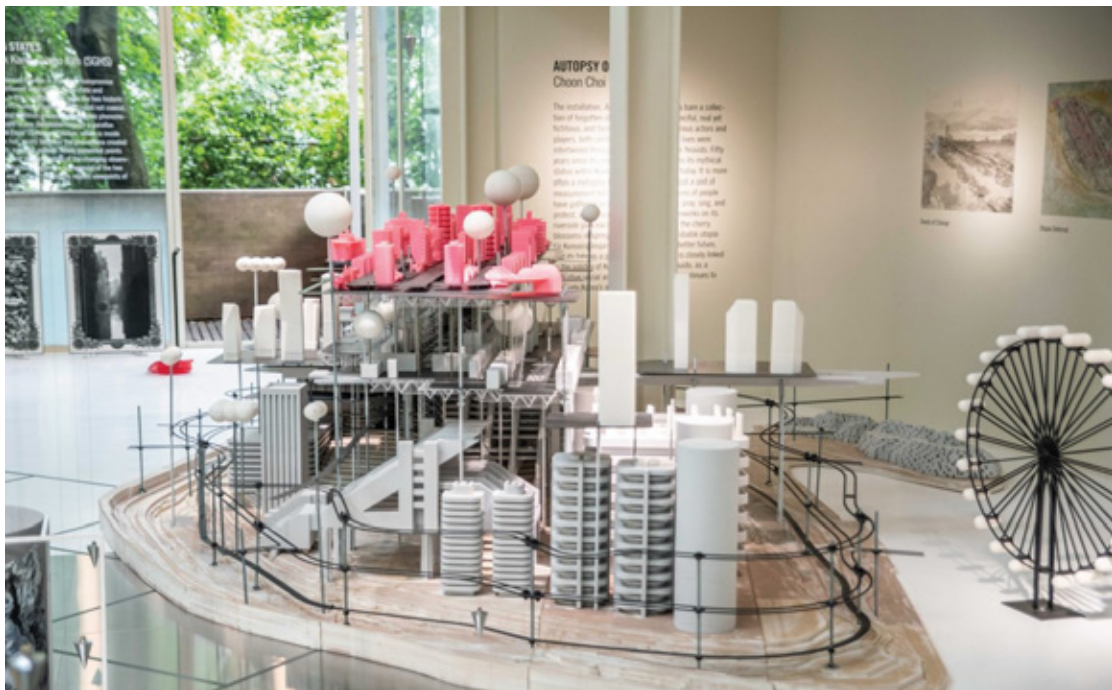
**Proyecto.** Esta sala se ubicará en el edificio actual de exhibición, el cual tiene un acceso lateral al futuro hall principal de todo el complejo, El cual también albergara un pequeño auditorio para charlas y conversatorios sobre las temáticas que se estén presentando, además de conversatorios sobre el Plan de Ordenamiento Territorial POT del Distrito de Medellín y de los demás municipios que conforman Valle de Aburrá.



*Figura 36 Imagen de una exhibición temporal  
Fuente: Casa Museo Pedro Nel Gómez*



*Figura 37 Imagen de una exhibición temporal  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 38 Imagen de una exhibición temporal  
Fuente: Imágenes Internet*

## TALLERES PEDAGÓGICOS

**Concepto.** Son el fundamento de una programación constante, se sustentan en la idea de convertirse en un aula más de las Instituciones Educativas, Colegios, Universidades y Fundaciones de la ciudad. Abierta a todos los ciudadanos, con énfasis en el proceso de conocer cómo se proyecta un edificio, como se desarrolla una ciudad, qué se considera patrimonio, como distinguir lo que es propio de nuestra cultura, que valores paisajísticos hacen parte de la ciudad en la que vivimos, entre otros temas.

**Método.** Las experiencias en los talleres serán dinámicas y responden a múltiples variables, tanto en sus contenidos, como el perfil de los visitantes, con énfasis en la infancia y adolescencia. Los talleres se orientarán de manera pedagógica a través de diferentes modalidades como visitas guiadas, conferencias especializadas, seminarios - talleres, talleres de maquetas y de imaginarios de futuro de la ciudad y el territorio.

**Proyecto.** Serán cinco (5) Aulas – Taller para 30 personas cada una, con toda su dotación de elementos didácticos relacionados con el tema de la arquitectura y el urbanismo (En cartón, madera, Juegos de Estralandia, Legos y el Constructor, Cámaras Digitales, entre otros materiales). Estarán ubicados al interior de la sala principal y se podrán integrar si se requieren, en caso de talleres especiales.



*Figura 39 Imagen de un taller de maquetas de ciudad y edificios con niños y niñas  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 40 Imagen de un taller de maquetas de ciudad y edificios con niños y niñas (Resultado final)  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 41 Imagen de un taller de maquetas de ciudad y edificios con niños y niñas (Resultado final)  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 42 Imagen de un taller de maquetas de ciudad y edificios con niños y niñas (Resultado final)*

*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 43 Imagen de una marca nacional de juguetes para armar casas y edificios*

*Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 44 Imágenes de un Taller de armado de casas edificios con piezas especiales  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 45 Imágenes de un Taller de armado de edificios con piezas especiales  
Fuente: Imágenes Internet*





*Figura 46 Imágenes de un Taller de armado de edificios con piezas especiales  
Fuente: Imágenes Internet*



## RECORRIDOS URBANOS IMAGINARIOS Y REALES

**Concepto.** Se busca con esta área, desarrollar vivencias en los visitantes al Museo, a través de recorridos imaginarios y reales, que permitan el contraste entre lo que creemos que es nuestro entorno, y la realidad construida a lo largo de muchos años, a partir de múltiples y diversidad de intereses.

**Método.** El encuentro entre la experiencia individual y colectiva del espacio y el tiempo que habitamos, nos obliga a establecer diálogos de los lugares en que transcurren nuestras vidas y su trascendencia; estos recorridos nos dan las herramientas para expresar lo vivido, lo que estamos viviendo y lo que podemos vivir a futuro, construyendo consciencia de lo que somos y podemos ser.

**Proyecto.** Se desarrollarán estos recorridos a través de dos (2) Aulas para 30 personas cada una (como parte de los cinco (5) talleres), dotadas de equipos audiovisuales de alta resolución, gafas para recorridos en 3D, y sistemas de Inteligencia Artificial complementarios que permitan interactuar con dispositivos electrónicos y las redes sociales, en tiempo real.



*Figura 47 Plano de Medellín con trazados de circuitos a visitar  
Fuente: Imágenes Internet*



*Figura 48 Imagen de unas gafas 3D para visitas virtuales de la ciudad  
Fuente: Imágenes Internet*

## PROGRAMAS DE TELEVISIÓN, INTERNET Y REDES SOCIALES

**Concepto.** La divulgación de todas las actividades que realiza el Museo, es poner al alcance de toda la comunidad el Sentido del Habitar, de Construir un Buen, un Bien y un Mejor Vivir, a partir del conocimiento de la ciudad y el territorio, desde su historia, su presente y su futuro.

**Método.** Desarrollar contenidos con un alto valor ético y estético, que estimulen el sentido de pertenencia de toda la comunidad, la que reside y la que nos visita. Comunicar lo que somos, con sus luces y sombras, con sus reflejos, su transparencia y solides; en otras palabras, dar cuenta de la ciudad como acontecimiento, como un devenir que nos transforma y se transforma.

**Proyecto.** Se realizará a través de dos salas para realizar grabaciones de programas que permitan hablar de la ciudad, de su Plan de Ordenamiento Territorial POT, de sus proyectos arquitectónicos públicos y privados, con invitados especiales que den cuenta de lo que hacen o quisieran hacer, para construir un mundo mejor desde Medellín y el Valle de Aburra, en alianza con Tele - Medellín y Tele - Antioquia.



*Figura 49*  
*Fuente: Imágenes Internet*



**Desarrollo Organizacional:**

El Nuevo Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín MAUM, debe estructurarse como una Institución adscrita al Departamento Administrativo de Planeación, como herramienta para construir de manera permanente, con toda la comunidad el Plan de Ordenamiento Territorial POT del Distrito de Medellín, a su vez, ser complemento de las políticas de Educación Continua liderada por la Secretaría de Educación, e igualmente, como estrategia de desarrollar la Cultura Ciudadana a través, de la Secretaría de Cultura.

A su vez, ser un Destino Turístico por excelencia de la ciudad, que permita fortalecer a la nueva Secretaría de Turismo del Distrito, e igualmente permitir qué a través de la Fundación EPM, la EDU y el ISVIMED, y del sector Privado, se estructure el Proyecto del Museo como parte de la infraestructura estratégica de estas organizaciones en sus balances sociales y ambientales.

A continuación, se presentan las cinco (5) Fuentes de recursos para la construcción, funcionamiento, mantenimiento del proyecto y la entidad que se debe crear para tal fin.

1. El predio y las edificaciones existentes, los suministraría el Distrito de Medellín y Empresas Públicas de Medellín EPM.
2. El pago de las Obligaciones Urbanísticas para la construcción de Equipamientos, por parte del sector constructor afiliados a CAMACOL Antioquia.
3. Ingresos originados por la venta de boletería de manera directa en la entrada del Museo.
4. Ingresos originados por la venta de paquetes turísticos especiales para visitantes extranjeros, en asocio con los Operadores Turísticos de la ciudad.
5. Donaciones especiales del sector privado.

Finalmente, se debe estructurar con la Agencia del Paisaje, el Patrimonio y las Alianzas Público – Privadas, entidad del Distrito de Medellín, y la Cámara de la Construcción CAMACOL Antioquia, un convenio de trabajo para establecer la ruta desde lo Técnico, Jurídico y Financiero, de la viabilidad del proyecto en todas sus fases, incluyendo su construcción y operación tanto institucional como de su infraestructura.

**Desarrollo Proyectual:**

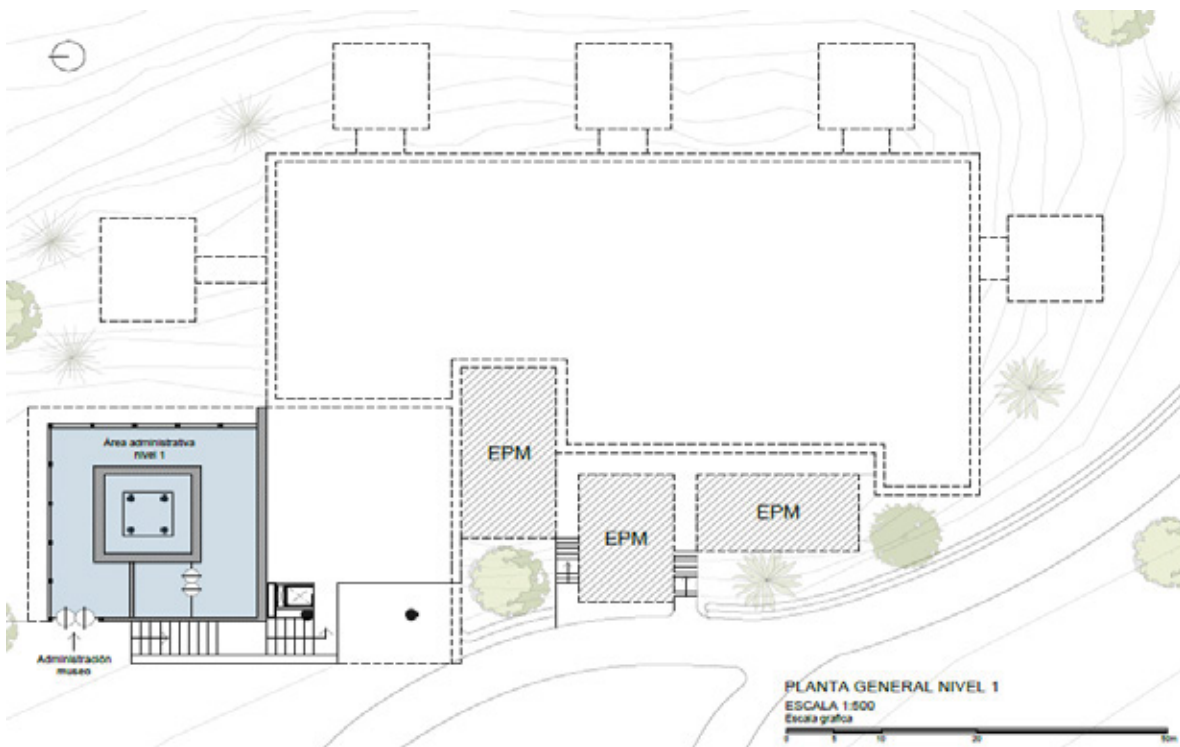
Con el proceso de diseño, se busca tener dos alcances específicos, el primero de carácter urbanístico, es convertir el Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín MAUM, en una infraestructura de alta calidad en el contexto del Cerro Nutibara como un proyecto de ciudad, con una única Torre de Tele - Comunicaciones, Reloj y Faro como complemento a lo que existe hoy en el cerro; y el segundo de carácter arquitectónico, busca desarrollar un edificio icónico y emblemático de la ciudad, en donde residentes y visitantes se sientan acogidos y



valorados, ofreciéndoles un lugar con un contenido de calidad, que mejore su cultura y de cuenta de lo que somos como ciudadanos.

Este proceso se debe dar a partir del desarrolla de tres fases:

- Fase I: **Diseño Conceptual Urbano y Arquitectónico** (El que acá se presenta).
- Fase II: Diseños de pre - factibilidad (a nivel de anteproyecto, por hacer).
- Fase III: Estudios y Diseños de detalle para su construcción y puesta en funcionamiento (Por hacer).



*Figura 50 Planta General Nivel 1*

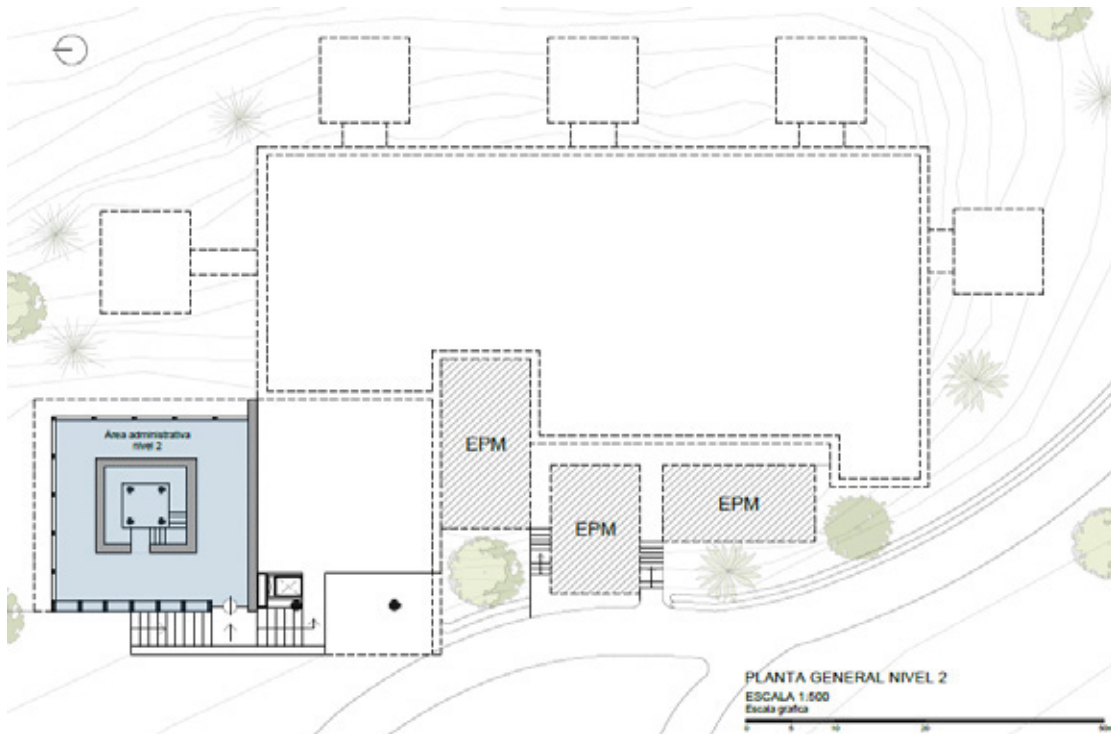


Figura 51 Planta General Nivel 2

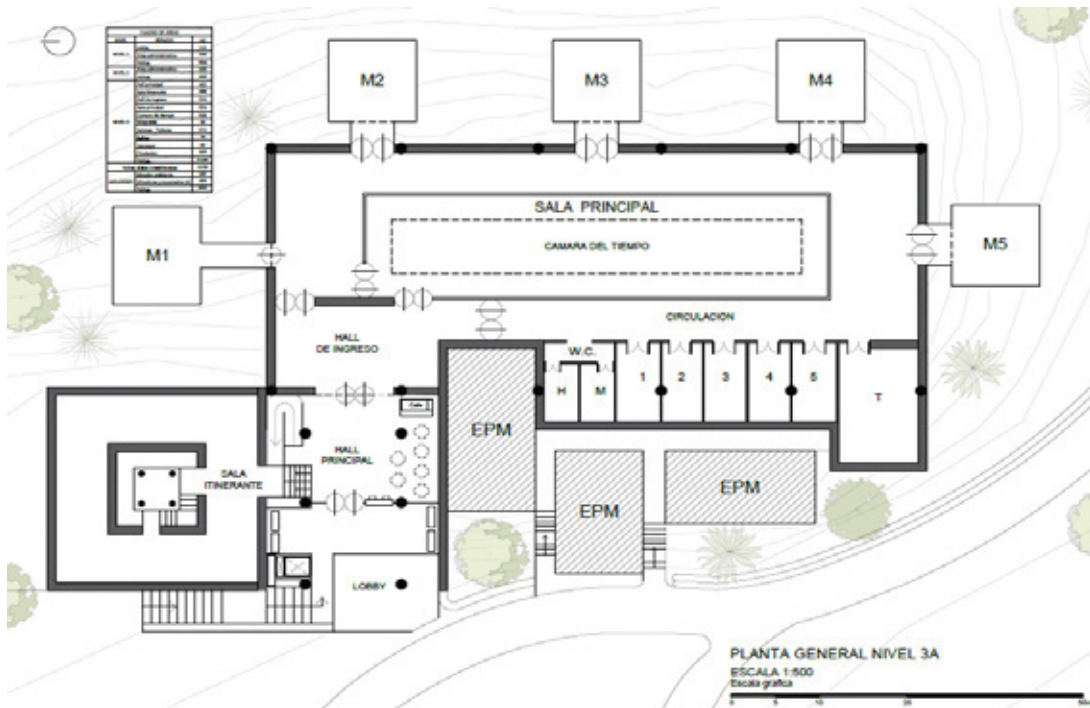


Figura 52 Planta General Nivel 3A

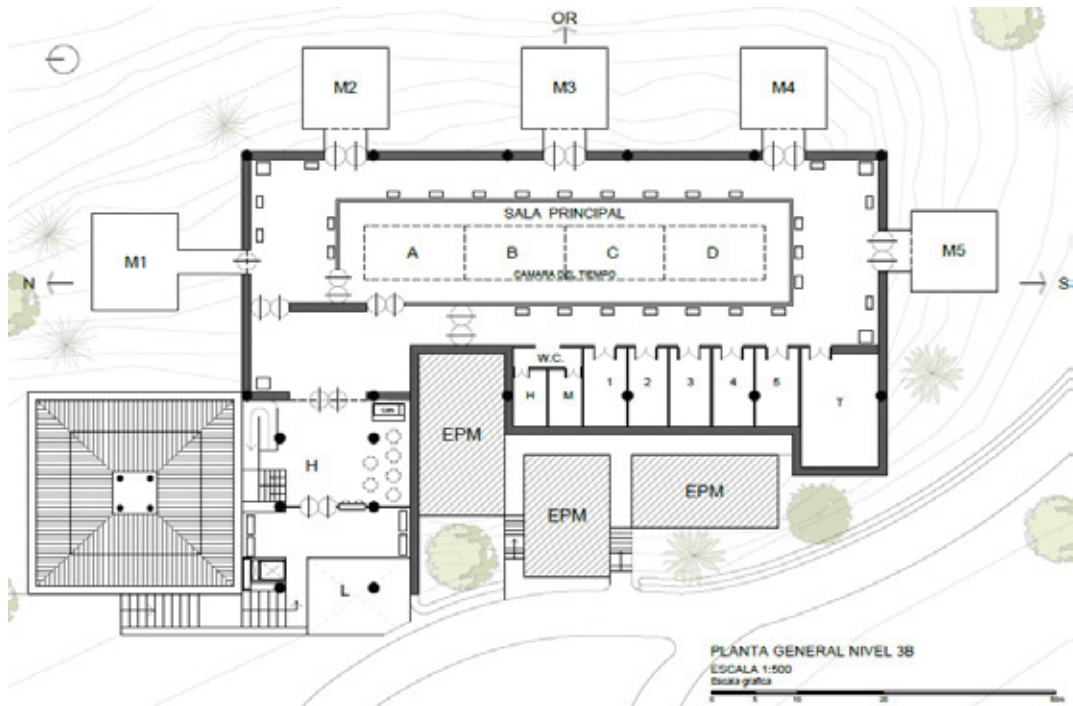


Figura 53 Planta General Nivel 3B

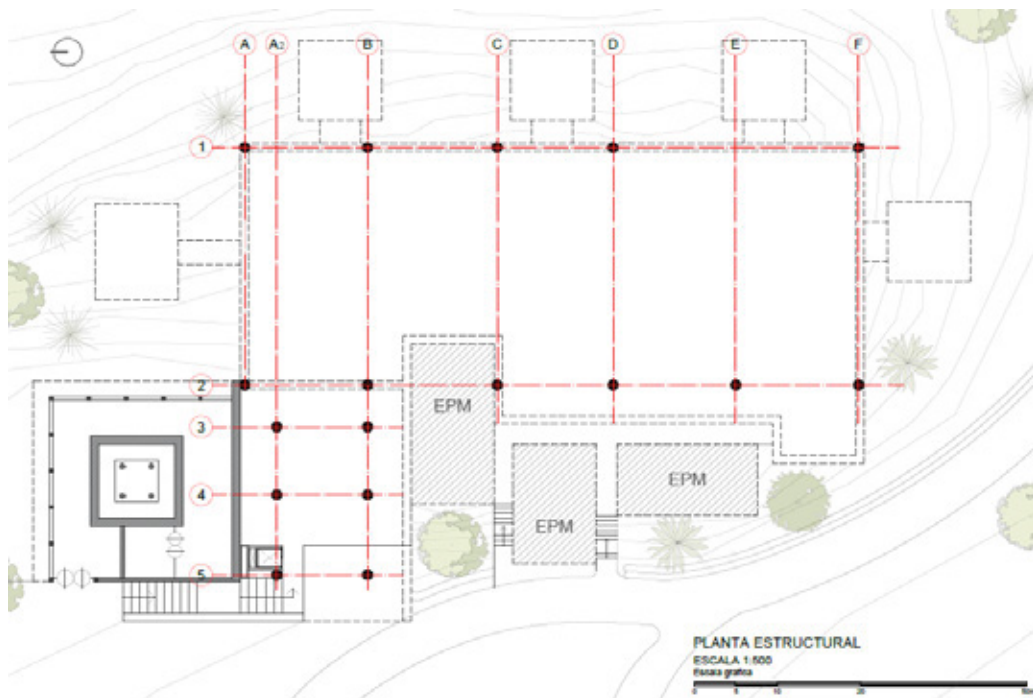


Figura 54 Planta General Ejes Estructurales

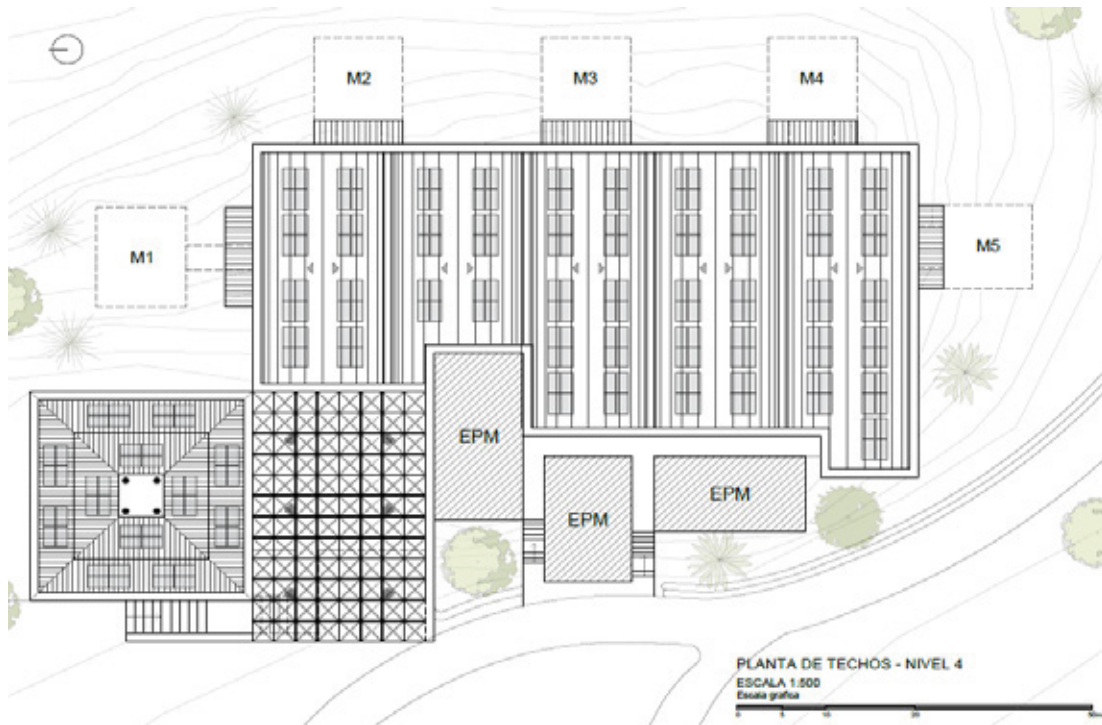


Figura 55 Planta General de Techos – Nivel 4

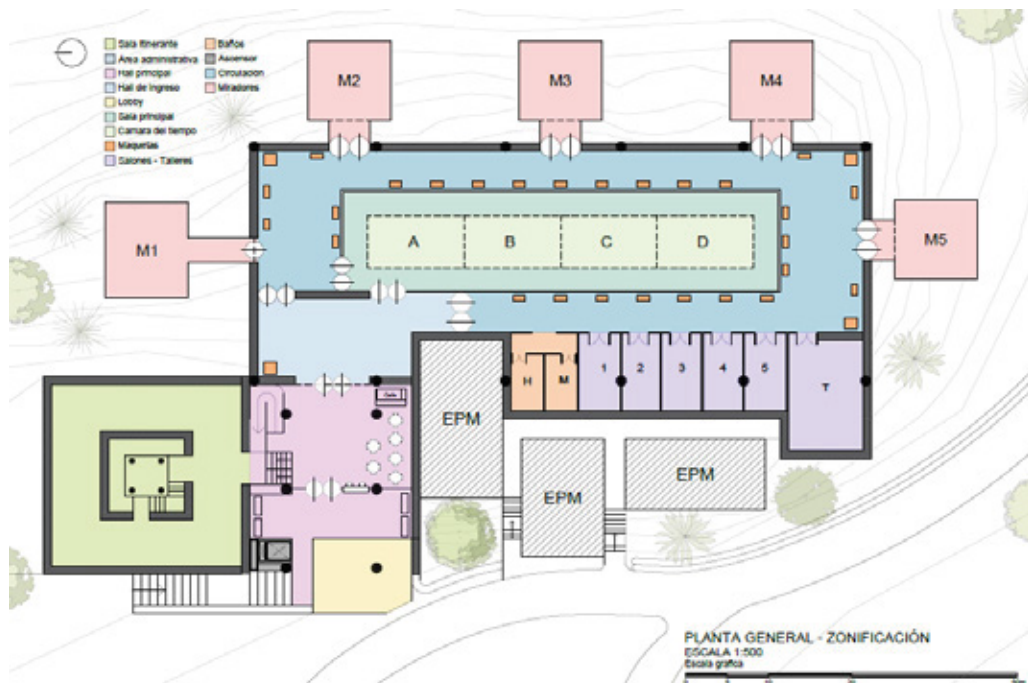


Figura 56 Planta General Zonificación de Usos



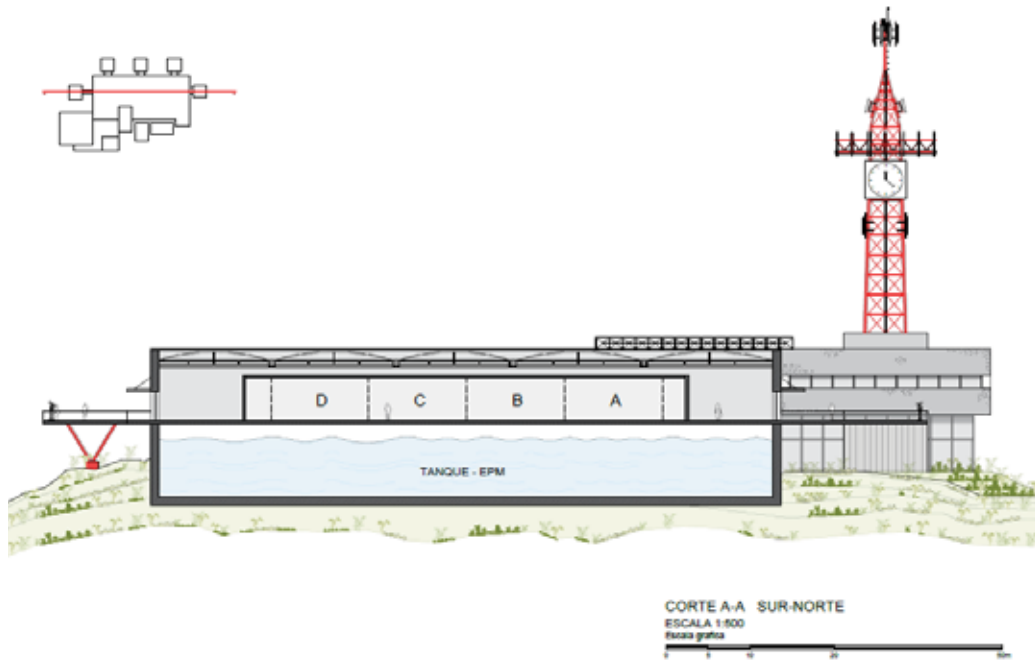


Figura 57 Corte A – A Sur – Norte

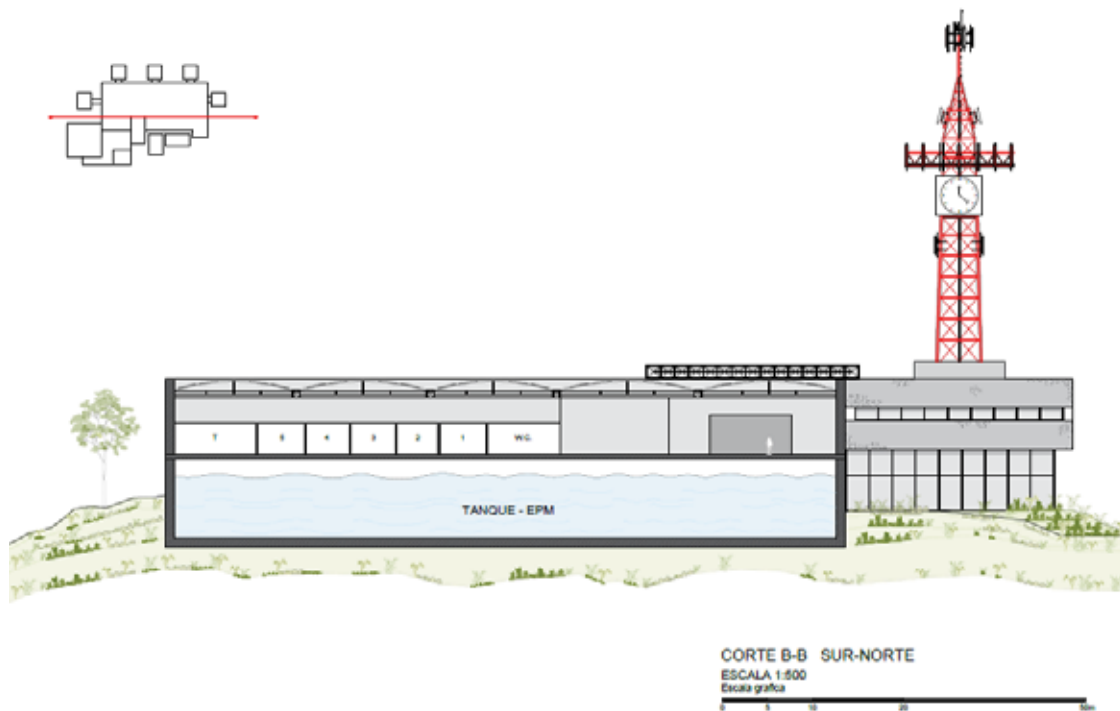


Figura 58 Corte B – B Sur - Norte

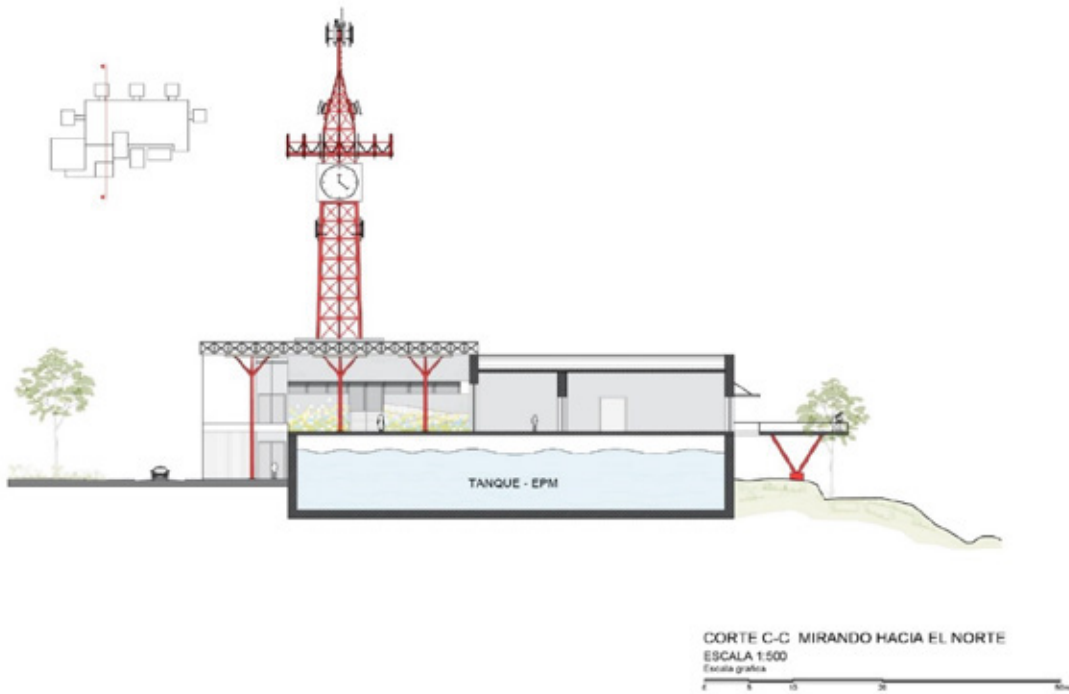


Figura 59 Corte C – C Hacia el Norte

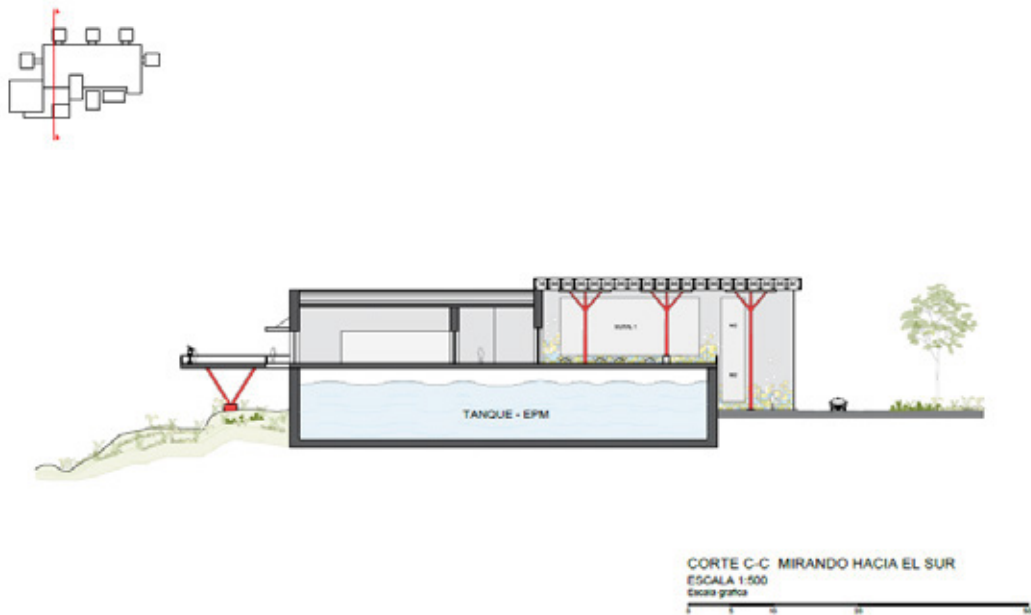


Figura 60 Corte C – C, Hacia el Sur

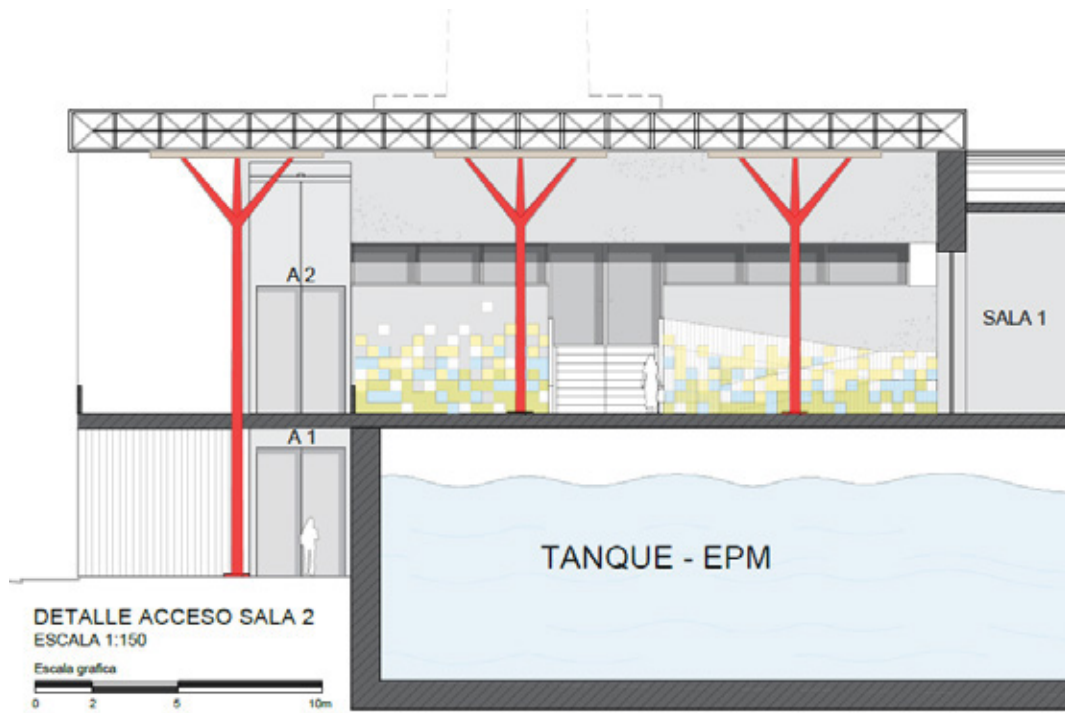


Figura 61 Detalle mirando hacia la Sala 2

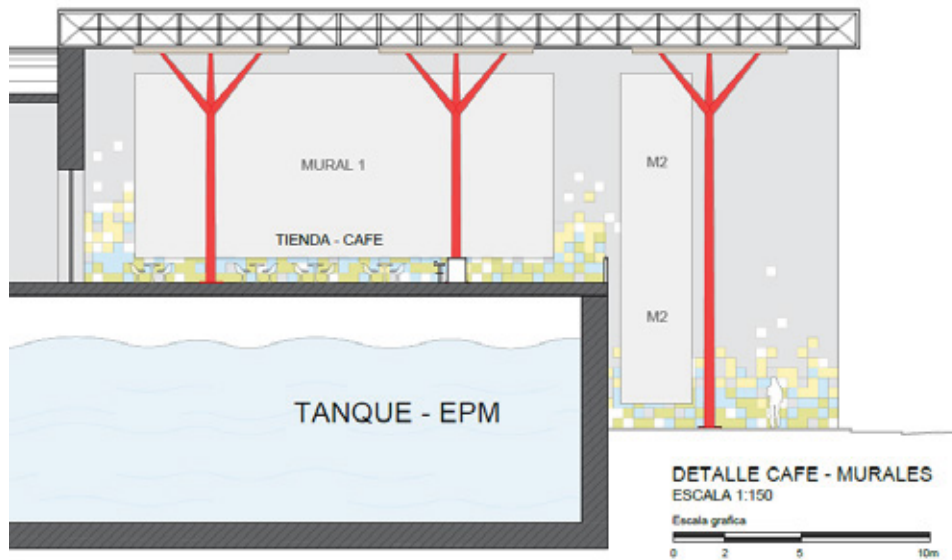


Figura 62 Detalle mirando hacia la Tienda – Café - Murales

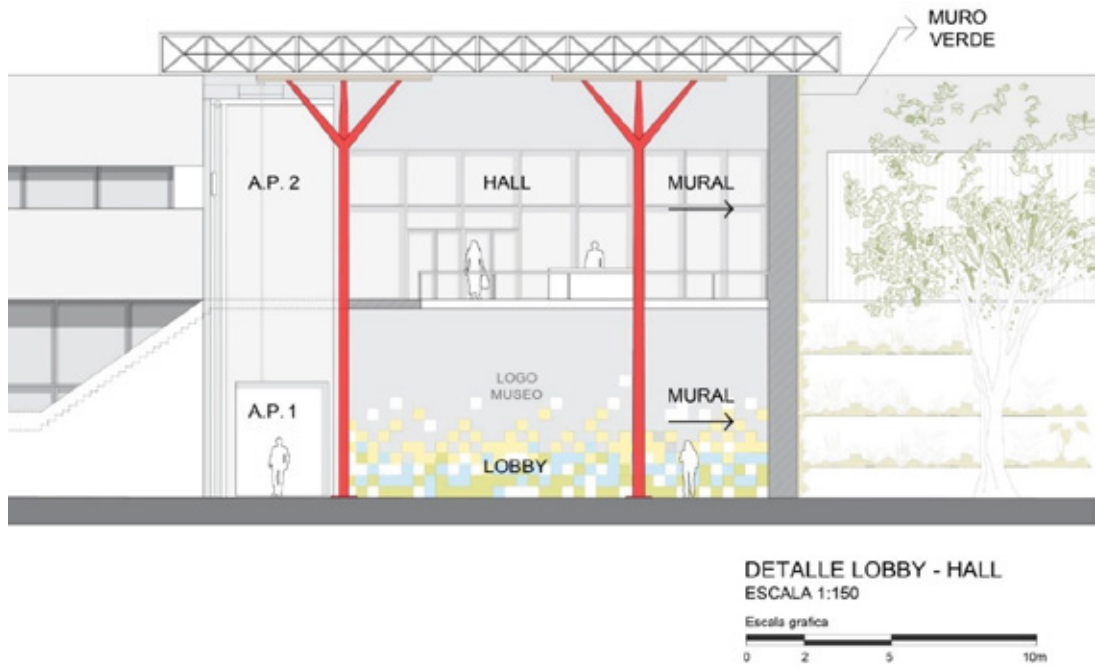


Figura 63 Detalle de la entrada principal Lobby – Hall

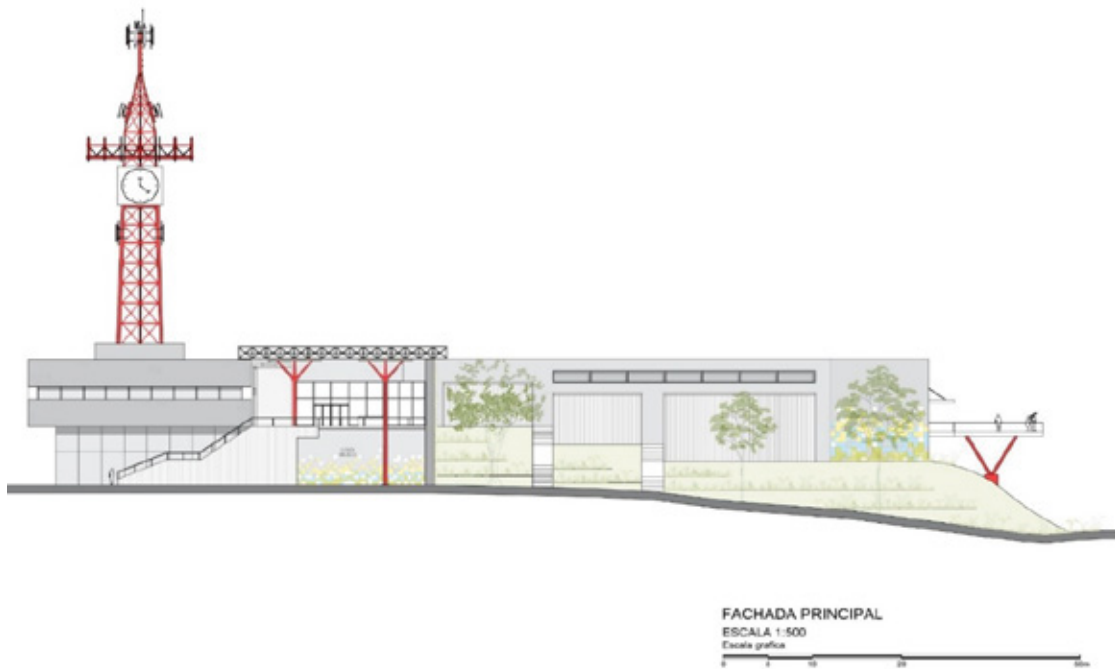


Figura 64 Fachada Principal



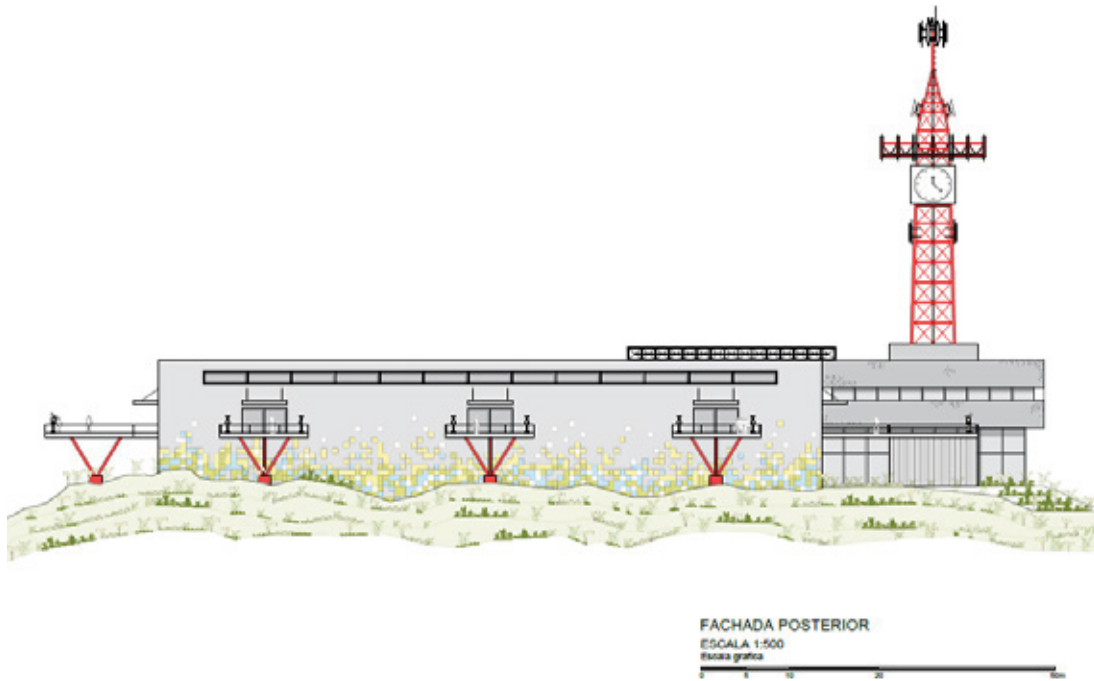


Figura 65 Fachada posterior

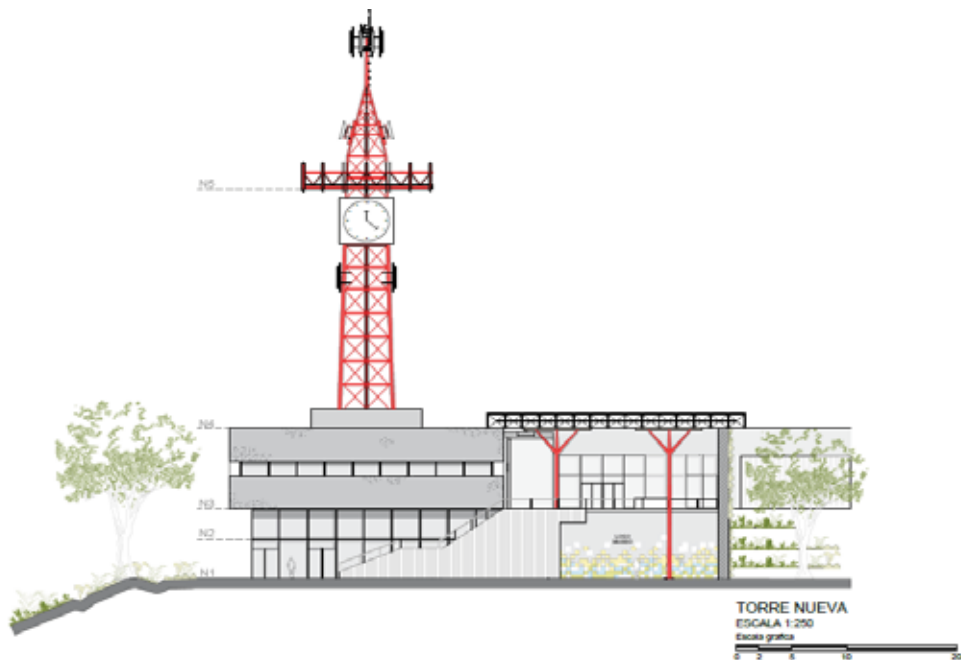


Figura 66 Detalle de entrada principal, edificio administrativo y Torre de Telecomunicaciones, Faro y Reloj

<b>CUADRO DE ÁREAS</b>		
<b>NIVEL</b>	<b>ESPACIO</b>	<b>M2</b>
NIVEL 1	Lobby	111
	Área administrativa	440
	<b>TOTAL</b>	<b>551</b>
NIVEL 2	Área administrativa	440
	<b>TOTAL</b>	<b>440</b>
NIVEL 3	Hall principal	402
	Sala itinerante	498
	Hall de ingreso	230
	Sala principal	350
	Camara de tiempo	308
	Maquetas	40
	Salones - Talleres	370
	Baños	76
	Ascensor	20
	Ciculacion	845
	<b>TOTAL</b>	<b>3.139</b>
<b>TOTAL ÁREA CONSTRUIDA CUBIERTA</b>		<b>4.130</b>
MIRADORES	Mirador existente	140
	Miradores proyectados (4)	460
	<b>TOTAL</b>	<b>600</b>
<b>ÁREA APROXIMADA TOTAL PROYECTO</b>		<b>4.730</b>

**Elementos complementarios del Proyecto:**

1. Torre – Faro – Reloj – Telecomunicaciones.
2. 10 Binoculares, dos por cada uno de los 5 miradores.
3. Ascensor y Murales para el Lobby – Hall.
4. Mobiliario y mercancía para el Café – Tienda.
5. Equipos y software para la Cámara del Tiempo.
6. 31 maquetas con sus pedestales, urnas, planos y fotografías.
7. Dotación y mobiliario de los 5 talleres pedagógicos.
8. Dotación del Taller de Maquetas y Montaje de Exposiciones.
9. Dotación del Área Administrativa, Operativa, Centro de Documentación, Archivo y Biblioteca del Museo.
10. Paneles Solares en las cubiertas de todo el complejo que conforma el Museo.



*Figura 67 Imagen aérea del proyecto*



*Figura 68 Imagen en 3D del Proyecto  
(Entrada Principal)*

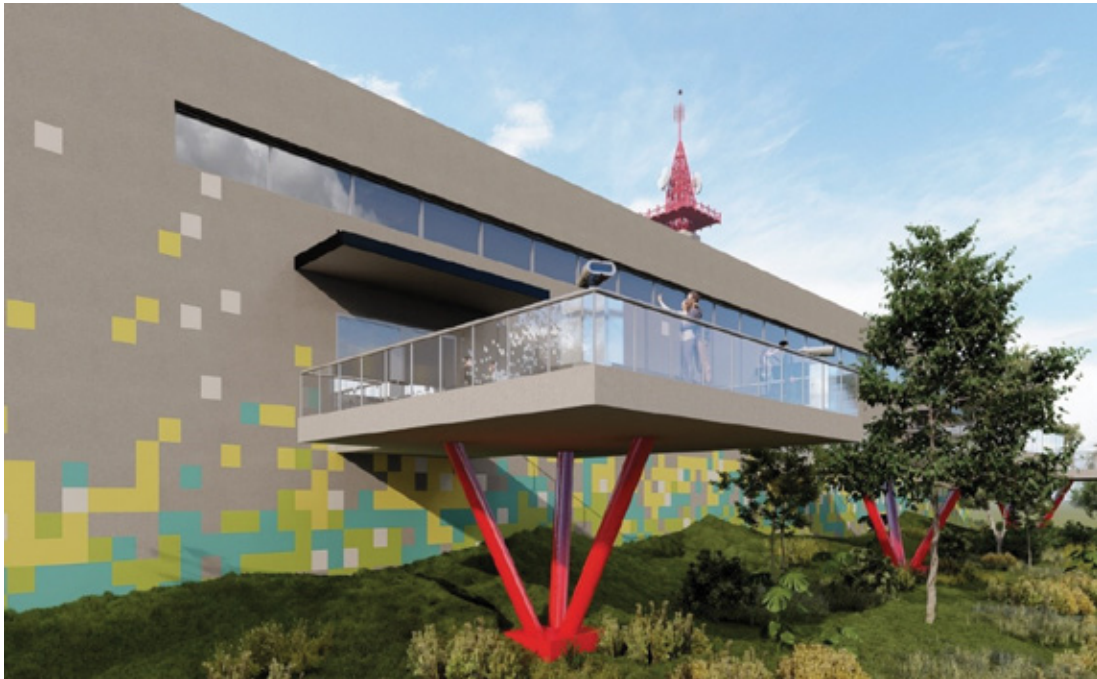


*Figura 69 Imagen en 3D del Proyecto  
(Entrada Principal)*



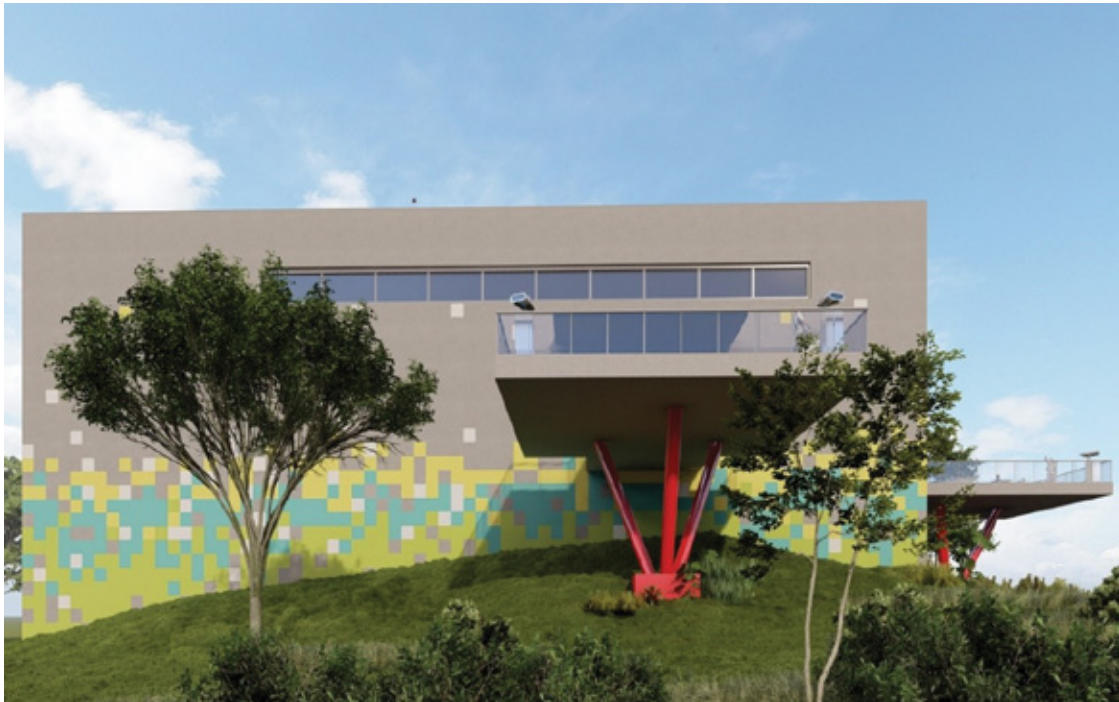


*Figura 70 Imagen en 3D del Proyecto  
(Entrada Principal)*



*Figura 71 Imágenes en 3D del Proyecto – Volumetría del conjunto y miradores*

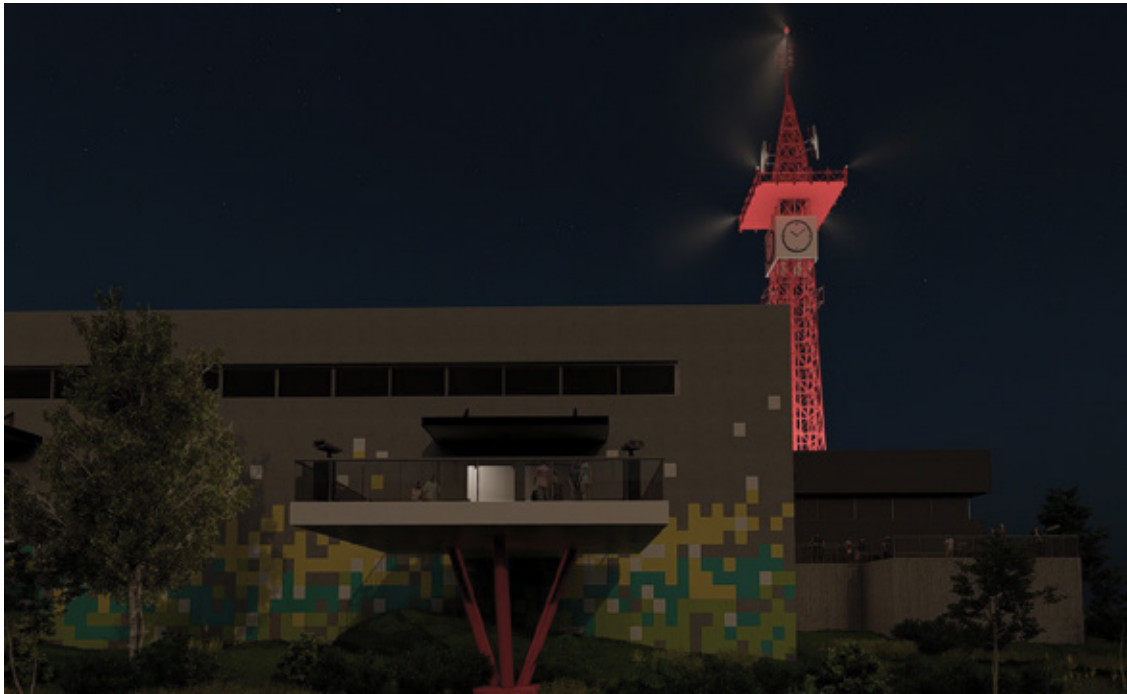




*Figura 72 Imagen en 3D del Proyecto – Volumetría del conjunto y miradores*



*Figura 72 Imagen en 3D del Proyecto – Volumetría del conjunto y miradores  
(Una Mirada Nocturna)*



*Figura 73 Imagen en 3D del Proyecto – Volumetría del conjunto y miradores  
(Una Mirada Nocturna)*



*Figura 74 Imagen en 3D del Proyecto – Espacios Internos  
(Hall Café – Tienda)*





*Figura 75 Imagen en 3D del Proyecto – Espacios Internos  
(Hall entrada Sala Itinerante)*



*Figura 76 Imagen en 3D del Proyecto – Espacios Internos  
(Cámara del Tiempo)*



*Figura 77 Imagen en 3D del Proyecto – Espacios Internos  
(Corredor de Exposición de Obras arquitectónicas y  
entradas a Salones – Talleres Pedagógicos)*



*Figura 78 Imagen en 3D del Proyecto – Espacios Internos  
(Salones de Talleres Pedagógicos)*

## REFERENCIAS

*Pérez, Martín Alonso; Valencia, Natalia NUEVO MUSEO DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE MEDELLÍN (Pág. 89 – 146)*

- [3]. Acuerdo 48 de 2014, Plan de Ordenamiento Territorial de Medellín.
- [4]. Decreto 1166, MCROPROYECTO RIO CENTRO, Distrito Medellín.
- [5]. Acuerdo 003, Plan de Desarrollo 2024 – 2027, Medellín Te Quiere.
- [6]. Propuesta de Proyectos Estratégicos para Medellín y el Valle de Aburrá 2024 – 2027, Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos SAI.
- [7]. Propuestas de Proyectos Estratégicos para el Plan de Desarrollo de Medellín 2024 – 2027, CAMACOL Antioquia.
- [8]. Archivos de la firma MAPER Arquitectos.
- [9]. Archivos de la Sociedad Colombiana de Arquitectos, seccional Antioquia.
- [10]. Archivos de la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos SAI.
- [11]. Archivos de las Facultades de Arquitectura de las Universidades UPB y Nacional de Medellín (Trabajo de Grado: Arq. Diana L. García Montoya y Arq. Carlos Pinto).
- [12]. Listado de proyectos de firmas afiliadas a CAMACOL Antioquia, que pueden pagar sus Obligaciones Urbanísticas en el Nuevo Museo de Arquitectura y Urbanismo de Medellín.
- [13]. Archivos de Modelación Urbana de la Empresa de Desarrollo Urbano EDU de Medellín.
- [14]. Archivos fotográficos de la Administradora del Museo de Ciudad, Casa Museo Pedro Nel Gómez.

## Convenios para Asociados SAI



Estos convenios están reservados para Asociados al día con su aporte anual. Al redimir tus beneficios, presenta tu cédula y menciona que eres un Asociado SAI.

## HACIA LA RECUPERACIÓN DEL RÍO Y LAS QUEBRADAS DE MEDELLÍN

Enrique Posada Restrepo

*Ingeniero mecánico UPB; BS y master en ingeniería mecánica, University of Maine, Orono, Maine, EUA  
eposadar@yahoo.com*

**Resumen:** Se presentan una serie de consideraciones sobre las quebradas que llegan al Río Medellín y que hacen parte del área ocupada por la ciudad, ahora Distrito Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación de Medellín. El autor ha escrito en 2020 un libro sobre el tema, LAS QUEBRADAS DE MEDELLÍN, UNA CRÓNICA POÉTICA, cuyo énfasis es el tratamiento literario, descriptivo y poético de estas preciosas corrientes de agua. Acá se hace énfasis en los aspectos técnicos y de ingeniería de las mismas, enfocándose en propuestas para llevar a cabo su recuperación, junto con la del Río Medellín en su paso por la ciudad y el Área Metropolitana misma. Se quiere contribuir así al desarrollo eventual de acciones que lleven a hacer de la región una zona especial, cargada de belleza y de la magia del agua, evitando que se pierdan para siempre las posibilidades existentes, dando por perdidas las hermosas corrientes, convertidas en canales grises, en túneles escondidos, con la salvedad de algunos parques lineales, tímido reflejo del gran potencial existente.

**Palabras clave:** Río Medellín, Quebradas, Recuperación, Cultura Ciudadana, Proyectos.

### 1. INTRODUCCIÓN

Deberíamos estar los ciudadanos de Medellín muy enamorados de las quebradas que bajan de las montañas del Valle de Aburrá hacia el río. Se trata de decenas de corrientes, casi todas menospreciadas por la ciudad, que las ha canalizado, tunelizado, domesticado, descuidado, hasta convertir a muchas de ellas en simples canales de aguas turbias, tristes y sucias. Sin embargo, ellas tienen nombres, muchos de ellos sonoros y poéticos; tienen historia; tienen cosas propias y pueden ser rescatadas y devueltas, al menos parcialmente, a su perdido esplendor.

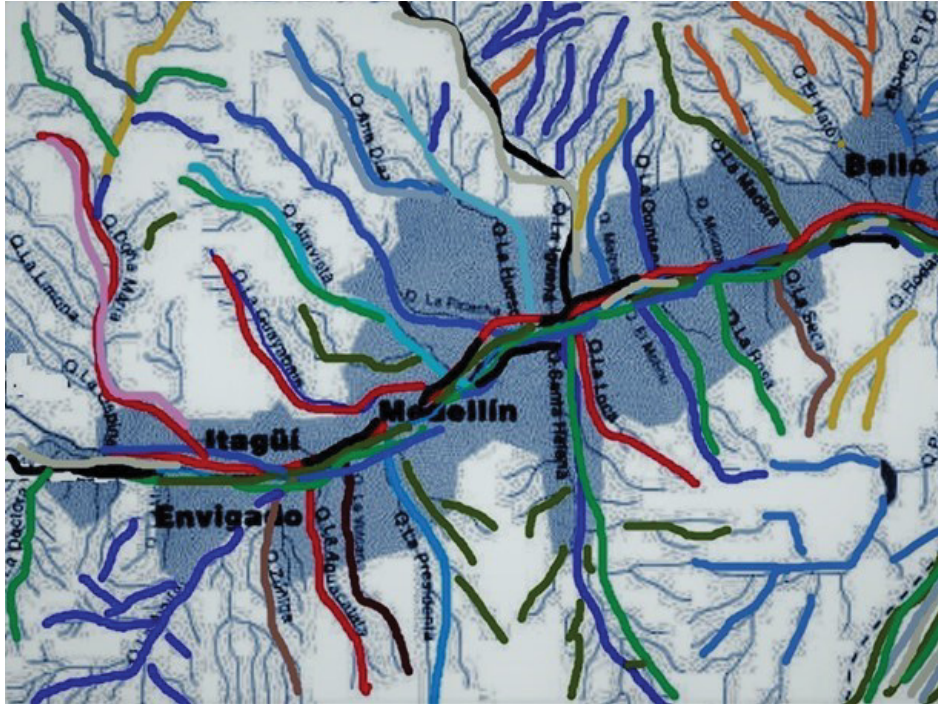
Este artículo está escrito para contribuir a hacer de ellas lugares de referencia, tesoros ecológicos, paisajísticos y recreativos; para que tengan protagonismo, para crear conciencia pública y ciudadana, de manera que se vaya creando toda una corriente de opinión y toda una serie de proyectos para su recuperación. Nació de un trabajo poético que realicé hace algunos años, ya que concibo a la poesía como un arte que tiene función pública y comunitaria, como una práctica espiritual que crea conciencia. Escribí un libro de poemas y escritos poéticos referidos a las distintas quebradas y arroyos que llegan al río en la ciudad de Medellín, ilustrados con bosquejos y fotografías, la mayor parte de mi autoría [1]. Lo preparé luego de recorrer las quebradas, de entrevistarme con personas, de investigar crónicas, historias, artículos y archivos. Esta tarea fue transformadora, sentí que al escribirla me fui convirtiendo en una corriente más, que quiere llenar de frescura a este hermoso Valle de Aburrá, a esta



hermosa ciudad de Medellín. Quiero aprovechar la Revista SAI para elaborar una versión de mi trabajo más enfocado en las propuestas y la planeación, convencido de que puede llegar a lectores adicionales a los que tiene el libro mencionado.

## 2. EL VALLE DE LAS ABUNDANTES QUEBRADAS

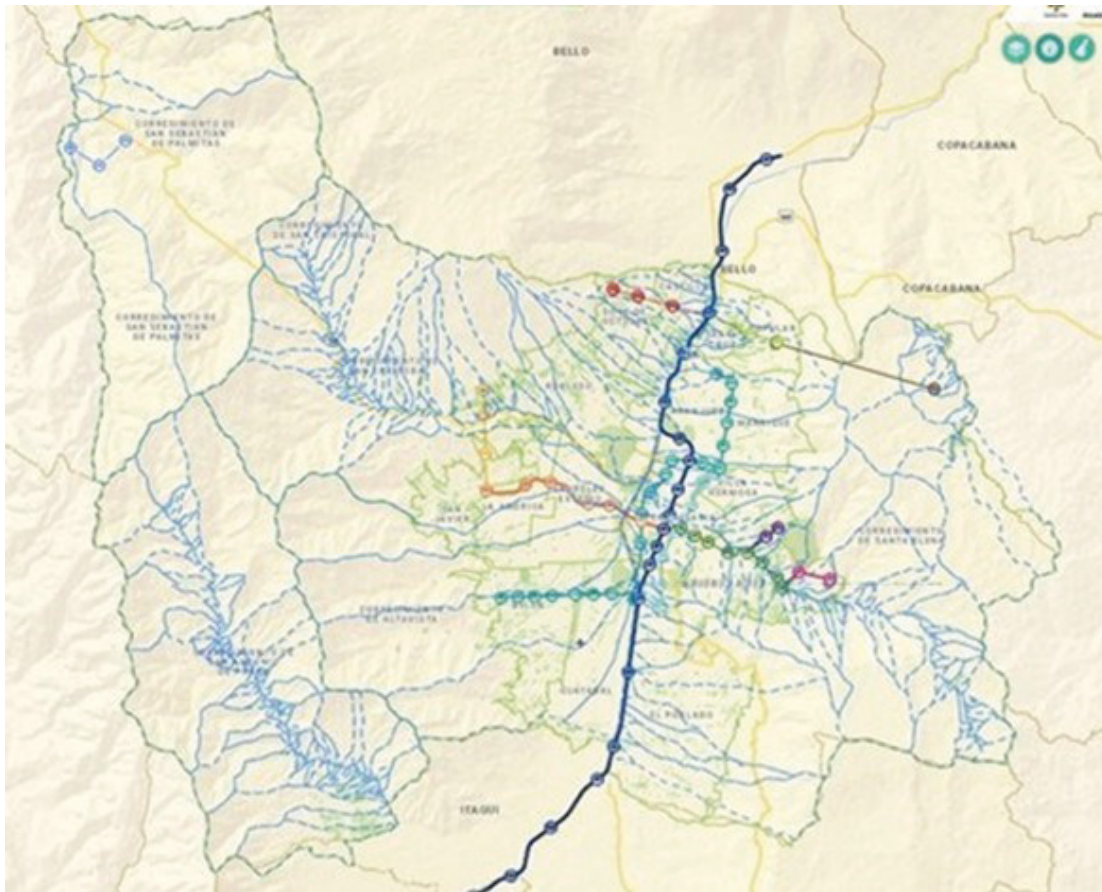
Medellín, la principal ciudad del Valle de Aburrá. Está situada en un valle relativamente estrecho y arrugado, cruzado por numerosas quebradas, casi todas ellas de nombres evocadores.



*Figura 1. El río Medellín, o Aburrá, que separa dos ramales de la cordillera occidental, recibe gran cantidad de quebradas que bajan desde las altas cumbres.*

*Fuente elaboración propia*

Este Valle de Aburrá, es muy rico en quebradas. Centenares de arroyos surgen de los intrincados pliegues de las arrugadas montañas, los arroyos van formando las quebradas mayores que finalmente desembocan en río. En la vertiente oriental, se encuentra, al sur de la ciudad, La Ayurá, quebrada principal del municipio de Envigado, que baja orgullosa desde cumbres todavía boscosas. De todas las quebradas es la que más ha logrado resistir la tendencia a convertirse en un canal de aguas sucias. La Zúñiga, la Poblada, La Aguacatala, la Volcana, la Presidenta (y también irónicamente La Sucia) son las quebradas de cierta calidad, que bajan de las otras montañas del oriente, en las Palmas, a las cuales todavía se les permite fluir relativamente limpias, entre unidades residenciales de clase alta que gustan de sus sonidos evocadores y de sus bosques.



*Figura 2 Las abundantes quebradas de Medellín  
Fuente Cartografía Municipal*

Siguiendo por el occidente hacia el norte, las quebradas han sido muy afectadas por el centro de la ciudad, que las oculta bajo sus calles. La Santa Elena, que en sus tiempos refrescaba el camellón de la Playa, es ahora ignorada corriente en su paso por el centro. Se la recuerda solamente en épocas de borrasca, cuando a veces inunda calles y avenidas al salirse de madre. Todavía fluye limpia bajando de la vereda de Santa Elena, bajo la amenaza de invasiones urbanas, antes de caer en el túnel urbano.

Más al norte, las quebradas La Loca, La Honda, El Molino, La Bermejala, La Santa Cruz y la Granizal han sido muy afectadas por la ciudad, a veces ocultas bajo las calles, otras veces atrapadas en canales, fluyendo, con frecuencia, afeadas por las basuras.

En la vertiente occidental, hacia el sur, la quebrada Doña María baja de las montañas de Itagüí y de San Antonio de Prado, tan grande como un río, rica en corrientes. Poco a poco se va ensuciando y afeando, si bien pasa por un canal relativamente amplio.

No es totalmente favorable la situación de las quebradas del sur occidente, La Guayabala, La Altavista, La Picacha, La Ana Díaz y la Hueso, todas canalizadas y de aspecto contaminado,

a pesar de que atraviesan zonas relativamente ordenadas desde lo urbano y de que en cercanías a sus nacimientos todavía se aprecian relativamente libres y limpias. A pesar de que están encerradas entre canales inclinados de cemento, la ciudad ha ido conformando corredores verdes en sus orillas, adornado con jardines y abundante arborización.

En todo el centro de la vertiente occidental se encuentra la quebrada La Iguaná, casi tan importante en la historia de la región como la Santa Elena, a la cual se enfrenta en su desembocadura en el Río Medellín. Afortunadamente, a pesar de estar muy contaminada, sus cauces han sido relativamente respetados por el cemento, de modo que pudiera convertirse con poco esfuerzo en un verdadero corredor ecológico.

Hacia el norte, las quebradas La Quintana, La Cantera, Minitas, La Rosa y La Malpaso están bastante deterioradas y menospreciadas por la población, aunque esta última cuenta con parques lineales y zonas verdes. Ya en los límites con el municipio de Bello, La Madera se resiste a morir.

Un observador atento seguramente siente que es especial la situación de este valle, rico como ningún otro en arroyos y en quebradas, que en tiempos antiguos bullían con peces, sabaletas, capitanes; que formaban charcos, que atraían paseos de olla y cantos. Es hora de cambiar, de dar dignidad, de recuperar el encanto perdido, de rendir homenaje a la perdida belleza, para que vuelva con nosotros. Ya se han emprendido los primeros pasos. Ojalá que escritos como este sean una invitación que se sienta con agrado la magia del agua por todas partes.

### **El valle de las quebradas**

Valle como ningún otro,  
desde las nubes bañado  
con la frescura del arroyo  
que enverdece los collados.

Valle como ningún otro  
de casas apretujadas, altivas  
que han invadido los arroyos  
en busca de riqueza y de vida.

Ahora hay manchas y cicatrices  
en las verdes laderas del valle  
regadas por quebradas tristes.

Ya no croan las ranas, no hay peces  
en los canales, debajo de las calles.  
Solo sus nombres vivos permanecen.

### 3. ENTRE EXCESOS Y DEFECTOS

Las quebradas de Medellín, se han convertido en oscilantes indicadores del clima. Por épocas se van quedando secas. No caen las lluvias y se las ve como delgados hilillos de agua, de color gris triste. Aumentan los olores, no atraen la mirada. Empiezan las lluvias y cuando son abundantes o hay borrascas, las quebradas se crecen y se convierten en veloces corrientes, impetuosas, de color marrón, cargadas de sedimentos y de todos los materiales y basuras que se habían acumulado en sus orillas durante los tiempos secos. Dan susto. La gente agradece que estén canalizadas entre lozas de cemento gris, que evitan que inunden las calles y las vecindades. Pero, aun así, existen riesgos y con cierta frecuencia se producen daños e inundaciones. Se ha perdido el efecto regulador de las quebradas. Al despojarlas de sus riberas cubiertas de vegetación y al enderezarlas y rodearlas de cemento y de vías, las aguas lluvias fluyen de inmediato hacia sus cauces, arrastrando sedimentos y residuos. Fluyen las corrientes a alta velocidad, inundando a su vez al río. Se mueven las quebradas entre excesos y defectos. Y eso afecta el alma ciudadana, que también se agita entre excesos y defectos. No vale la pena contemplar los arroyos, no hay forma de escuchar sus voces cantarinas, fluyendo entre las piedras, formando remansos y charcos. No son fuente de meditación, ni de conversaciones ni de encantamiento. Están agobiadas las aguas por la velocidad, deben fluir con la urgencia de la línea recta, con la máxima eficiencia. Como los habitantes de la ciudad, se mueven a la urgente alta velocidad que deja de lado goces y disfrutes.

#### LA CIUDAD DE LOS CANALES Y DE LOS PUENTES

Construida en un estrecho valle,  
la altiva ciudad de Medellín, año tras año,  
se extiende hacia las verdes montañas  
por caminos que el agua había trazado.

Eran caminos ondulantes, tortuosos  
que el agua fresca surcaba elegante,  
formando remansos, cayendo espumosa,  
tapizados por rocas y jardines colgantes.

Altiva la ciudad direccionó esas aguas,  
para robar espacios y evitar sorpresas,  
entre líneas rectas surgieron los canales  
y se hicieron puentes, calles y carreras.

No son evocadores canales venecianos  
los de esta ciudad, rica en aguas cordilleranas,  
son geométricos trazados eficientes y precisos  
que alejan al agua de la gente y de las montañas.



#### 4. QUEBRADA LA AYURÁ EN ENVIGADO – UN EJEMPLO

En este artículo se trata solamente de las quebradas de la ciudad de Medellín. Sin embargo, vale la pena referirse a la ciudad de Envigado y su quebrada icónica, la Ayurá y a los contrastes entre el manejo bastante digno que se ha dado a esta quebrada y los manejos tan distintos que se han dado a las demás quebradas esenciales de las cuatro ciudades más importantes del Valle de Aburrá. La siguiente tabla comparativa permite comparar los distintos enfoques que se han dado en la región a algunas quebradas hasta ahora.

**Tabla 1 Cuatro ciudades del Aburrá y el manejo de sus quebradas importantes**

Ciudad	Quebrada esencial	Manejo
Medellín	Santa Elena	Protección ecológica cuenca superior. Invasión parcial del cauce. Algunos parques. Cubrimiento con avenidas. Contaminación media
Envigado	Ayurá	Parque ecológico extenso Protección ecológica cuenca superior. Canal urbano amplio con avenidas arborizadas. Limpia.
Itagüí	Doña María	Protección ecológica cuenca superior. Parques urbanos. Canal urbano amplio poco arborizado. Contaminación media
Bello	La García	Protección ecológica cuenca superior. Parques urbanos. Invasión parcial del cauce. Canal urbano irregular poco arborizado. Contaminación media

Envigado es una ciudad que cuida sus tradiciones, entre ellas las de la quebrada Ayurá, sobre la cual existen varias leyendas, como la de la fecundidad que garantiza a las mujeres que se bañen en sus corrientes. Ya nadie se baña en la quebrada al atravesar la zona urbana, dado que, aunque se la aprecia limpia, fluye entre unos muros relativamente profundos, sin ninguna facilidad de acceso para las personas. Pero se trata de un canal amplio que permite cierta libertad a su flujo, de manera que el cauce mantiene, como es lo normal en las quebradas de montaña, abundante presencia de piedras, cascajo y arenas, y matorrales.

Se puede proponer que se establezcan senderos peatonales en sus orillas, para que los caminantes puedan apreciar sus corrientes y sentir los sonidos del agua en su flujo impetuoso, elementos muy enriquecedores que estarían al alcance de todos con inversiones relativamente modestas. Se puede completar todo esto con la siembra de peces en la quebrada y eventualmente, con posibilidad de la práctica de la pesca.

Al terminar las caminatas por estos propuestos senderos ecológicos ribereños, los caminantes pueden darse una pasada por dos sitios espectaculares de la ciudad. La casa Museo Otra Parte, dedicada a la memoria de Fernando Gonzáles, el filósofo de los caminantes, el del Viaje a Pie. Luego pueden visitar La Biblioteca Pública y Parque Cultural Débora Arango.

Si bien la quebrada no es accesible en su paso por la zona urbana, la ciudad de Envigado ha tenido la sabiduría de establecer un hermoso parque natural en la zona del Salado, un par de kilómetros aguas arriba del límite urbano, frecuentemente visitado por personas de la ciudad y del Valle de Aburrá.



*Figura 3 El parque lineal El Salado en la quebrada Ayurá en Envigado*

### **Mojándose las piernas**

Hay que dejar que el agua roce,  
con ternura, con amor maternal,  
las piernas, que trabajan sin cesar,  
para recuperar la energía y el goce.

La ciudad se merece estos regalos  
para que sus habitantes sean gente especial,  
de ideas frescas como las aguas montaÑeras,  
para que el disfrute sea compañía amable.

## 5. PROYECTO DE RECUPERACIÓN DE QUEBRADAS EN EL VALLE DE ABURRÁ

No han faltado los proyectos para recuperar las quebradas. Hay que dar continuidad y fortalecer con recursos económicos, humanos y con liderazgo. Por ejemplo, se ha establecido el convenio “Nuestro Río” conformado, entre otras entidades, por la Gobernación de Antioquia, Corantioquia, Cornare, EPM (Empresas Públicas de Medellín), Metro de Medellín, el AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá) y las diez administraciones de los municipios que lo conforman. Se trata de un ejercicio de sinergias para mejorar las condiciones del recurso hídrico en la región metropolitana.

El Plan Quebradas [2], es entonces una estrategia ambiental que busca la intervención integral de 19 afluentes del Valle de Aburrá (6 de ellos en Medellín), fue presentado el 17 de mayo de 2017 ante los distintos actores interesados en la calidad ambiental de las microcuencas y la protección de sus recursos naturales. La tabla siguiente muestran las quebradas que componen el Plan Quebradas y sus atributos de flujo y cuenca.

**Tabla 2 Quebradas del Plan Quebradas en el Valle de Aburrá**

Quebrada	Longitud. km	Área cuenca, km <sup>2</sup>
Quebrada La López (Barbosa)	4.90	3.76
Quebrada El Salado (Girardota)	18.89	27.0
Quebrada Piedras Blancas (Copacabana)	15.16	42.25
Quebrada El Hato (Bello)	14.20	20.93
Quebrada La García (Bello)	19.30	81.96
Quebrada La Madera (Bello)	11.89	3.31
<b>Quebrada La Honda (Medellín)</b>	<b>6.29</b>	<b>5.90</b>
<b>Quebrada La Iguaná (Medellín)</b>	<b>17.30</b>	<b>50.99</b>
<b>Quebrada La Picacha (Medellín)</b>	<b>12.43</b>	<b>12.31</b>
<b>Quebrada La Malpaso (Medellín)</b>	<b>8.90</b>	<b>4.20</b>
<b>Quebrada Santa Elena (Medellín)</b>	<b>15.4</b>	<b>44.6</b>
<b>Quebrada Altavista (Medellín)</b>	<b>10.81</b>	<b>24.31</b>
Quebrada Doña María (Itagüí)	25.84	75.80
Quebrada La Doctora (Sabaneta)	7.80	14.85
Quebrada La Grande (La Estrella)	6.52	9.55
Quebrada La Bermejala (La Estrella)	6.25	15.19
Quebrada La Valeria (Caldas)	9.60	11.70
Quebrada La Miel (Caldas)	10.17	22.30
Quebrada La Ayurá (Envigado)	15.40	44.60

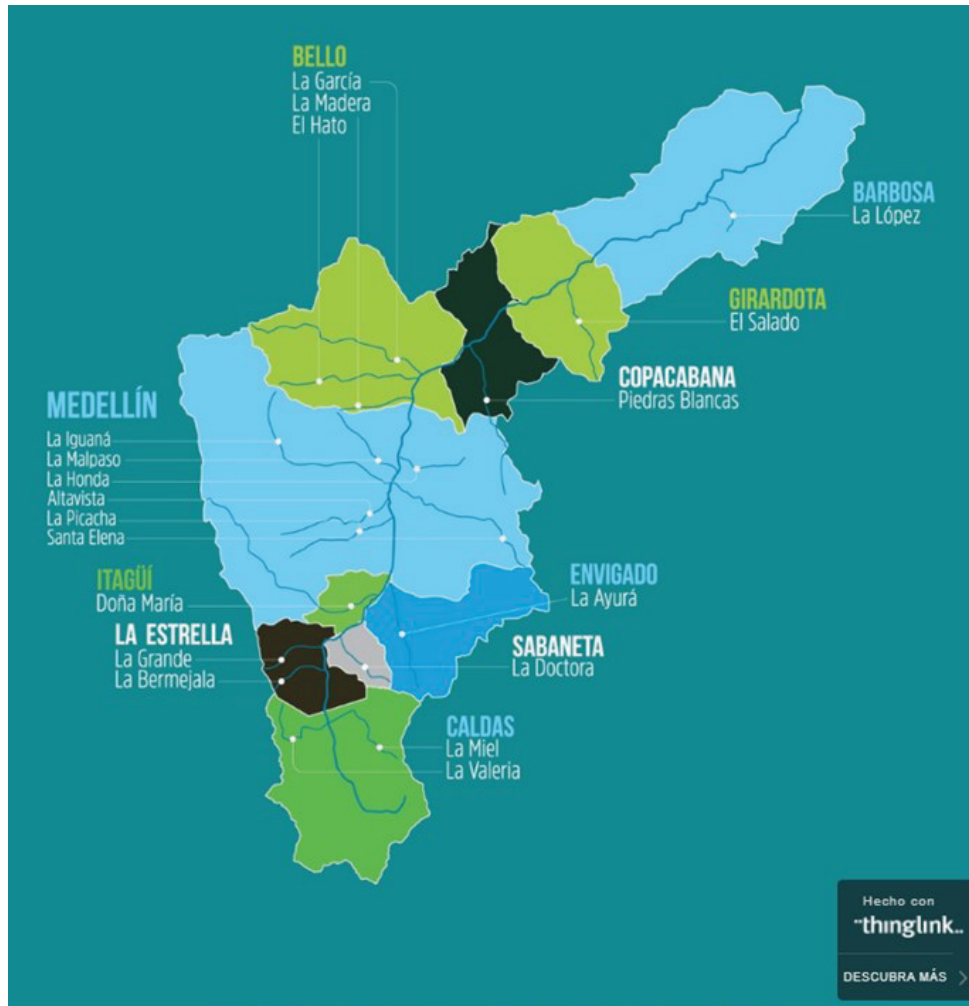


Gráfico: Área Metropolitana del Valle de Aburrá y CTA / Esfera Viva



Figura 4 Esquema de localización de las quebradas a ser atendidas por el Plan Quebradas y los municipios en los cuales están las cuencas y línea de acción del plan.  
Fuente AMVA



A modo de ejemplo de la forma en que la ciudad concibe este tipo de programas, se presenta el PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA LA HONDA, MUNICIPIO DE MEDELLÍN [3]

### **Descripción del estado de la cuenca**

La microcuenca presenta problemáticas de saneamiento, por los vertimientos de aguas residuales no tratadas y por la interrupción del sistema de alcantarillado en los barrios de la zona urbana. Hay focos importantes de residuos sólidos. Es frecuente que haya áreas de retiro a la quebrada sin vegetación de protección. Los vertimientos son generados en su gran mayoría por la falta de cobertura del alcantarillado convencional y no convencional, la falta de conexión a los sistemas colectores existentes, las descargas del alcantarillado de EPM en los tramos medio y bajo de la cuenca y, también, por los afluentes que contaminan con sus aguas residuales el cauce de la quebrada La Honda. La presencia de los residuos sólidos se debe a la poca cultura ambiental y de disposición de las personas y a la falta de cobertura suficiente del servicio de recolección de Empresas Varias de Medellín. La cuenca alta está en Santa Elena y no muestra ocupación de las zonas de retiro. Las concentraciones de viviendas que invaden las zonas de retiro se encuentran en las partes medias y altas de la ladera. En el tramo medio, con el crecimiento de los barrios La Honda, La Hondita, Versalles y El Raizal, se nota una alta ocupación de la zona de retiro tanto en sectores donde la quebrada no se encuentra canalizada, como en los que sí; en estos últimos sectores las viviendas se encuentran construidas sobre el mismo borde de la canalización o a menos de 5m de esta. En el tramo bajo de la cuenca ocurre una situación similar a la del tramo medio, en este sector se siguen encontrando viviendas ubicadas en el borde de la canalización y otras que funcionan como muros de protección dentro del mismo cauce.

En el tramo medio se presenta la mayor afectación en cuanto a coberturas vegetales. En la zona baja, la situación es similar ya que la quebrada atraviesa suelo urbano donde abundan los corredores viales y las construcciones, sin embargo, se aprecia un corredor biológico en el barrio San Pedro asociado a los predios del Jardín Botánico.

### **Programa de recuperación**

- Implementar un programa de saneamiento en zonas rurales y urbanas para el manejo y tratamiento de vertimientos de aguas residuales domésticas.
- Fortalecer la protección y reforestación de áreas de conservación de nacimientos y retiros a la quebrada, a través de un programa de fortalecimiento de guardabosques, siembra y pagos por servicios ambientales.
- Desarrollar un proceso educativo para promover una cultura de cuidado del agua en la población mediante procesos con las comunidades, los municipios y todos los actores.

Este programa se debió desarrollar entre 2018 y 2019, con una inversión estimada de 3400 millones de pesos (del orden de un millón de dólares), la mayor parte de ellos asignados a sistemas de alcantarillado, de conexiones de usuarios y de limpieza y mantenimiento del cauce.

### **Elementos que se plantean para la recuperación de las cuencas [4]**

En el documento de Parques Lineales Quebradas (Giraldo 2010), se plantean diversos elementos relacionados con la recuperación de cuencas de quebradas en zonas urbanas, a partir del concepto de los Parques Lineales, especialmente los siguientes:



*Figura 5 Corredores verdes  
Fuente elaboración propia*

### **El agua como elemento paisajístico**

Al ser el agua el elemento principal y por el que empezó la gestión de los parques lineales sobre bordes de quebrada se considera importante que este elemento forme parte del diseño paisajístico, que no solo sea un elemento que dé dirección, sino que sirva para embellecer los diferentes espacios que tengan los parques lineales y así el transeúnte tenga un contacto directo con el componente para lograr una mayor concientización y por ende buen uso de este elemento tan importante.

### **Variedad de especies arbóreas**

La variedad de árboles es importante porque genera sensaciones al momento de caminar cerca de ellos, además traen consigo diferentes especies de fauna, generando un ambiente cálido, logrando así uno más de los objetivos propuestos que el peatón se sienta transportado nuevamente a un ambiente natural ayudando a tener una mejor calidad de vida.

### **Cambio de materiales en senderos y espacios de permanencia**

Los senderos que se proponen son de gran importancia, y por ende con los materiales que se realicen deben ser acordes con lo natural, por eso es conveniente usar materiales pétreos para así lograr que el paisaje se vea armonioso.

### **Elementos que incentiven el ejercicio diario**

Incentivar la permanencia en los parques lineales por medio de elementos como gimnasios al aire libre, áreas para caminar y trotar que sirvan como complemento y ayuden a la salud de los usuarios.

### **Conectividad para apropiarse del entorno**

Generando diferentes mecanismos para atravesar la quebrada entre bordes opuestos como puentes preferiblemente hechos en madera o elementos livianos para que haya armonía y unidad en el espacio a intervenir.

## **6. IDEAS PARA PLANEAR LA RECUPERACIÓN**

La idea fundamental es tomar la decisión de convertir, una a una, todas las quebradas de la ciudad, en corredores ecológicos. Para ello, se propone cada año trabajar al menos cinco quebradas: Limpieza, zonas verdes y de paseo a su alrededor, comités cívicos, compra de terrenos vecinos, eliminación de canalizaciones y reemplazo por diques de defensa, siembra de peces y de especies.

### **Un plan poético para hacer que las quebradas de Medellín recuperen su belleza y su esplendor, convirtiéndose en tesoros ecológicos**

Treinta quebradas  
tres decenas de ilusiones  
ciento cincuenta kilómetros de vida  
ciento cincuenta hectáreas de zonas de reserva.

Quince años de trabajo  
ciento ochenta meses de compromiso  
treinta zonas arrebatadas al cemento y devueltas  
miles de árboles, miles de pájaros, incontables peces y batracios.

Cada año dos quebradas  
sin aguas sucias de alcantarilla  
sin rígidas lozas de cemento en sus orillas  
de nuevo en ellas remansos, de nuevo vida, de nuevo peces

Cada año dos parques  
para pasear, para sentarse,  
para contemplar y escuchar y sentir  
para que fluyan frescas la amistad y las aguas

Treinta zonas para el empleo:  
Biólogos, artistas, diseñadores trabajando,  
sembradores de peces, jardineros, vigilantes ambientales.  
Para que haya visitantes, niños, ancianos, mujeres y hombres, encantados.

Medellín, ciudad de quebradas  
nicho de la naturaleza, centro del respeto  
donde las montañas fluyen acuáticas y nutricias  
para que el padre río reciba sus hijas, las quebradas ancestrales.

Treinta escenarios  
para que reinen el arte y el poema,  
para que el artista dibuje, el músico se inspire,  
para que la contemplación y el espíritu eleven a las gentes.

Medellín, ciudad de senderos,  
de verdes caminos que se transitan con amor  
para que haya equilibrio y descanso en medio del trabajo  
para que el clima sea benévolo, para que el sol y la luna sean amantes.

## 7. PROYECTO PARQUES DEL RÍO

Hay que destacar que la ciudad ha hecho importantes esfuerzos para recuperar el Río Medellín. Es así como se aprobó, en principio, la realización de un ambicioso proyecto denominado “Parque Botánico Río Medellín” presentado por Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad [5], que fue el ganador del concurso público internacional de anteproyecto urbanístico, paisajístico, arquitectónico para los diseños del Parque del Río Medellín. En la convocatoria participaron 57 equipos de arquitectos, 17 de ellos internacionales, 20 de Medellín y 20 del resto de Colombia. con la finalidad de construir un parque lineal en su paso por Medellín y otros municipios vecinos.

El proyecto contempla una serie de sistemas soterrados (parques a nivel) en el proyecto de Parques del Río, de manera que las vías existentes quedaran situadas en dichos túneles o soterrados. Igualmente, una serie de sistemas de túneles falsos (con parques elevados). En



total se tendrían combinaciones de combinación de soterrados, túneles falsos y vías a nivel, de tal manera que hubiera una amplia extensión de conexiones ambientales (verdes) en el proyecto

Se advierte en el proyecto que hay una combinación de posibilidades de solución de las vías que bordean al río, mediante soterrados, túneles falsos y vías a nivel. Se incluyen sistemas adicionales de transporte sostenible, como es el caso de un metro cable. Mucho se ha hablado del proyecto de hacer parques alrededor de toda la extensión del río Medellín en su paso por el Valle de Aburrá y se ha mencionado inclusive de la posibilidad de deprimir la totalidad de las vías paralelas al río y cubrirlas con un extenso parque lineal, aunque el proyecto seleccionado en el concurso, tal como se ha señalado, no contemple realmente esta alternativa. La realidad de la ingeniería muestra que es demasiado desafiante hacerlo, siendo alta la perturbación de la ciudad al construir tamaño sueño. No habría dinero para ello. La experiencia está mostrando ya que cada kilómetro de parque en las dos orillas, cuesta del orden de dos millones de millones pesos y toma al menos 24 meses de ejecución. Esto sin tener en cuenta que en las orillas del río por donde pasa el Metro, que son extensas, no se puede racionalmente soterrar el Metro, con lo cual se pierde gran parte del concepto de extenso parque continuo que acerque la ciudad y sus habitantes al río. Hay que considerar también el paso del Ferrocarril de Antioquia, concebido como tren de cercanías paralelo al río.

Por ello es importante examinar en detalle el proyecto seleccionado, explicarlo y describirlo de manera detallada a la población. Afortunadamente, considerando los altos costos y las complejidades, se tomó la decisión de adelantar inicialmente proyectos piloto (figura 6 y 7)

La ciudad cuenta entonces con dos secciones ya construidas y funcionales de parques del río, en un sector muy adecuado para ello, que conecta todo el distrito público, recreativo y cultural de EPM, el Teatro Metropolitano y Plaza Mayor con la zona de Conquistadores. Se hizo con base en el concepto de soterrar las vías paralelas al río, aprovechando las cubiertas de los túneles como zonas de parques. Se ha creado en esta forma un amplio espacio público, ambiental, cultural y recreativo y se ha acercado el río a la comunidad. Durante la pasada administración (2020 a 2023) se consideró adelantar un tramo en el norte, pero nada resultó de ello. Parece bastante difícil continuar con este proyecto con base en soterrados.



Figura 6 Esquema de los proyectos piloto en cercanías del Edificio Inteligente de EPM. La etapa del año 2015 acaba de terminarse en 2019, si bien no comprende la totalidad de los elementos esquematizados.

Fuente [5]





*Figura 7 Esquema de la propuesta para la zona cercana al antiguo puente Guayaquil (no se ha ejecutado) [5]*



*Figura 8 Detalles de Parques del Río (2024) Etapa 1ª  
Fotos del autor*

## 8. PROPUESTA PARA PARQUES DEL RÍO AL ALCANCE DE LAS POSIBILIDADES DE LA CIUDAD.

Se propone acá abandonar el concepto de soterrar las vías, cambiándolo por el de cubrirlas con unas cubiertas, sobre las cuales se desarrolla, en forma continua, el concepto de parque, incluyendo las orillas por las cuales pasa el metro y las zonas de paso del ferrocarril. En esta forma no hay necesidad de costosas perforaciones, ni de complejas situaciones con el tráfico automotor. La obra se puede hacer en su totalidad con firmas de ingeniería y de construcción local, con lo cual se genera prosperidad para la ciudad al ejecutar el proyecto. Bajo este concepto no se requieren sofisticadas estaciones de bombeo para el manejo de aguas lluvias e inundaciones, sistemas de bombeo sujetos a fallas y altamente consumidores de energía. Se resuelven satisfactoriamente los pasos de las quebradas y de los puentes sobre el río, lo cual no es posible con los soterrados continuos. Este esquema se describe conceptual y gráficamente en la figura 9 y comprende los siguientes elementos:

Dos corredores verdes a ambos lados del río en su extensión desde Bello hasta Sabaneta, con un ancho estimado de 60 metros a cada lado. De este ancho 24 metros corresponden a las zonas inclinadas (con inclinación de 30 grados) hacia el río y hacia las zonas pobladas adyacentes y 36 metros a zonas planas de parque. Se plantea que cada corredor quedará a una altura de 7 metros con respecto al nivel de las vías adyacentes al río, 5.5 metros de altura de las vías de circulación.

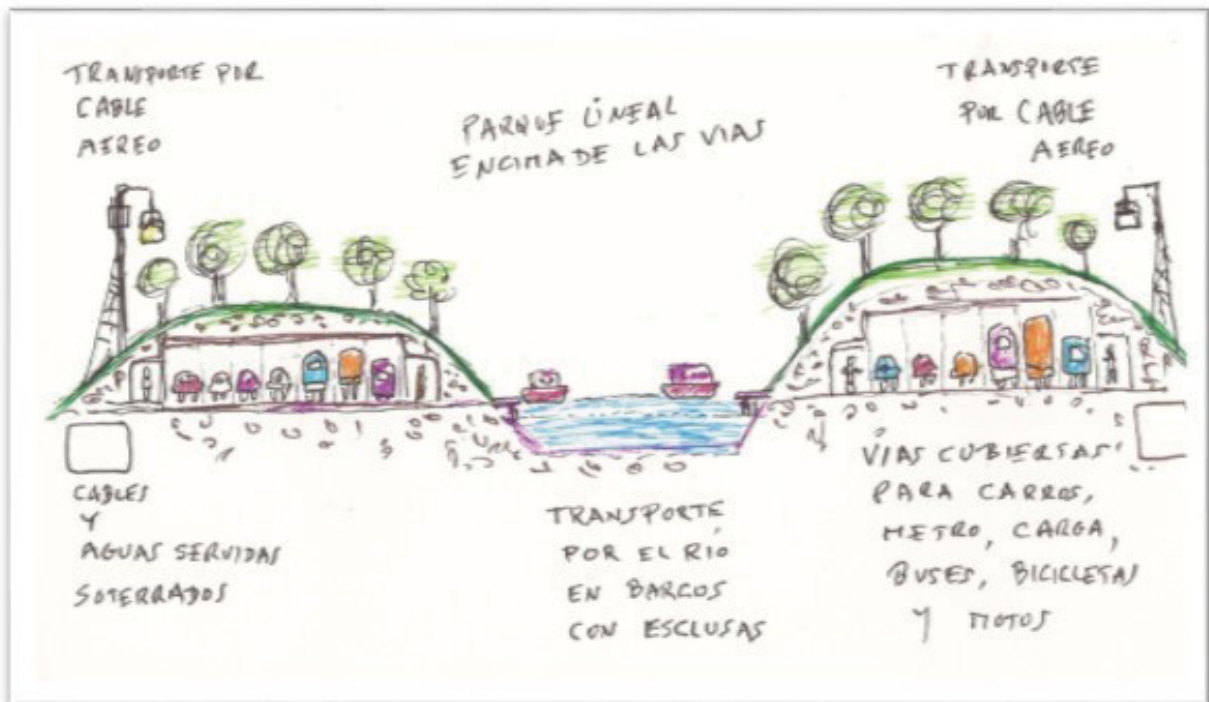


Figura 9 Esquema conceptual de sistema propuesto de corredores verdes laterales al Río Medellín

Fuente elaboración propia



Debajo de los dos corredores verdes se plantea contar ocho canales de circulación vehicular y de trenes, con un ancho total de 28 metros. Se incluyen dos espacios adicionales laterales de cuatro metros cada uno para muros, zonas de servicio y de evacuación. Para los canales de circulación se plantea utilizar los existentes, de manera que no haya necesidad de soterramientos. Solo se plantea soterrar las conducciones de aguas y los cables de electricidad, ya sea manteniendo los sistemas existentes o completándolos.

Se propone contar con un sistema de puentes peatonales que unan los dos corredores verdes laterales cada 100 metros. Se trataría de puentes de excelente diseño arquitectónico y artístico, que la confieran destacada identidad al río y permitan conectar fácilmente las dos zonas oriental y occidental de la ciudad.

Contaría el sistema con un metro cable turístico y urbano en uno de los dos costados o en ambos, que se convierta en un atractivo para los visitantes y un medio de desplazamiento para recorrer toda la extensión de los corredores. Igualmente, con ciclo vías y senderos peatonales.

Cada kilómetro de parque contaría con una zona temática, que facilite el gozo cultural y artístico y con plazas de comida y de servicios públicos. Se contaría con sitios de parqueo, ya sea en las cercanías de los puentes vehiculares o en las zonas adyacentes de la ciudad. Para facilitar el acceso público a los corredores elevados, se contaría con escaleras, tanto eléctricas como normales y con ascensores.

Aprovechando que el río está bastante purificado y canalizado en casi toda la extensión considerada, se propone contar con un sistema de navegación con barcazas turísticas y de pasajeros, similar al existente en la ciudad de San Antonio – Texas (USA), posibilitado por una serie de diques, con esclusas para facilitar la navegación en toda la extensión de los corredores y un sistema de canales y/o túneles asociados para el manejo de flujos de exceso durante lluvias abundantes, evitando inundaciones y avenidas torrenciales. El autor tuvo la oportunidad de visitar esta ciudad hace algunos años, lo cual inspiró la idea que se propone. Este es un caso notable y bien documentado que se puede proponer como modelo para recuperar y dar a categoría al Río Medellín [6, 7]

## **9. EL RÍO SAN ANTONIO COMO MODELO.**

No se trata de proyectos fáciles de ejecutar. Para entender el largo alcance de este tipo de proyectos, se hará a continuación una descripción somera de los hitos recorrido en el caso del Río San Antonio en la ciudad del mismo nombre en Texas, EUA.[7]

Desde 1919 los ingenieros estaban examinando el impacto que fuertes inundaciones podrían dañar la ciudad de San Antonio. En efecto, en 1921 sucedió una gran inundación en el centro de la ciudad, dando lugar a la muerte de unas 50 personas. En 1924 desde entidades cívicas se desarrollaron proyectos para proteger edificios icónicos y para abrir un canal de derivación de inundaciones, cuyos trabajos se iniciaron en 1926 y de una presa. En 1929 bajo la inspiración de Robert H.H. Hugman se recomiendan, además del canal de derivación, compuertas contra inundaciones en el extremo norte, una pequeña presa en el extremo sur y

una compuerta de control en el canal para controlar el flujo y crear zonas quietadas para los flujos de agua. Se completa el canal de derivación, pero bajo la depresión se frena el proyecto. En 1937 la Legislatura de Texas crea la Autoridad del Río San Antonio y se reconoce en 1938 el potencial estético del río. Se convoca una elección especial para aprobar un impuesto para recaudar y apalancar fondos para obras en el río y en 1939 se inicia el proyecto del río con Hugman como arquitecto. En 1941 se celebra un carnaval fluvial, se completan las pasarelas, las escaleras hasta el nivel de la calle, puentes peatonales, muros de roca que bordean las orillas y otras obras. En 1945 se aprueba la financiación para la ampliación del Paseo del Río.

En 1946 una gran inundación azota el centro de San Antonio, pero los daños se reducen gracias a la presa y al canal de derivación. Desde principios de los años 50, tanto turistas como lugareños han paseado por este asombroso río y han disfrutado de todo lo que tiene para ofrecer: la historia, las maravillas, la belleza y el orgullo que han hecho de San Antonio lo que es hoy. Una maravilla de la naturaleza y el ingenio, ha inspirado y enriquecido las vidas de sus vecinos y visitantes durante años. En 1951-1953 se endereza un tramo de río San Antonio y se instala una compuerta de drenaje en el canal de derivación.

En 1954 el Congreso autoriza el Proyecto de Mejora del Canal de San Antonio para brindar protección contra inundaciones a 31 millas de río y cuatro afluentes en San Antonio. En 1956 se establece un jardín botánico en el Paseo del Río. En 1959 se forma un Comité de Atracción Turística bajo los auspicios de la Cámara de Comercio de San Antonio para estimular el desarrollo económico del Paseo del Río, que ahora es un parque de la ciudad, pero peligroso por la noche. En 1960 se completa la nueva presa y un nuevo canal de inundación.

En 1961 la Marco Engineering Company de California, los principales diseñadores de Disneyland, completan un informe, financiado por la ciudad y la Cámara, sobre el potencial comercial del río. El plan sugiere que todos los edificios que dan al río se construyan en un estilo colonial mexicano o de Texas temprano, y que se rehabiliten tantos como sea posible para proporcionar un espacio al nivel del River Walk para acomodar instalaciones comerciales y de entretenimiento.

En 1962 el Departamento de Parques y Recreación completa un importante programa de paisajismo a lo largo de dos millas de paseo fluvial, que incluye más de 17.000 árboles, arbustos, enredaderas y cubierta vegetal variados. En 1963 el Capítulo de San Antonio del Instituto Americano de Arquitectos revela un plan para el Paseo del Río. Incluye un plan de uso del suelo, la base para una recomendación de distrito de planificación y un programa de mejoras para el desarrollo público y privado.

En 1964 los votantes de San Antonio aprueban la emisión de bonos para mejoras en Paseo del Río y se forma la Asociación Paseo del Río, soportada por personal y financiada por la Cámara de Comercio. Se desarrollan diversos proyectos hoteleros y de atracciones. En 1968 se completa la construcción de la extensión del río y del complejo del centro de convenciones y se modifica el canal de derivación.



*Figura 10 Sistema de taxis y de esclusas en el Río San Antonio en Texas USA  
Foto del autor*

En 1970 los votantes aprueban una emisión de bonos para embellecer la River Walk y renovar las compuertas. En 1971 el Cuerpo de Ingenieros completa varias mejoras. El Distrito de Fort Worth y la Autoridad del Río San Antonio reciben un Premio al Mérito del Cuerpo por el diseño general y el desarrollo del paisaje. En 1973 se completa el Estudio de Viabilidad del Corredor del Río, en un esfuerzo conjunto de seis entidades gubernamentales locales. El "Plan del Corredor del Río" proporciona un marco a largo plazo para las decisiones de desarrollo a lo largo del río.

En 1974 se trabaja en dos compuertas (esclusas) para permitir el tráfico de embarcaciones. En 1984 se completan mejoras del canal del río. En 1987 se completan una nueva presa y se inicia el proyecto del túnel de San Antonio que transporta aguas pluviales, 150 pies bajo tierra para devolverlas al canal del río. Este proyecto se completa en 1995 y se inaugura en 1997. En 1988 se completan otras mejoras del canal

En 1998 se inaugura el International Center. Una lluvia de 20 pulgadas inundó muchas áreas en San Antonio, pero el túnel funcionó perfectamente para salvar el centro de San Antonio. En 2001 comienza la construcción en la sección central del Proyecto de Mejoras del Río. En 2002 se realizan diversas mejoras en el río

En 2010 se inaugura las Fases 1,2 y 3 del proyecto Mission Reach, que ofrece acceso para bicicletas y caminatas. El proyecto de Mejoras del Río San Antonio, unirá 2020 acres de



tierras públicas (municipales, del condado, SARA y federales – Servicio de Parques Nacionales) con un río que las atravesará. Esta área es más grande que los tres parques públicos más populares de los EE. UU.: Central Park, NYC, 843 acres; Golden Gate Park, SF, 1017 acres; y los parques junto al lago de Chicago, 1440 acres.



*Figura 11 Paso de las esclusas en el Río San Antonio*

*Foto del autor*

Reforzando y mejorando el concepto propuesto, vale la pena comentar la iniciativa del prestigioso arquitecto Laureano Forero, de promover un hermoso y realista proyecto de



Parques del Río elevados, siguiendo ideas que había conceptualizado el arquitecto Forero desde hace años y que siguen la misma línea de lo acá expuesto, naturalmente con base en diseños mucho más realistas y elegantes. Vale la pena imaginarse que todo esto puede ser realidad en un plazo no muy lejano.

## 10. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Hay que aplaudir que nuestra región haya comprendido, aunque al cabo de los tiempos, que es necesario tratar las aguas residuales, evitando de esta forma que la contaminación de Río Medellín sea intolerable. En la actualidad (2020) se tratan el 84 % de las aguas residuales del Valle de Aburrá en las dos plantas de tratamiento existentes, la de San Fernando, en el sur, que funciona desde 1990 y que trata 1.6 m<sup>3</sup>/s y la de Aguas Claras, en el norte, que trata 4.4 m<sup>3</sup>/s, inaugurada en 2019. Para el éxito de estos tratamientos, previamente las ciudades del Valle han de contar con sistemas de alcantarillado y colectores de aguas servidas que eviten las descargas de aguas negras y contaminadas a las quebradas y al río mismo, lo cual ha implicado costosas inversiones y un trabajo de varias décadas. Esto se ha logrado en buena parte, si bien todavía hay descargas no controladas, especialmente en los asentamientos urbanos irregulares que existen en las montañas que rodean el valle. Pienso que todo este esfuerzo merece un soneto.

### Limpieza y tecnología

La vida se sirve de contrastes  
para lucir sus estéticas mejores.  
Un río limpio arrastra suciedades  
que lo afean, llenándolo de olores.

Gente buena, amorosa con el río  
recoge y separa los sucios desechos  
los conduce por tubos y desvíos  
para removerlos y darle tratamiento.

Queda limpio el río, vuelve la vida, fruto todo  
ello del humano ingenio  
que brilla con luminosa tecnología.

Agua sucia, agua clara y limpia  
dos posibilidades, ignorancia o afecto  
y un río que refleja nuestra mirada.



*Figura 12 Resultado del tratamiento de las aguas residuales en la Planta de Niquía  
Foto del autor*



*El ingeniero químico Antonio Quintero, responsable técnico del tratamiento de las aguas en las dos plantas de tratamiento de EPM.*

*Mucho debemos a su sabiduría, disciplina y entrega durante muchos años, descubriendo los secretos del complejo tratamiento de las aguas residuales de esta región del Valle de Aburrá.*

*Figura 13 Ingeniero químico Antonio Quintero  
Foto del autor*



*Figura 14 Aspecto de la planta de tratamiento de Aguas Claras. Se observan los dispositivos para generar biogás a partir de los sólidos orgánicos separados.*

*Foto del autor*

## 11. RÍO MEDELLÍN

El río Medellín nace al sur del Valle de Aburrá, en el Alto San Miguel, a 3.100 m de altura, en el municipio de Caldas. Baja de la montaña hasta la zona de Primavera, en el mismo municipio, entrando a formar el Valle de Aburrá. Fluye por los diez municipios del Valle, que forman el Área Metropolitana. Luego de recibir el río Grande, se convierte en el río Porce, que desemboca más adelante en el río Nechí, a su vez afluente del río Cauca, que eventualmente desemboca en el río Magdalena y en el Mar Caribe.



*Figura 15 Río Medellín, desde su nacimiento en el sur, municipio de Caldas hasta su unión con el Río Grande, para formar el Río Porce, en los límites de los municipios de Santo Domingo y Don Matías, al norte. Su longitud es del orden de los 100 km.*

*Composición del autor a partir de imagen de Google Maps*

Como se aprecia en las fotografías, tomadas en general por el autor, en casi la totalidad de su paso por la ciudad de Medellín y los municipios vecinos de Itagüí, Envigado, Sabaneta, La Estrella y Bello, el metro fue construido en las orillas del río. Esto dio lugar a la ejecución de



importantes obras civiles y muros de contención para proteger la vía del metro de erosiones y e inundaciones. Naturalmente ocasionó una mayor visibilidad de los canales de concreto entre los cuales pasa el río y a mayores contrastes entre la orilla por donde pasa el metro, en general desprovista de árboles, y la orilla opuesta, en general bastante arborizada. Sea por la estrechez de los terrenos o de los fondos disponibles, o por la estrechez de las mentes que concibieron el proyecto, no se pensó en contar con una zona verde o protegida entre el metro y el río, zona que le hubiera conferido un carácter especial a la ciudad y a su río.



*Figura 16 Río Medellín en cercanías de la zona de Primavera en el municipio de Caldas en cercanías de su nacimiento, luego de descender del Cerro de San Miguel .  
Foto de internet*





*Figura 17 El río por la estación del metro de Itagüí, viniendo desde el sur.*



*Figura 18 El río visto desde la estación metro de Itagüí, al sur. Al fondo, el centro de Medellín*



*Figura 19 Pasa el río hacia el norte. A su lado los rieles del metro, en Ayurá*



*Figura 20 El río por la zona de Ayurá al sur. A su lado la estación del metro.*





*Figura 21 El río por la zona de Aguacatala. A su lado la estación del metro*



*Figura 22  
El río luego de pasar por la estación de La Aguacatala. Se observa el antiguo puente de la calle 12 S y encima el puente nuevo.*



*Figura 23 El río desde el puente de la estación Madera, viniendo desde el sur.*



*Figura 24 El río desde el puente de la estación Madera, yendo hacia el norte.*



**REFERENCIAS**

- [1]. POSADA, E. Las Quebradas de Medellín, Una Crónica Poética. Editorial Libros Para Pensar, 2020, Medellín
- [2]. AMVA, Plan Quebradas del Valle de Aburrá Oficina Asesora de Comunicaciones/ 2019 <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/elmetropolitano-ambiental/plan-quebradas-del-valle-de-aburra.aspx>. Consultado en septiembre de 2024
- [3]. AMVA, PROGRAMA PARA EL MEJORAMIENTO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA LA HONDA, MUNICIPIO DE MEDELLÍN, consultado en septiembre 2024, en [https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Informacionrecursohidrico/PMI-Microcuencas/08-La-Honda/PMI\\_LA\\_HONDA%20.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Informacionrecursohidrico/PMI-Microcuencas/08-La-Honda/PMI_LA_HONDA%20.pdf)
- [4]. GIRALDO. P., RUANO, M.; Parques Lineales de Quebrada: Más que un retiro normativo, una estrategia para el espacio público, Universidad de San Buenaventura, Facultad de Artes Integradas, Medellín, 2010
- [5]. Sebastián y Juan en: Intervenciones Parque Botánico Río Medellín <https://www.landuum.com/intervenciones/parque-botanico-rio-medellin/> consultado en septiembre 2024
- [6]. FRANCES DONECKER, San Antonio River. Consultado en septiembre 2024 en <https://www.tshaonline.org/handbook/entries/san-antonio-river>
- [7]. The San Antonio River Walk Consultado en septiembre de 2024. <https://www.thesanantonioriverwalk.com/about/our-history/>




# SOMOS CENTRO DE PENSAMIENTO


Emitimos pronunciamientos y comunicados sobre decisiones clave que afectan a nuestros asociados y a la infraestructura de la región.

## NUESTRA VOZ, TU FUTURO



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 @saiantioquia

## IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS METODOLOGÍAS PARA LA PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA CONSTRUCCIÓN COLOMBIANA

Víctor Alfonso Palacio Giraldo

*Ingeniero de sonido, Universidad de San Buenaventura  
Máster en acústica arquitectónica y Medioambiental, Universidad, Ramon Llull,  
Ingvector\_apg@hotmail.com*

### Resumen:

El ruido es un problema creciente en edificios residenciales, hospitalarios, educativos y de ocio, exacerbado por el aumento del tráfico y sistemas dentro de los edificios. Esto ha llevado a la necesidad de mejorar el aislamiento acústico para garantizar confort y salud. Actualmente, las predicciones de aislamiento acústico de un solo elemento se realizan mediante software debido a la falta de caracterización de materiales, lo que dificulta un diseño efectivo. Además, las evaluaciones se centran en elementos individuales, ignorando el conjunto constructivo completo, lo que genera sobrecostos y soluciones ineficaces.

El aislamiento acústico implica comprender cómo los materiales absorben, transmiten y reflejan el sonido, y es crucial para evitar la transmisión de ruido entre recintos. En Colombia, se utilizan los índices como el STC y  $R'$  para medir el aislamiento, pero se carece de un enfoque integral. El estándar ISO 12354 ofrece un método avanzado para predecir el aislamiento en los edificios considerando las diferentes vías de transmisión del sonido, lo que podría mejorar significativamente el confort en las edificaciones colombianas, alineándose con normativas internacionales y estándares de confort.

Palabras clave: Ruido, Norma ISO, Aislamiento, Acústica, Evaluaciones, Edificaciones

### INTRODUCCIÓN

El ruido se puede definir como el sonido no deseado, que conlleva a una baja calidad acústica del ambiente interior de los edificios, ya sean, residenciales, hospitalarios, edificios dedicados a la enseñanza e incluso de recreación y de ocio, con una alta dependencia del tipo de fuente sonora y el aislamiento acústico de los materiales constructivos que conforman los edificios. El constante crecimiento de las ciudades, han generado un aumento significativo del tráfico rodado, adicionalmente, las diferentes ofertas de sistemas que ofrecen las edificaciones, como sistemas hidráulicos, sistemas de red contra incendio, sistema de ascensores entre otros, y las diferentes actividades que se realizan entre recintos, han hecho que las molestias y quejas por ruido se incrementen de una manera acelerada, viendo la necesidad de hablar del aislamiento acústico en la edificación.



En la actualidad las diferentes especificaciones de aislamiento acústico se realizan mediante softwares de predicción acústica, debido a que no existe un mercado que permita la caracterización y cuantificación de los aislamientos acústicos de los materiales de construcción implementados en los edificios, siendo este el principal problema para abordar problemas de ruido de una forma eficiente y objetiva, no obstante los software permiten conocer la curva de los aislamientos acústicos mediante modelos matemáticos, bastante aceptados en la comunidad acústica. Por otra parte, en la mayoría de los diseños acústicos solo se contempla el análisis de elementos divisorios, pero no se contempla el conjunto constrictivo global, siendo este otro de los inconvenientes para garantizar construcciones eficientes en materia de aislamiento acústico.

### LA NECESIDAD DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN COLOMBIA

A nivel nacional el ruido se ha vuelto un criterio de insatisfacción en las diferentes encuestas de ciudad, generando problemas de convivencia e intolerancia entre los ciudadanos, además los edificios no están garantizando las condiciones necesarias para disfrutar de una vivienda confortable, volviéndose un criterio para la toma de decisión de compra de un inmueble e incluso para la estadía en el mismo.

Con los modelos de rentas cortas que implementan algunas edificaciones, los famosos RBNB generan algunos dolores de cabeza para las copropiedades, ya que las diferentes actividades que se realizan en éstas perturbando la tranquilidad de los residentes; este es solo uno de los diferentes casos que se dan en la edificación.

En la figura 1,2 y 3 se muestran la insatisfacción por ruido en Medellín, Bogotá y Cartagena, siendo este un criterio para evaluar metodologías que permitan garantizar el confort acústico en la edificación y el ambiente.

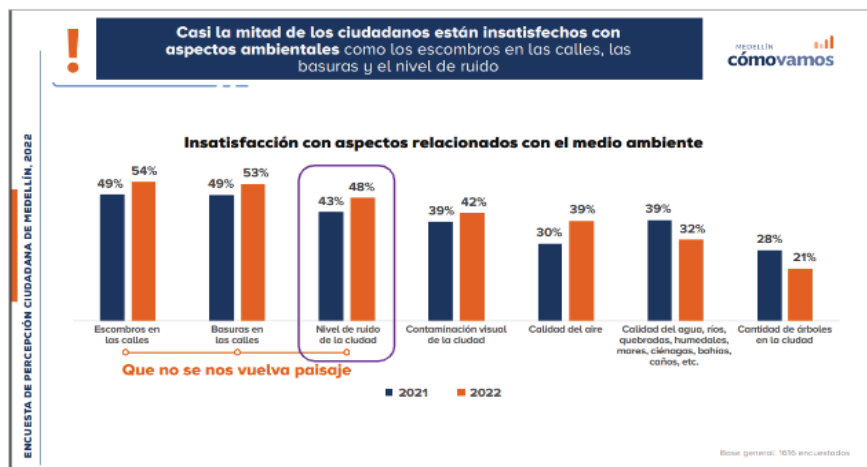


Figura 1. Encuesta ciudadana de Medellín  
Fuente: Medellín como vamos



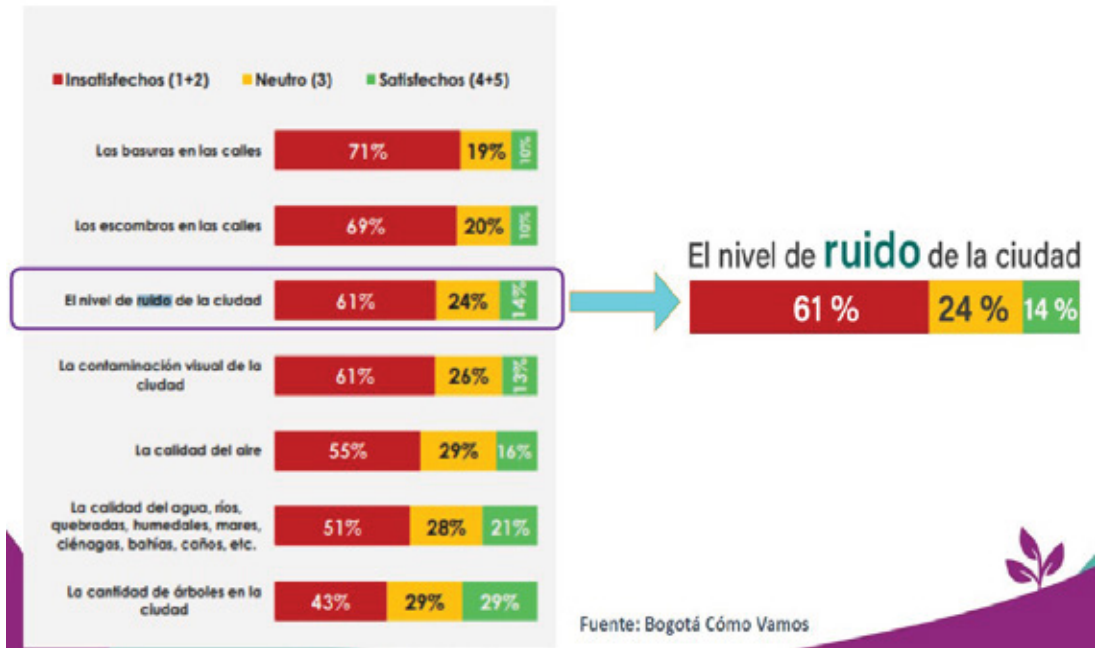


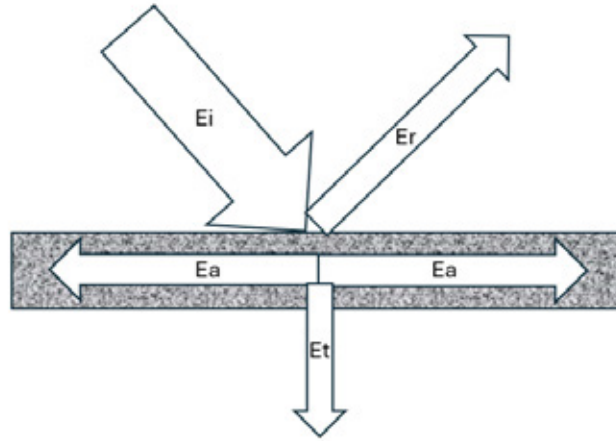
Figura 2. Encuesta ciudadana de Bogotá  
Fuente: Bogotá como vamos



Figura 3. Encuesta ciudadana de Cartagena  
Fuente: Cartagena como vamos

## AISLAMIENTO ACÚSTICO VS EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.

Para poder hablar del aislamiento acústico, es importante entender cómo se comportan los materiales cuando el sonido incide sobre ellos, para esto, se explicará brevemente el balance energético.



*Figura 4. Balance energético*  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 se muestra el balance energético de la distribución de la energía sonora en función de la absorción, transmisión y reflexión. Cuando el sonido incide sobre un material, entenderemos esta acción como Energía incidente ( $E_i$ ), dicha energía se divide en la Energía absorbida ( $E_a$ ), Energía Transmitida ( $E_t$ ) y Energía Reflejada ( $E_r$ ). Si se relacionan las diferentes energías en función de la energía incidente, aparecen los coeficientes de absorción, reflexión y transmisión, tal y como se muestran en las siguientes expresiones.

$$E_i = E_a + E_t + E_{re}$$

$$\frac{E_i}{E_i} = \frac{E_a}{E_i} + \frac{E_t}{E_i} + \frac{E_{re}}{E_i} \quad \rightarrow \quad 1 = \alpha + \tau + \beta$$

Coeficientes acústicos

Donde

- $\alpha$  es el coeficiente de absorción ( $E_a/E_i$ )
- $\tau$  es el coeficiente de transmisión ( $E_t/E_i$ )
- $\beta$  el coeficiente de reflexión ( $E_r/E_i$ )

Es importante tener en cuenta que ningún valor de los diferentes coeficientes puede ser mayor a 1, indicando que 1 equivale al 100% de la energía que incide sobre el material.

Partiendo de lo mencionado anteriormente, el coeficiente de absorción está relacionado con la capacidad que tiene el material para alojar partículas de aire en su interior, generando la sensación de absorción sonora.

Básicamente el proceso de absorción se da por cambios netos de energía, siguiendo la ley de la conservación de la energía “la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”, siendo este, el principio de absorción de los materiales acústicos. Cuando la energía sonora incide sobre el material, las partículas de aire generan una fricción con los filamentos de este, convirtiendo la energía sonora en calor, por lo tanto, los materiales acústicos al ser instalados sobre las superficies generaran calor al interior de los recintos.

Es de anotar que, no todos los materiales son buenos para absorber, unos materiales absorberán sonido más que otros, por ejemplo, el icopor es un material con bajo coeficiente de absorción, ya que el sonido no tiene la facilidad de ingresar es su estructura y por ende no se dará con facilidad el fenómeno de la absorción, esto mismo sucede con una esponja, la esponja es un material de celda abierta y porosa, por lo que la fricción entre partículas de aire y los poros no será la ideal, de igual forma la esponja poseerá un coeficiente de absorción más alto que el del icopor.

En ultimas el acondicionamiento acústico consiste en la implementación de materiales que poseen la facilidad de absorber el sonido, tal y como lo son las fibras minerales, celulosas entre otros y que se ubican sobre las superficies de los recintos, con el fin de mitigar efectos acústicos como la reverberación, y que sería otro tema por tratar.

El aislamiento acústico se define como la capacidad que tienen los materiales y los conjuntos constructivos para evitar que el sonido atraviese dichos elementos, con el fin de evitar molestias por ruido.

La transmisión sonora de un elemento constructivo es altamente dependiente de la frecuencia, por lo que dependerá del tipo de sonido que incide sobre el material y se suele expresar como una relación de potencias, entendiendo que la potencia es la energía que irradia un elemento por unidad de tiempo, por lo tanto, el coeficiente de transmisión sonora  $\tau$  se define según [1]:

$$\tau = \frac{W_t}{W_i} \quad (1)$$

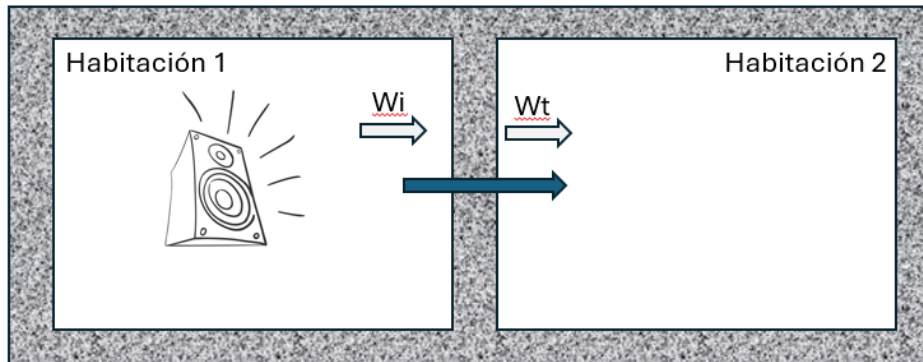


Figura 5. Representación del aislamiento acústico

Fuente: Elaboración propia

La figura 5 se representa la transmisión de energía entre una partición que separa 2 habitaciones expresadas mediante potencias acústicas, contemplando que el sonido solo incide sobre la pared divisoria, por lo tanto, el aislamiento acústico se evalúa mediante el índice de reducción acústica aparente  $R$  definido mediante las siguientes expresiones:

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right) \quad (2)$$

$$R = 10 \log \left( \frac{W_i}{W_t} \right) \quad (3)$$

Se debe tener en cuenta que el índice de reducción  $R$  aplica para cuantificar el aislamiento de un elemento constructivo bajo condiciones de laboratorio sin tener en cuenta el conjunto constructivo completo, es decir, paredes, pisos, techos y ventanas son factores que se deben de contemplar a la hora de diseñar el aislamiento necesario para determinado recinto.

## EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA PRÁCTICA

Debido a la dificultad de predecir el aislamiento acústico en la edificación, en Colombia se suelen dimensionar los rendimientos de aislamiento de los elementos constructivos por separado, mediante los índices STC (Sound transmission class) o el índice  $R'$  índice de reducción aparente, sin contemplar un conjunto constructivo global, esta situación genera unos supuestos que impactan directamente con los costos de un proyecto de construcción, ya que se suelen sobre dimensionar las soluciones de aislamiento acústico debido a que se desconocen los resultados a esperar.

El STC corresponde al estándar Americano ASTM E336 y el índice de reducción sonora aparente  $R'$  corresponde al estándar Europeo ISO 16283-1, ambos estándares pretenden caracterizar el aislamiento, mediante métodos de ingeniería implementando la presión sonora o acústica, que se mide mediante un sonómetro contemplando correcciones relacionadas con



las condiciones acústicas de absorción de los recintos a evaluar, definiendo las siguientes expresiones:

$$R = L1 - L2 + 10 \log \left( \frac{S}{A} \right) \quad (4)$$

Donde:

- L1: es el nivel de presión sonora en la sala emisora (Habitación 1 - ver figura 3)
- L2: es el nivel de presión sonora en la sala receptora (Habitación 2 - ver figura 3)
- S: superficie de la pared divisoria bajo evaluación en m<sup>2</sup>
- A: Área de absorción acústica equivalente en m<sup>2</sup>

Básicamente la ecuación 4 permite saber cuánto aísla un elemento constructivo mediante mediciones acústicas, que consiste en medir cuantos decibeles existen en la sala 1 y 2, contemplando la pared divisoria y la absorción de la sala 2, dicha diferencia, da como resultado el aislamiento que produce una pared divisoria.

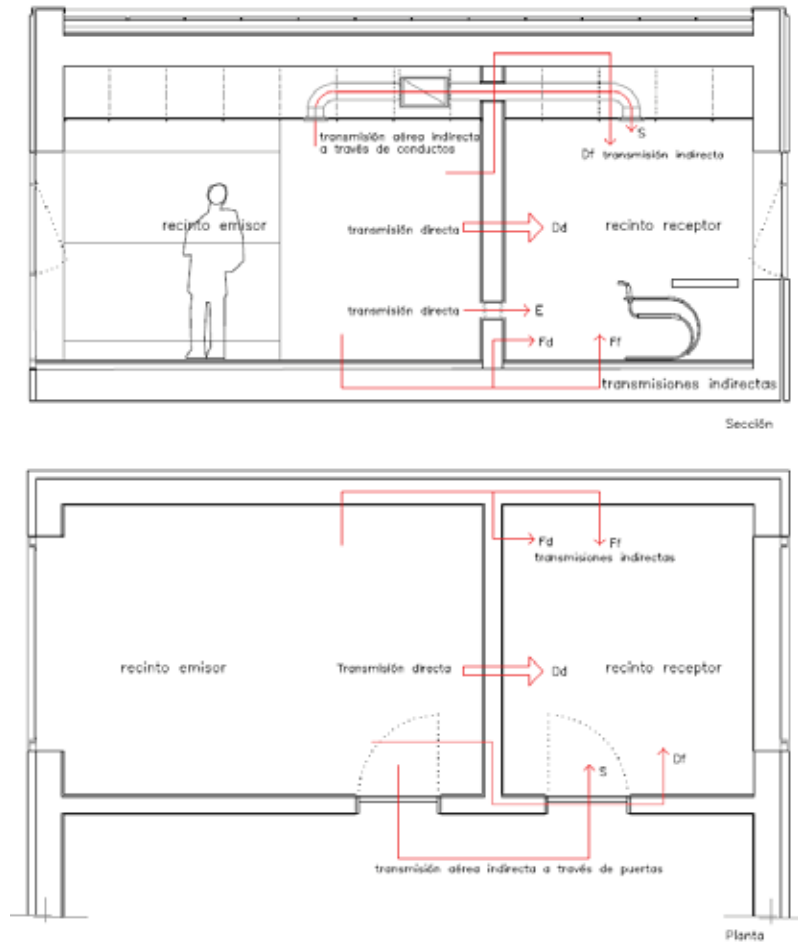


Figura 6. Representación de las transmisiones indirectas de sonido en la edificación [1]

En la figura 6 se puede observar que el sonido en una sala receptora dependerá de diferentes vías de transmisión y no únicamente de la pared divisoria como comúnmente se suele interpretar, generando problemas de sobre dimensionado en diseño impactando fuertemente con el costo constructivo de un edificio que requiere cierto grado de confort.

En general esta es la práctica común en Colombia, pero como se ha venido mencionando anteriormente, el aislamiento acústico que proporciona un elemento constructivo en la edificación es diferente al aislamiento que proporciona un mismo elemento en condiciones de laboratorio o en condiciones de evaluación “in situ”

En la práctica el sonido que se transmite entre dos recintos, se da mediante varias vías de transmisión haciendo que las predicciones que contemplan un análisis por separado del conjunto constructivo difieran con la realidad, en la figura 4 se muestra un esquema de las diferentes vías de transmisión que se dan en la edificación.

## **MÉTODO PARA CUANTIFICAR EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LA EDIFICACIÓN COLOMBIANA**

Para Colombia se vendría un reto importante en materia de aislamiento acústico en la edificación, dado que un marco regulatorio del confort en los edificios obligaría a los diseñadores y fabricantes, implementar nuevas metodologías de análisis y predicción de ruido en los edificios, contemplando el valor agregado de la caracterización de aislamientos de diferentes productos, como lo son ventanas, puertas ladrillos entre otros.

En el año 2000 se publicó un método para estimar el rendimiento acústico en los edificios a partir de las características constructivas de los materiales usados en la edificación, convirtiéndose en estándar ISO en el año 2005 conocida con la ISO 15712 -1 y que posteriormente fue remplazada por la serie de normas ISO 12354, normas que permiten predecir el aislamiento acústico en la edificación a partir de los materiales implementados en el mismo, siendo la herramienta más aproximada para garantizar condiciones de confort en los edificios. Actualmente, esta norma es implementada en el código técnico de la edificación española, mediante el documento dB HR “documento básico frente a la protección del ruido”.

El método que plantea el estándar ISO 12354 plantea el cálculo de los aportes del sonido entre dos recintos adyacentes, definiendo un índice de reducción  $R'$  aparente que contempla las diferentes vías de transmisión del sonido, estimando alrededor de 13 vías de transmisión entre 2 recintos colindantes. En la figura 7 se puede observar un esquema de la transmisión sonora por flanco según el estándar ISO 12354.

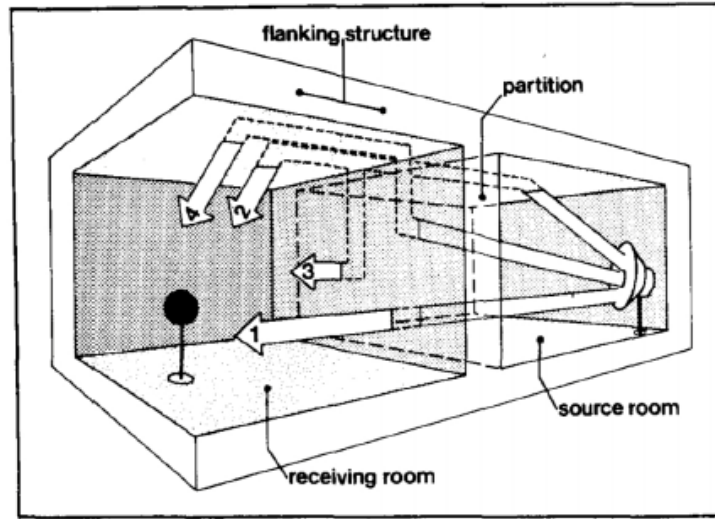


Figura 7. Representación de las transmisiones indirectas de sonido en la edificación  
Fuente [1]

En últimas el aislamiento acústico en la edificación contemplando las diferentes transmisiones directas y por flanqueo se define como (ecuación 5) :

$$R' = -10 \cdot \log \tau' = -10 \cdot \log \left( 10^{-\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Fd}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{Df}}{10}} \right)$$

Donde:

$R_{Dd}$ , índice de reducción acústica del elemento de separación entre recintos, obtenido en laboratorio o mediante estimaciones numérica, en dB y que se relaciona con la transmisión directa a través de la expresión:  $\tau_d = 10^{-R_d/10}$

$R_{Ff}$  es el índice de reducción acústica para la transmisión indirecta desde flanco a flanco, en dB.

$R_{Fd}$ , es el índice de reducción acústica para la transmisión indirecta desde los flancos al elemento de separación vertical, en dB.

$R_{Df}$ , es el índice de reducción acústica para la transmisión indirecta desde el elemento de separación vertical, vía directa al elemento de flanco, en dB.

Figura 8. Representación de las transmisiones indirectas de sonido en la edificación [1]

Por otra parte, el estándar ISO 12354-1 plantea los índices de vibración K, factores que determinan como se dan las transmisiones entre elementos constructivos, por ejemplo, si se desea verificar la transmisión sonora a través de la partición directa o elemento de separación entre recintos se usa la siguiente expresión (Ecuación 6)

$$R_{Dd} = \frac{R_i}{2} + \Delta R_i + \frac{R_j}{2} + \Delta R_j + K_{ij} + 10 \log \left( \frac{Ss}{l_{ij}} \right)$$

Donde

- $R_i$  : Índice de reducción para el camino i
- $R_j$  : índice de reducción para el camino j
- $\Delta R_i$ : Mejora de aislamiento en el camino i
- $\Delta R_j$ : Mejora de aislamiento en el camino j
- $K_{ij}$  : Índice de reducción vibracional para el camino de transmisión desde el elemento i al j
- $Ss$  : Superficie de la pared divisorio bajo análisis
- $l_{ij}$  : Longitud de acople entre la unión común entre el elemento i y el j

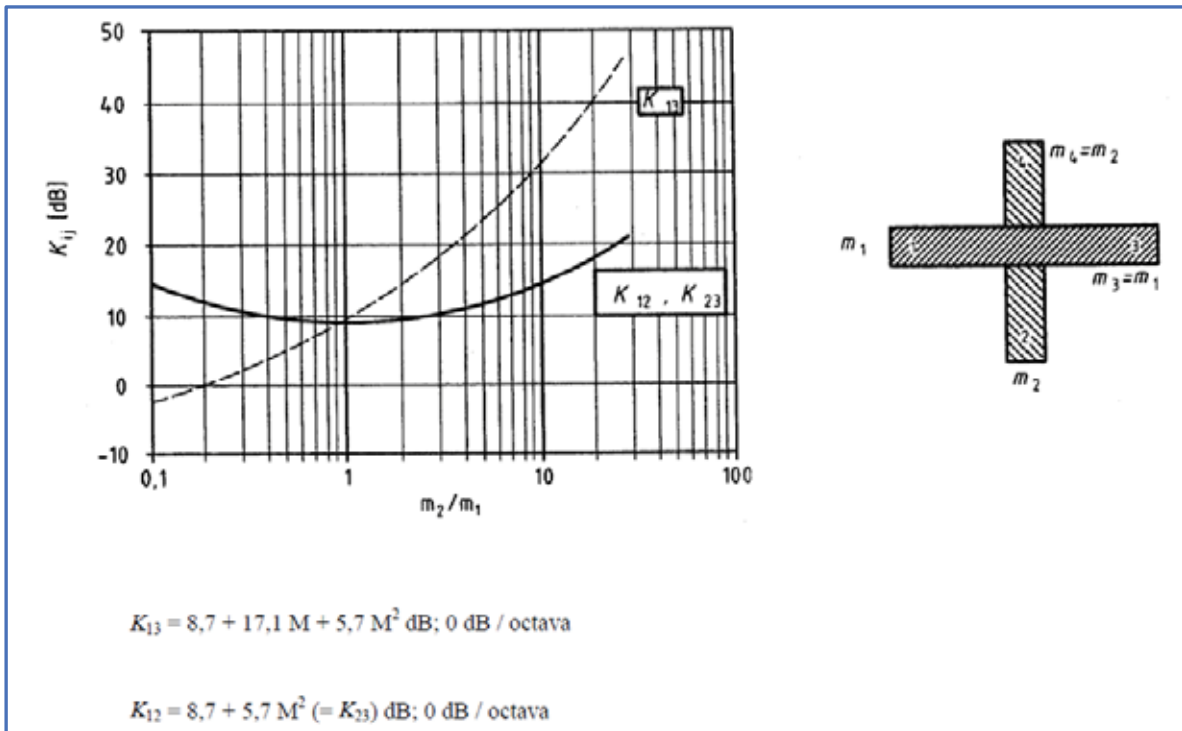


Figura 9. Índice vibracional según el estándar ISO 12354-1

Fuente: UNE EN ISO 12354-1

El estándar ISO proporciona el cálculo para diferentes caminos de transmisión según sea la conexión, en la figura 9 se muestra un ejemplo del uso del factor vibracional  $K_{ij}$  para este caso se analiza la transmisión entre dos materiales, como es el caso de una unión rígida en cruz.



Cuando el sonido incide como m1 se analizan dos transmisiones, cuando se da la transmisión de 1 a 3 o de 1 a 2, reemplazando las ecuaciones K13 o K12 respectivamente en la ecuación 5 y de esta forma obtener el aporte sonoro entre flancos.

El estándar ISO 12354 vendría a ser la vanguardia en materia de predicción del aislamiento en la edificación, con el objetivo de buscar condiciones de confort en los edificios según la organización mundial de la salud. En Colombia típicamente se especifican paredes de aislamiento mediante el STC o índice de reducción. Como ejemplo, encontramos diseños donde se piden muros con un STC 50 para dividir espacios donde se requiere un alto grado de concentración, como por ejemplo salas de reuniones o salas de estudio, entre otras. Pero gracias al estándar ISO 12354 podemos acotar la necesidad, diciendo que en cierto recinto el nivel de ruido no debe de superar los 40 dB, siendo un criterio de confort que se permite estimar mediante dicho estándar.

## CONCLUSIONES

- El aislamiento acústico es esencial para garantizar el confort y la calidad de vida en los edificios. La falta de un aislamiento adecuado puede generar molestias, insatisfacción y conflictos entre los residentes, afectando su bienestar.
- En Colombia, la falta de un mercado que permita la caracterización adecuada de los materiales de construcción en términos acústicos y la falta de normativas claras dificultan la implementación de soluciones efectivas. Esto puede llevar a un diseño sobredimensionado y a un aumento en los costos de construcción.
- La práctica común de evaluar elementos constructivos de manera aislada sin considerar el conjunto completo es insuficiente. Es fundamental adoptar enfoques más holísticos que consideren todas las vías de transmisión sonora, como lo propone el estándar ISO 12354, para garantizar un aislamiento acústico efectivo en las edificaciones.
- La implementación de normas internacionales como la ISO 12354 podría mejorar significativamente el diseño y la construcción en Colombia, permitiendo predicciones más precisas del rendimiento acústico de los edificios y, en última instancia, asegurando un mayor confort para los usuarios finales.

## REFERENCIAS

- [8]. María Carrascal. Análisis experimental de las transmisiones indirectas en particiones de doble hoja de fábrica de ladrillo, propuesta de métodos de cuantificación para la mejora del aislamiento acústico [ Tesis doctoral – Universidad politécnica de Madrid] 2016
- [9]. Daniel Carvalho. Ponencia proyecto de ley contra el ruido – Tercer debate en senado (agosto 2024)

## SISTEMAS HIDRÁULICOS HÍBRIDOS PARA PROYECTOS DE INGENIERIA ¿SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL?

**Jaime Alonso Montoya López**  
*Ingeniero mecánico Universidad de Antioquia*  
*jaimemagui@outlook.com*

**Resumen:** En la industria los componentes hidráulicos, transmiten energía hidráulica como componente de la Potencia Fluida y a su vez parte de la Ingeniería Mecánica; combinada con principios mecánicos y eléctricos, así como de informática y otras tecnologías crean sistemas avanzados que sean más inteligentes y fáciles de usar. Todo este conjunto lo llaman mecatrónica y es un sinónimo de soluciones electro-hidráulico-mecánicas.

Los sistemas hidráulicos, transmisión de potencia con un fluido confinado (aceite, agua) bajo presión, sigue siendo un método potente; si bien en algunas aplicaciones se utilizan alternativas eléctricas, hay muchas que se beneficiarán más de la densidad de potencia, la velocidad y la flexibilidad que ofrece la potencia fluida, concretamente los sistemas hidráulicos ofreciendo altas fuerzas y cargas necesarias para mover componentes grandes en sistemas automatizados para satisfacer cualquier cantidad de necesidades cada vez más exigentes en toda clase de Industria.

El número de sensores integrados a los diferentes componentes hidráulicos aumenta el involucrar software, las IOT (Internet de las cosas) y la IA (Inteligencia Artificial) incrementando los sistemas a ser más precisos, más eficientes, más compacto, resultando en mejoras al rendimiento, ahorro de energía y seguridad, además de amigables con el medio ambiente.

La aplicación de la hidráulica combinada con nuevos desarrollos hace crecer la tecnología moderna y el modo en que diseñan, controlan y supervisan los sistemas hidráulicos está evolucionando en forma significativa.

**Palabras clave:** Hidráulica, Sistemas híbridos, Potencia, Energía, Sostenibilidad, Innovación

## 12. INTRODUCCIÓN

El control electrónico puede monitorear los sistemas hidráulicos y las válvulas proporcionales, servos y proporcional-servo. Sus solenoides ajustan el flujo y la presión para optimizar el rendimiento de un sistema solicitado para aplicaciones específicas. El ajustar el caudal de una bomba de desplazamiento positivo mediante el control electrónico o un variador de frecuencia (VFD), permite dar el caudal necesario, sin desperdicio, posibilitando buenas eficiencias y sin derroches de energía a través de un control de presión, “Si no existe

movimiento de fluido no se genera calor”, adicionalmente el motor no necesita estar encendido permanentemente ni a velocidad nominal.

Los sistemas electrohidráulicos ofrecen nuevos beneficios: Proporcionar procesamiento de señales para ofrecer una alta densidad de potencia, control preciso mejorando la eficiencia energética y controlando la exactitud del sistema. Las ganancias de eficiencia son logradas aplicando solo la potencia que se necesita, justo a la medida.

### 13. TECNOLOGÍAS MODERNAS POTENCIANDO LA HIDRÁULICA

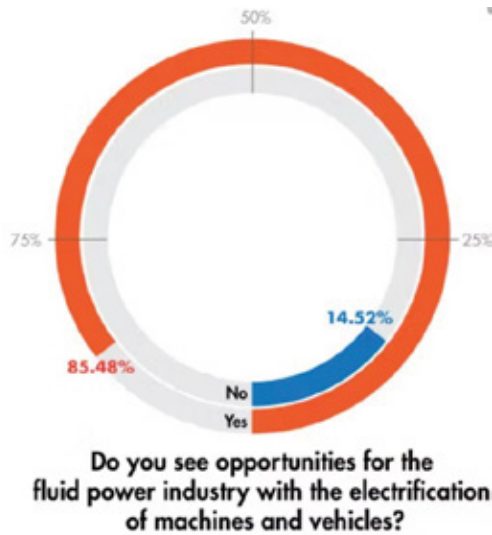
Los dispositivos que usan IoT son integrados a los sistemas hidráulicos para mejorar el rendimiento en tiempo real, señalar los requisitos de mantenimiento y los datos de consumo de energía, monitorear los tiempos reales de funcionamiento, números de operaciones de cada dispositivo, criticidad del equipo como calidad del aceite. Esta información procesada y optimizada, reportará ahorro inmediato de costos. Se espera en el futuro que más tecnología moderna siga revolucionando los sistemas hidráulicos.



*Figura 1. IoT en la industria [1]*

La IA puede optimizar aún más el rendimiento de los sistemas hidráulicos y predecir más efectivamente los requerimientos de mantenimiento. Esta ayudará a reducir los tiempos de parada y mantenimiento aún más, de esta manera mejorando más la eficiencia y confiabilidad de los sistemas hidráulicos. Es nuestra obligación conocer cómo implementar estas tecnologías (IoT, IA) que están transformando la hidráulica.

Se puede deducir que la integración del IoT y la IA son vitales para los sistemas hidráulicos modernos que serán diseñados, controlados y supervisados.



**¿Ve usted oportunidades para la industria de los fluidos de potencia con la industrialización de las máquinas y los vehículos?**

En una encuesta Power & Motion a sus lectores, encontró una abrumadora mayoría del 85%, lo cual indica que los usuarios ven oportunidades para el sector de la energía hidráulica debido a la implementación de la electrificación con sus cambios tecnológicos señalados. Las mejoras a la precisión y el control son las que justificarán los costos adicionales y la complejidad asociadas a la hibridación con los nuevos sistemas eléctricos.

Figura 2. Encuesta oportunidades en la industria de potencia fluida [2]

**14. PARÁMETROS HIDRÁULICOS PARA CONSIDERAR**

A los profesionales que manejan la potencia fluida se les recomienda el reevaluar una serie de parámetros, como los mencionados a continuación:

- Tiempos para aceleración y frenado, una aceleración demasiado elevada implicada un tiempo crítico [ms].
- Espacios de aceleración y frenado. Frenar una masa considerable de una velocidad a otra, requiere cierto espacio.
- El fluido hidráulico se comprime, por cada 1000 PSI hay reducción de volumen del aceite 0.5%.
- Módulo de Bulk “β”, inverso del coeficiente de compresibilidad media de los aceites minerales 200.000 PSI.

Tabla 1. Módulo de Bulk en diferentes elementos

Elemento	Módulo de Bulk			Velocidad del sonido (m/s), velocidad de la transmisión de la presión en el medio
	Pa	Psi	Kg/cm <sup>2</sup>	
Aire	1,4x10 <sup>5</sup>	20,31	1,43	343
Aceite mineral	1,723689x10 <sup>9</sup>	250.000	17.500	1.200
Agua	2,2x10 <sup>9</sup>	319.083	22.434	1.480
Acero	160x10 <sup>9</sup>	23.206.038	1.631.546	6.100



- La aeroemulsión o atrapamiento del aire (Método DIN 5381), de burbujas de 0.001 a 1 mm de tamaño inferior a los de la espuma superficial es son difícil de eliminar y provoca problemas similares a los de la espuma superficial. A temperatura ambiente standard el aceite hidráulico contiene 8-9% de aire por volumen.
- Los aceites minerales no deben someterse a 5” Hg (-2.5 PSI) por debajo de la presión atmosférica; de lo contrario se presunta CAVITACIÓN.
- Capacitancia hidráulica CH: “Volumen/módulo de Bulk”, si tenemos menos volumen y mayor módulo de Bulk de aceite, implica menos CAPACITANCIA. Es situación favorable. La unidad de capacitancia hidráulica “hy farad”

$$hy\ farad = \frac{200.000\ in^3}{200.000\ \frac{lb}{in^2}} = 1\left[\frac{in^5}{lb}\right]$$

Ecuación 1. Unidad de CH “hy farad”

Otra unidad “μhy farad” se lee “micro hy farad” en la mayoría de los sistemas hidráulicos.

$$10^{-2}\ \frac{in^5}{lb} \geq CH \geq 10^{-7}\ \frac{in^5}{lb}$$

Ecuación 2. Unidad de CH “μhy farad”

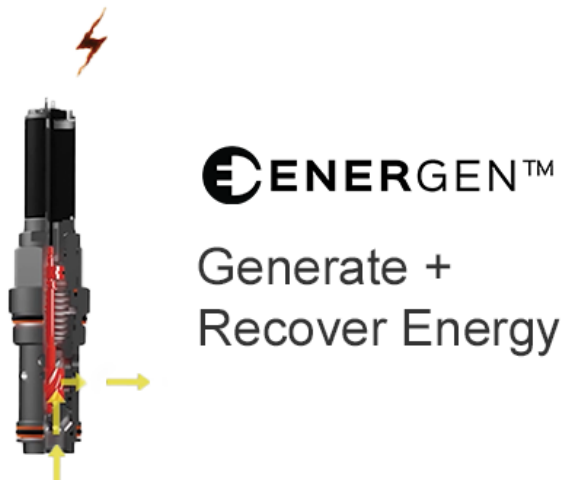
El aire disuelto en las líneas incrementa el CH.

- Caudales positivos son generados por las CH de las tuberías + accesorios y la CH del cilindro (Compresibilidad del fluido) o CH del motor hidráulico. Nadie ha logrado construir componentes hidráulicos que no tengan volúmenes, por eso existe la capacitancia, y es parásita.
- Las capacitancias en los extremos de un cilindro no solo causan retraso en el cambio de presión, sino que también interactuarían con alguna masa la cual esté unida al cilindro, y esta interacción resulta en una tendencia para el pistón de pararse de forma “elástica”, o “rebote”. La presencia del rebote es llamada la frecuencia de resonancia hidromecánica o frecuencia natural, o frecuencia natural hidromecánica “fn”.
- Cuando se habla de frecuencia natural o de la frecuencia natural hidromecánica (fn) si esta coincide con la frecuencia natural de la estructura que contiene un equipo (Que también tiene su frecuencia natural) se entra en resonancia. Dos ejemplos: arranque de una central hidroeléctrica turbina vs generador. Otro ejemplo pudiera ser en un molino vertical de cemento al bajar hidráulicamente sus masas (Estructura vs masas).
- Otros parámetros para estudiar: Caudal nominal, curva de caudal, caída de presión nominal (De acuerdo a la norma ISO 10770-1, servos y proporcional-servo “70 bar” y proporcionales “10 bar”), superposiciones, magnitudes dinámicas (“Diagrama de Bode”).

El estudio detallado de estos parámetros permitirá interactuar de manera similar a los modelos y cálculos empleados con todo lo que sea parecido a la disciplina de los electrones.

## 15. COMO GANAR EFICIENCIAS

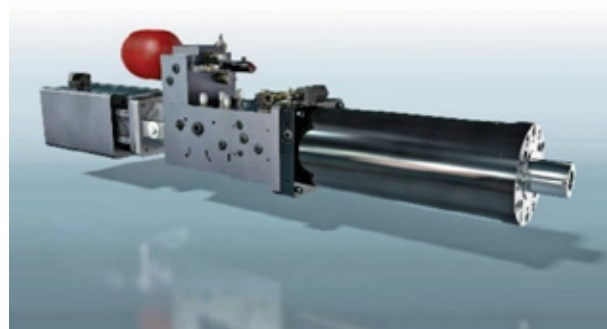
El área clave de desarrollo es mejorar la eficiencia de un sistema con potencia fluida y es uno de los efectos de la electrificación en los llamados sistemas híbridos electrohidráulicos. La electrificación va en aumento; con ello surge la necesidad de reevaluar las tecnologías utilizadas y, en algunos casos, incluso de sustituir los componentes y sistemas tradicionales por otros tecnológicos, para electrificar sus equipos y ver el papel que ha desempeñado los sensores y el software en esta tarea.



Los nuevos diseños de válvula de cartucho recuperan energía, como es el caso de la válvula ENERGEN. Este es un ejemplo reciente de recuperación de energía, convierte el fluido hidráulico de energía eléctrica capturando y transformando la energía que de otro modo se desperdicia. Actúa esencialmente un freno regenerativo para la potencia hidráulica.

*Figura 3. Válvula de Cartucho ENERGEN [3]*

Para saber elegir el sensor apropiado para un cilindro hidráulico y una aplicación determinada, es necesario conocer los parámetros que se van a medir, las presiones del sistema y conocer el entorno en el que se puede utilizar el sensor y el cilindro hidráulico, ya que determinará si es necesario cumplir ciertos requisitos de certificación ¿La prueba de explosión?, ¿Se sumergirá el sensor y/o cilindro bajo el agua?



*Figura 4. Los actuadores electrohidrostáticos combinan los beneficios de alta fuerza y durabilidad de la hidráulica con la eficiencia energética, el bajo nivel de ruido y la limpieza ambiental de los dispositivos electromecánicos.[4]*

Se puede lograr mejoras de eficiencia y capacidad de control, incluso mejorar el evento a NVH (Ruido, vibración y esperanza de vida), pues la electrónica es más silenciosa que la hidráulica.

## 16. OTRA FORMA DE GANAR EFICIENCIA - CUESTIONANDO EL TAMAÑO DEL DEPÓSITO

También es posible replantear el tamaño del depósito o tanque hidráulico. Es hora de repensar su tamaño, es el cuestionar el por qué se habla de tres a cuatro veces (Capacidad) comparado el caudal de la bomba o especificaciones especiales por el tamaño de los actuadores en centrales hidroeléctricas (El diseño de los tanques se centran en la norma NBR 10141 y ANSI B93.18 “Non-Integral Industrial Fluid Power Hydraulic Reservoirs”)

Lo anterior son recopilaciones de experiencias valiosas, pero poco cuestionadas por ANSI/American National Standards Institute, (NFPA/National Fluid Power Association) /T3.36.2

- Reducir la tasa de rotación del tanque para aumentar el tiempo de permanencia.
- Incluir baffles o deflectores para evitar salpicadura o chapoteos
- Ubicación de las líneas de retorno y succión: No los coloque juntos ni apuntando el uno hacia el otro.

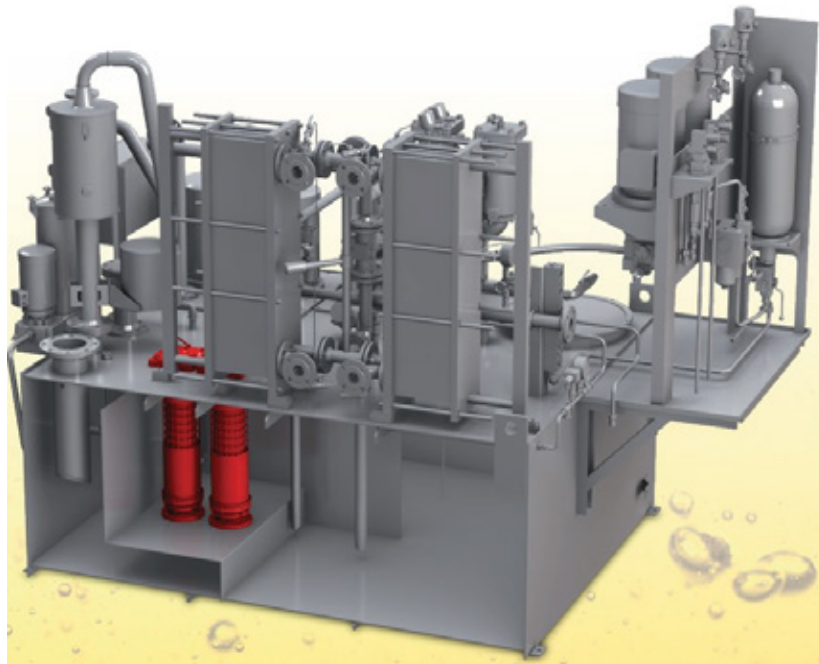


Figura 5. Concepto de tanque, tecnología Air-X [5]

Actualmente se tienen plataformas de optimización de tamaño de tanques donde se puede cuestionar el fluir, la desaireación, salpicadura/splashing y vórtices, lo térmico y la estructura. El reducir el tamaño del tanque implica menos cantidad de aceite a utilizar. Hacer esto es muy respetuoso con el medio ambiente, posibilitado mejores diseños y aplicaciones y da la oportunidad de tener más espacio y tal vez realizar otras mejoras en la máquina porque ese espacio y peso no están vinculadas a un gran depósito.

El separar dramáticamente la cámara de succión y retorno con un baffle especial que obligue al fluido de retorno a pasar por un desgasificador-filtro de adentro hacia afuera (IN-TO-OUT) garantiza una baja velocidad a la salida del desgasificador-filtro, e internamente se posibilita el aglutinamiento de pequeñas burbujas de aire (Coalescencia) y la subida de burbujas grandes escapando a la superficie implicando que no pasen a la cámara de succión.

El desarrollo del desgasificador-filtro es actualmente patentando y garantiza (Debido a su sección transversal del flujo de salida del desgasificador) que es mucho más lento. No hay salpicaduras en la cámara de succión, impidiendo que el aire pueda volver a entrar al fluido y aumenta el tiempo de permanencia en el tanque para disipar el calor generado.

La nueva tecnología de filtrado ayuda a optimizar el depósito hidráulico (Tecnología AIR-X). “Estos avances, impulsados por la nanotecnología (Separación a nivel molecular aplicado a filtración hidráulica, lube y combustible), conducirán a ofertas de filtración más eficientes, efectivas y respetuosas con el medio ambiente en toda la industria”.

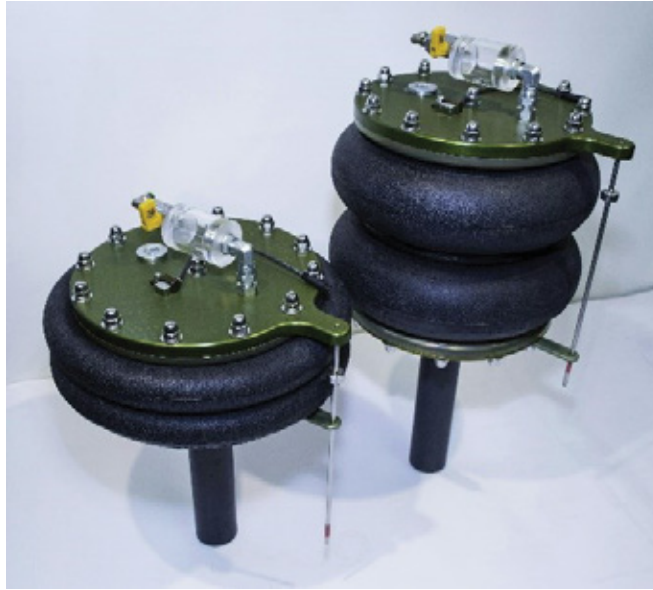
Es prudente mencionar que el aire se presenta como una aeroemulsión. Esta es una característica muy importante de los aceites hidráulicos con alta presión. “Es una característica intrínseca del aceite y no se puede modificar con aditivos”.

**Algunos problemas:** Comportamiento errático de mandos hidráulicos, cavitación en bombas, disminución de la capacidad refrigerante del aceite, generación de golpes de ariete, cambia la viscosidad del aceite y aumento de temperatura.

La reducción de peso será cada vez más importante para el llamado sistema híbrido, o sea, la electrificación de los sistemas hidráulicos, ya que cuanto más eficiente sea una máquina, menos energía de una batería se necesitará. Las baterías también añaden peso, por lo que, si se puede mitigar en otras áreas, el diseño de la máquina se puede optimizar, llegando a lo que se llama máquina ECOLÓGICA.

También es posible hablar de depósitos de volumen variable (VVR), para resolver problemas de peso con los “smart reservoir”. Estas plataformas requieren unidades de accionamiento potentes que sean compactas y ligeras. Por lo tanto, naturalmente, la necesidad de una alta densidad de potencia hace que la HIDRÁULICA sea la tecnología de accionamiento elegida, ¿Cómo hacer para que sea más compacta y ligera, respetando los conceptos ya mencionados? Este es el reto; la invitación es al estudio del cómo se pudo bajar de 200 litros ahora a 6 litros con VVR, reduciendo más de 140 Kilos, experiencia ya obtenida en Canadá.





*Figura 6. El depósito VVC es un depósito de aceite hidráulico compacto que puede ayudar a ahorrar espacio y peso dentro de las máquinas. [6]*

## **17. RESPIRADERO ELIMINANDO CONTAMINANTES**

Uno de los puntos donde se presenta la oxidación del aceite hidráulico es en su depósito. Actualmente se han desarrollado tecnologías como el OilN2 para eliminar el oxígeno y la humedad circundante.

Tienen los siguientes beneficios [7]

- Mantener limpio el aceite hidráulico y el equipo
- Reducir el mantenimiento y reemplazo de filtros
- Fácil instalación al conectarlo directamente al puerto de ventilación de los depósitos de aceite.
- Capacidad de usarse con aceite hidráulico o cajas de engranajes de 1 a 1000 galones.

Convierte los depósitos de aceite hidráulico de sistemas de ventilación abierta, a sistema cerrado de vejiga expandible. El aire del sistema pasa a través de un secador desecante y un absorbedor de oxígeno, lo que elimina la humedad y evita la corrosión. “No se limite a tratar el problema, elimine la fuente”, por supuesto reduce la contaminación ambiental.

El aceite hidráulico estará cubierto en la parte superior del depósito por una concentración alta de N2 para evitar la contaminación, la emulsificación, la oxidación, el óxido, la actividad microbiana, formación de ácidos (El aditivo ZDDP + agua  $\rightarrow$  H2SO4 + H2S) .

Teniendo un N2 inerte limpio y seco reducirá la oxidación del aceite con su correspondiente beneficio para el medio ambiente. Un ingeniero dijo alguna vez: “I always like to say: a clear of oil looks like a good lager beer, however, when you get an oil that has been emulsified over and over it comes back looking like milk”.

Figura 7  
Sistema ventilación abierto [8]

### Why settle for a dirty system?

Open systems result in:

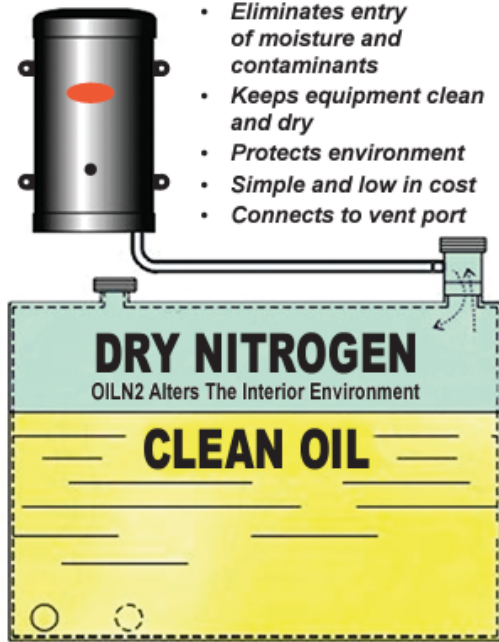
- Emulsified and contaminated oil
- High wear and tear
- Frequent oil and filter changes
- Downtime and system failure
- Environmental pollution



### Conventional “Open” Reservoir

### OILN2:

- Prevents oil oxidation
- Extends life of oil, filters and equipment
  - Eliminates entry of moisture and contaminants
  - Keeps equipment clean and dry
  - Protects environment
  - Simple and low in cost
  - Connects to vent port



### OILN2 “Closed” Reservoir

Figura 8  
Sistema ventilación cerrado [8]

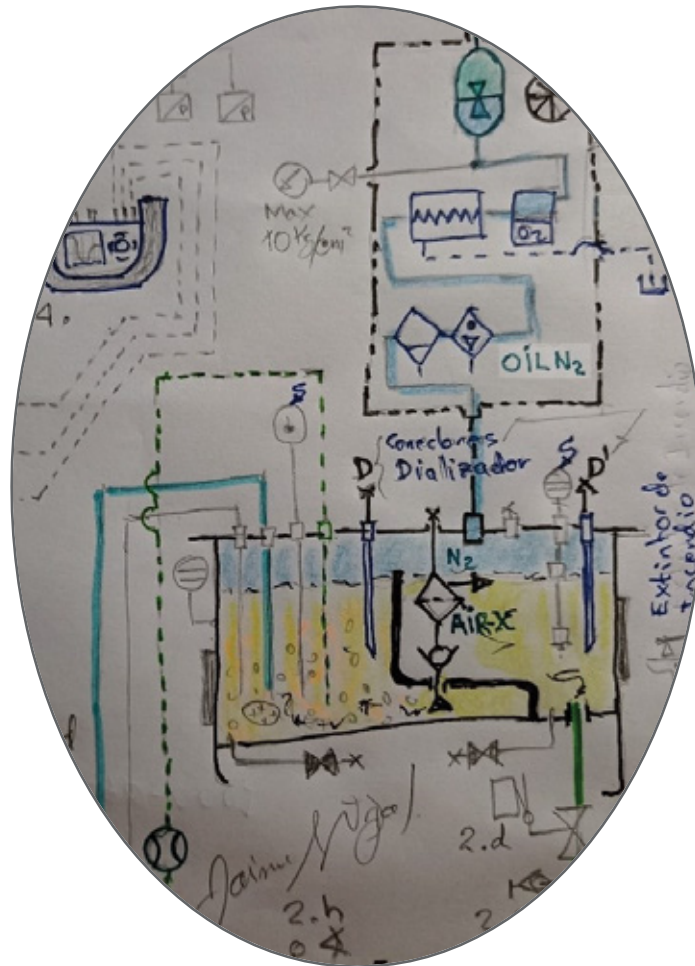


Figura 9.

OILN2+Air-X aplicado a un sistema hidráulico de aviación, norma ISO 1219  
Elaboración propia

## 18. CONCLUSIONES

Definitivamente lo decía el Ing. Javier Escobar “Nada más práctico que una buena teoría”. Es un momento emocionante para la energía fluida por el fortalecimiento dado por las nuevas tecnologías, el papel de los sistemas hidráulicos con este apoyo de la electrificación seguirá vigente por mucho tiempo hasta que se encuentre una manera de reemplazar esa gran densidad de potencia que tienen dichos sistemas.

Un dato que respalda aquí lo narrado, es que la NFPA publicó en 2021 un informe donde se manifiesta que la fabricación de componentes de la potencia fluida fue una industria de

18.200 millones de USD, lo cual muestra el potente impacto económico de los sistemas hidráulicos.

Definitivamente necesitamos conocer esta interesante forma de transmisión de potencia, entendiendo su funcionamiento y el saber interactuar con las disciplinas eléctricas y electrónicas; innovando, desarrollando y respetando el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- [1]. Medios de comunicación de Noria, "Machinery Lubrication," [Online]. Available: <https://www.machinerylubrication.com/Read/32584/a-glimpse-of-whats-new-in-todays-condition-monitoring-and-lubrication-iot-technology>.
- [2]. S. Jensen, "Power & Motion," 2024. [Online]. Available: <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/article/21265697/the-impacts-of-electrification-on-fluid-power-systems>.
- [3]. Sunhydraulics, «Sunhydraulics,» [En línea]. Available: <https://www.sunhydraulics.com/es/about/highlights/energen%E2%84%A2-energy-harvester-cartridge-valve>.
- [4]. S. Jensen, «Power & Motion,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.powermotiontech.com/mechatronics/electrohydraulics/article/55093677/moog-inc-electrohydrostatic-actuation-captures-the-best-of-hydraulic-and-electromechanical>.
- [5]. Hydac International, «Hydac International,» 2020. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Jaime%20%20Alonso/Downloads/tank-concept-with-air-x-technologie-1000451198-en%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/Jaime%20%20Alonso/Downloads/tank-concept-with-air-x-technologie-1000451198-en%20(9).pdf).
- [6]. S. Jensen, "Power & Motion," 08 2024. [Online].
- [7]. S. Jensen, «Power & Motion,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.powermotiontech.com/hydraulics/reservoirs-accessories/article/21884757/reservoir-rust-inhibitor>.
- [8]. OILN2, [En línea]. Available: [//efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.oiln2.com/images/forms/OilN2Brochure.pdf](https://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.oiln2.com/images/forms/OilN2Brochure.pdf).
- [9]. P. R. Albarracín Aguillón, Tribología y lubricación Tomo 1, 5ta edición, Medellín, 2017.
- [10]. J. L. Jhonson, Design of Electrohydraulic Systems for Industrial Motion Control, Milwaukee, 1991.
- [11]. Mannesmann Rexroth, Training hidráulico, Compendio 2, 1986.
- [12]. Parker Training, Design Engineers handbook,, Motion Control Technology Series, Vols. Volumen 1-Hydraulics, 2001.






# ¡INFORMACIÓN Y CAPACITACIÓN AL ALCANCE DE TODOS!

A través de nuestros espacios como el **Martes SAI**, **jueves Cultural** y el **boletín mensual Notisai**, promovemos la actualización constante de nuestros asociados .

**¡CONÉCTATE,  
APRENDE Y CRECE  
CON NOSOTROS!**



Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 @saiantioquia

## GESTIÓN DE RIESGOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA: PROMESAS Y DESAFÍOS

Magda López Pinilla

*Ingeniero Civil, Universidad Santo Tomás de Aquino, Bogotá, Colombia, 2005*

*Certified in Quantitative Risk Management (CQRM).*

*magdalopezpinilla@gmail.com*

**Resumen:** Este artículo analiza el concepto de riesgo, entendido como aquellos eventos que pueden impactar los objetivos del proyecto, tanto de manera positiva como negativa. Para gestionar los riesgos, es crucial conocer el contexto del proyecto y la normativa vigente, evitando confundir riesgos con incumplimientos. La adecuada gestión de riesgos puede prevenir desequilibrios económicos y asegurar el éxito del proyecto. Sin embargo, tanto contratistas como entidades contratantes y firmas de interventoría suelen fallar en el análisis profundo de riesgos, lo que genera reclamaciones y sobrecostos evitables. Es fundamental que las partes involucradas cumplan sus obligaciones contractuales, y que se capacite a los equipos de trabajo en gestión de riesgos. Esto permitirá aumentar las posibilidades de éxito de los proyectos al tomar decisiones informadas, minimizar pérdidas y aumentar los ahorros en tiempo y dinero.

**Palabras clave:** Riesgos, Infraestructura, Asociaciones Público-Privadas, APP, PPP, Gestión

### INTRODUCCIÓN

En 2012, en Colombia se promulgó la Ley 1508 de APP y desde entonces, me encuentro trabajando en el análisis de riesgos de proyectos de infraestructura. He realizado seguimiento a los cambios en materia de regulación, lineamientos y buenas prácticas para gestión de riesgos en diferentes proyectos, lo que me ha permitido cumplir con los requisitos contractuales de los proyectos que he liderado y aplicarlo de manera exitosa. Luego de trabajar con los concesionarios y consorcios constructores, he tenido la oportunidad de apoyar en este mismo ámbito de la gestión de riesgos a entidades contratantes, interventores, asociaciones gremiales y financiadores, lo que me ha permitido identificar “promesas contractuales” que se convierten en un gran desafío para culminar proyectos más exitosos en nuestro país.

Para lograr un mayor acercamiento al tema, el presente artículo explica qué es un riesgo en el contexto de proyectos de infraestructura, los requisitos contractuales respecto al manejo

de los riesgos que deben dejar de ser promesas y acciones concretas para afrontar los desafíos de estos grandes proyectos.

## DESARROLLO

La meta de todo proyecto es alcanzar los objetivos propuestos en cuanto a su alcance, costos, tiempo y calidad. Para esto, se formula una Estructura de Desagregación de Trabajo (EDT) que ilustra los componentes del proyecto (diseño, construcción, predial, ambiental y social, redes, jurídico, financiero, operación, mantenimiento, entre otros); se realiza un presupuesto a partir de la mejor información disponible de estudios, diseños y especificaciones y precios de los insumos en el mercado; se genera un cronograma de trabajo a partir de las duraciones estimadas de cada actividad (teóricas y/o reales). Cuando se advierte que todos los componentes del proyecto son susceptibles de variación y se considera la incertidumbre, se evidencia la necesidad e importancia de gestionar los riesgos de proyecto.

Existen diversas definiciones de riesgos, sin embargo, cito a continuación las tres que considero más claras y sencillas de entender y aplicar:

- Evento o condición incierta que, si se produce, tiene un efecto positivo o negativo en uno o más de los objetivos de un proyecto (PMBOK, 2017).
- Medida de la variabilidad de los eventuales resultados que se pueden esperar de un suceso (Bravo, 2012).
- Es el efecto de la incertidumbre (ISO 31000 International Standard, 2018).

El riesgo puede tener efectos negativos o positivos dependiendo de las expectativas, necesidades u objetivos de cada uno de los involucrados en el proyecto. Para el caso que nos ocupa, nos concentraremos en las amenazas y en las oportunidades para alcanzar con éxito los objetivos del proyecto (alcance, costos, cronograma, calidad, ingresos).

Frecuentemente las personas asocian el riesgo a efectos negativos, sin embargo, la realidad de los proyectos de infraestructura ha demostrado que también se presenta variabilidad de los resultados con efectos positivos que en ocasiones contribuyen a compensar algunos efectos negativos de riesgos materializados.

Para el caso de los proyectos de infraestructura en Colombia es relevante articular los procesos de gestión de riesgos, con la legislación aplicable y el conocimiento de la dinámica real de estos proyectos. En los proyectos de infraestructura (independientemente de su modelo de contratación: licitación pública, Asociaciones Público-Privadas, Obras por impuestos, etc.), invito a enfocarse en aquellos eventos que podrían generar un desequilibrio económico en el proyecto, abordando todos los componentes, no solo el componente construcción.

Por eso para iniciar con la tipificación, asignación e identificación de riesgos es indispensable conocer y entender el contexto del proyecto, así como conocer y entender los diversos lineamientos, leyes y normas que regulan este tipo de proyectos para no confundir riesgos con incumplimientos, ni confundir los eventos que pueden generar desequilibrio económico del contrato con otros tipos de riesgos (Seguridad y salud en el trabajo, riesgos de cumplimiento en el ámbito corporativo, riesgo de lavado de activos, entre otros).

Enfoquémonos en una de las “promesas”, aquello que las partes se comprometen a hacer de acuerdo con lo establecido en el contrato del proyecto, por ejemplo:

El contrato dice: *“El contratista incluye el costo de la asunción de todos los riesgos asignados al contratista, por lo tanto, el acaecimiento de los riesgos asignados al contratista o los efectos negativos o positivos derivados de estos, no dará lugar a modificación, reducción o adición a la retribución, ni dará lugar al reconocimiento o compensación por parte de la entidad contratante. Lo anterior sin perjuicio de lo señalado en el capítulo de riesgos de este contrato”*

Y en muchos casos...el contratista:

- No analiza los riesgos o lo hace superficialmente.
- Estima presupuestos y cronogramas poco realistas al no tener en cuenta el efecto de la incertidumbre (aquellas variaciones que sí o sí se van a presentar en todos los componentes del proyecto).
- No incluye reservas de contingencia (para afrontar los riesgos previsibles) ni tampoco reservas de gestión (para afrontar riesgos imprevisibles).
- Subcontrata el análisis de riesgos a un tercero, pero desconoce qué es lo que debe solicitarle exactamente, motivo por el cual muchas veces estos análisis no aportan verdadero valor a la toma de decisiones en el proyecto, sino se realizan por cumplir un requisito contractual.
- Demanda y realiza reclamaciones de reconocimiento de sobrecostos a la entidad contratante por riesgos materializados que estaban asignado al contratista, que eran su responsabilidad.

Y en otros casos ... la entidad contratante:

- Publica la minuta de contrato con una matriz de riesgos que mezcla los riesgos del contrato y asignados a las partes, con los riesgos de seguridad y salud en el trabajo y con los riesgos de la no adjudicación del proceso contractual y con los riesgos operativos. Incluso confundiendo riesgos con incumplimientos.
- No gestiona los riesgos que tiene o aquellos que comparte con el contratista (manejo proactivo de los riesgos identificados, antes de que la situación suceda).

Y en algunos proyectos la interventoría:



- Desconoce los procesos de gestión de riesgos, por lo que no solicita los entregables pertinentes y suficientes al momento de hacer monitoreo a los riesgos.
- Desconoce los lineamientos, la legislación vigente y aplicable en gestión de riesgos.
- No genera verdaderas alertas tempranas a la entidad contratante, se limita a informar incumplimientos o riesgos materializados.
- Confunde los riesgos del proyecto, con los riesgos propios de su contrato como interventor.

Y ante estos acontecimientos, donde se estipulan obligaciones y se asignan los riesgos contractualmente, pero las partes no lo cumplen o simplemente lo confunden, se presentan los grandes desafíos para todos (contratista, contratante e interventor):

- Reconocer los beneficios de la gestión de riesgos a contribuir a minimizar pérdidas y a aumentar ahorros de tiempo y dinero en los proyectos. Dejar de verlo como un requisito contractual enmarcado en una matriz de riesgos. Se requiere darle el uso apropiado, la matriz de riesgos bien elaborada es el principio de la gestión de riesgos, no el fin.
- Cumplir lo estipulado en cada contrato. Todos tienen la responsabilidad de gestionar sus propios riesgos asignados contractualmente. Todos necesitan contar con los soportes suficientes en caso de un eventual requerimiento de un ente de control y así demostrar que efectivamente cumplieron lo establecido en el contrato y en la legislación vigente.
- Necesitan que sus equipos de trabajo conozcan, entiendan y apliquen los estándares de gestión de riesgos con todos sus procesos (identificación, análisis cualitativo y cuantitativo, formulación y ejecución de los planes de respuesta y monitoreo).
- Obtener y conservar los créditos de los proyectos. Para esto los financiadores si monitorean cuidadosamente el manejo que se le da a los riesgos para determinar si continúan o no realizando los desembolsos, o hacen requerimientos adicionales porque ellos necesitan verificar la baja exposición al riesgo de su inversión.
- Contar con los documentos que demuestren el adecuado y oportuno manejo de los riesgos para instaurar una reclamación o para defenderse. El éxito de muchos de estos procesos no depende muchas veces de la firma de abogados contratada sino de la calidad y suficiencia de las pruebas que se les suministren a los abogados para que adelanten los procesos.
- Necesitan que sus equipos de trabajo conozcan, entiendan y apliquen como mínimo lo descrito en documentos como:
  - CONPES 4117 “Política de riesgo contractual del estado para proyectos de infraestructura con participación privada”, documento que relaciona lineamientos generales de asignación de riesgos y luego relaciona lineamientos específicos y excepciones en la asignación de riesgos de acuerdo con las particularidades del tipo de infraestructura (carreteras, puertos, aeropuertos, ferrocarriles de carga y de pasajeros, transporte fluvial y canales de acceso, transporte masivo, plantas de

tratamiento y sistemas de distribución de agua, infraestructura en agricultura y desarrollo rural, recreación y deporte, renovación urbana, cultura, infraestructura TIC, de educación, salud, edificios públicos, dependencias administrativas, justicia, seguridad y defensa, infraestructura de energía convencional y no convencional).

- Metodología para valoración de obligaciones contingentes, la cual se concentra en los procedimientos matemáticos generales utilizados para la valoración de las reservas de dinero para afrontar los riesgos.
- Metodología para valoración de riesgos ambientales, sociales, gobernanza y resiliencia, su objetivo es realizar una identificación temprana de obligaciones contingentes, optimización de recursos y manejo oportuno de los riesgos de cuatro pilares: ambiental, social, gobernanza y resiliencia.
- Metodología de panel de expertos, esta metodología fue creada como una herramienta para ayudar a estimar la probabilidad e impacto de los riesgos en los casos donde no existe información histórica.
- El contrato, si bien es cierto que en el camino de una adecuada tipificación, asignación, análisis y cuantificación de los riesgos las metodologías, guías, lineamientos relacionados anteriormente juegan un papel muy importante en el desarrollo de los distintos proyectos, también es cierto que lo establecido en el contrato prevalece frente a lo descrito en cualquier otro documento. Por lo anterior, en etapa de planeación, ejecución, operación y mantenimiento, es indispensable leer y comprender la minuta de contrato, sus apéndices, anexos, otrosíes y demás documentos que formen parte del contrato.

## CONCLUSIONES

Implementar la gestión de riesgos en proyectos de infraestructura es un proceso evolutivo, pero su resultado final será revolucionario para el desarrollo de futuros proyectos en el país. Para no quedarnos en “promesas” y lograr superar los desafíos es relevante:

- Gestionar los riesgos en todas las etapas del proyecto: planeación, preconstrucción, construcción, operación y mantenimiento. Y gestionarlos en todos sus componentes (diseños, construcción, ambiental, social, predial, redes, ITS, regulatorio, operación y mantenimiento), antes de que sus efectos desemboquen en efectos negativos en el área financiera generando desequilibrio económico. Lo anterior solo se logrará fortaleciendo las capacidades de los involucrados (Contratistas, entidades, interventores): capacitándolos respecto al tipo de contrato en el que se encuentran y logrando conciencia respecto al tema de gestión de riesgos, ya que, aunque cada contrato cuenta con su propia regulación al respecto, lo cierto es que todos los proyectos tienen riesgos. Por lo tanto, es una excelente práctica incluir en el presupuesto de los proyectos recursos asignados a formación, actualización y entrenamiento del personal en esta área.

- Buscar que los funcionarios de las entidades contratantes que participan en la etapa de planeación y estructuración de los proyectos posean experiencia en la ejecución de proyectos. Esto permitirá que se incluyan en los términos de referencia y contratos los perfiles de los profesionales adecuados, (incluyendo el experto en gestión de riesgos en proyectos de infraestructura para la entidad, el contratista e la interventoría), así como su correspondiente asignación salarial.
- Realizar un análisis propio cualitativo y cuantitativo de riesgos del proyecto desde la perspectiva del actor contractual. La matriz de riesgos del proyecto elaborada por la entidad contratante y la calificación cualitativa registrada no representa la verdad absoluta del proyecto. Primero porque esa calificación es subjetiva y asociada a la tolerancia al riesgo de la entidad; segundo porque, en muchos casos, se desconocen los criterios empleados para dicha clasificación; y tercero, porque, en ocasiones, la calificación la realizaron personas que no poseen el conocimiento o experiencia suficiente en el análisis de riesgos, la dinámica real de estos proyectos y/o desconocen la legislación aplicable.

**“Aprende a gestionar los riesgos, correrlos lo sabe todo el mundo”**

*Magda López*

## REFERENCIAS

- [10]. López Pinilla, Magda (2024). Gestión de riesgos Proyectos de Infraestructura, Asociaciones Público-Privadas.
- [11]. Pinzón Amaya, Iván (2018). Macroproceso de gestión de contratistas.
- [12]. Bravo, O., Sánchez, M. (2017). Riesgos en proyectos. En Gestión Integral de riesgo (377 a 410). Bogotá, Colombia: Bravo & Sánchez, EU.
- [13]. Agencia Nacional de Infraestructura ANI. <https://www.ani.gov.co/>
- [14]. Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura APP, criterios ambientales, sociales, gobernanza + resiliencia, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Ver [https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/EntidadesFinancieras/pages\\_app/metodologia](https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/portal/EntidadesFinancieras/pages_app/metodologia)
- [15]. CONPES 4117, Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4117.pdf>
- [16]. Nota técnica 6. Guía para la realización de paneles de expertos en la valoración de riesgos transferibles en proyectos de asociación público – privada, DNP <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Participacion%20privada%20en%20proyectos%20de%20infraestructura/Nota%20T%C3%A9cnica%206%20Panel%20de%20Expertos.pdf>
- [17]. Metodología de valoración de obligaciones contingentes para proyectos de infraestructura: El caso colombiano, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. [https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC\\_CLUSTER-200534%2F%2FidPrimaryFile&revision=latestreleased](https://www.minhacienda.gov.co/webcenter/ShowProperty?nodeId=%2FConexionContent%2FWCC_CLUSTER-200534%2F%2FidPrimaryFile&revision=latestreleased)

## SALIDA AL PACÍFICO UN PROYECTO MULTIPROPÓSITO

Alberto Mejía Arango

*Ingeniero civil Universidad Javeriana 1961. Estudios Queens College, Stanford University  
Ingconsultor1@gmail.com*

**Resumen:** La salida al Pacífico es un proyecto social y de transporte de gran impacto para el Chocó y para el transporte nacional. El proyecto contempla la construcción de un corredor de transporte entre Puerto Cupica y Mutatá con topografía completamente plana, sin cruzar ninguna zona de reserva ambiental, con mínimo terreno inundable, dividido en dos tramos, el primero de 83 km comprendido en Puerto Cupica y Puerto Atrato donde operaría un ferrocarril, incluiría un túnel de 8 km para cruzar la Serranía del Baudó. Este tramo no se proyecta en carretera por motivos ambientales y de operación. El segundo tramo de 73 km comprende la construcción de una carretera entre Puerto Atrato y Mutatá que incluye un viaducto de 6 km de longitud en la zona del río Atrato. En este tramo se pueden aprovechar algunos caminos construidos por el Incora en un proyecto agrícola en Mutatá.

**Palabras clave:** Transporte carretero. Transporte fluvial. Transporte férreo. Transporte interoceánico. Cabotaje. Transporte aéreo



*Figura 1 Ferrocarril movilizandoo contenedores  
Tomado de internet*





Figura 2 Plano del proyecto Salida al Pacífico  
Elaboración propia



Figura 3

Perfil del corredor Puerto Cupica – Mutatá. Con la construcción del túnel para cruzar la serranía del Baudó, la vía entre estos puntos será plana.

Elaboración propia



Figura 4 Trazado del corredor Puerto Cupica – Mutatá

Elaboración propia

El proyecto contempla la construcción de un corredor de transporte entre Puerto Cupica y Mutatá con topografía completamente plana, sin cruzar ninguna zona de reserva ambiental, con mínimo terreno inundable, dividido en dos tramos, el primero de 83 km comprendido en Puerto Cupica y Puerto Atrato donde operaría un ferrocarril, incluiría un túnel de 8 km para cruzar la Serranía del Baudó. Este tramo no se proyecta en carretera por motivos ambientales y de operación. El segundo tramo de 73 km comprende la construcción de una carretera entre Puerto Atrato y Mutatá que incluye un viaducto de 6 km de longitud en la zona del río Atrato. En este tramo se pueden aprovechar algunos caminos construidos por el Incora en un proyecto agrícola en Mutatá.

Mutatá está localizado en la moderna autopista Medellín – Urabá cuando esta vía entra a la planicie de la costa Atlántica. En esta vía se construye el túnel del Toyo de más de 9 km de

largo, que mejorará considerablemente el alineamiento de la vía. En Urabá la vía llegará a los puertos: Antioquia, Pisisí y Darién, siendo el Puerto Antioquia el más adelantado. Puerto Darién será el más apto para el manejo de grandes buques contenedores.

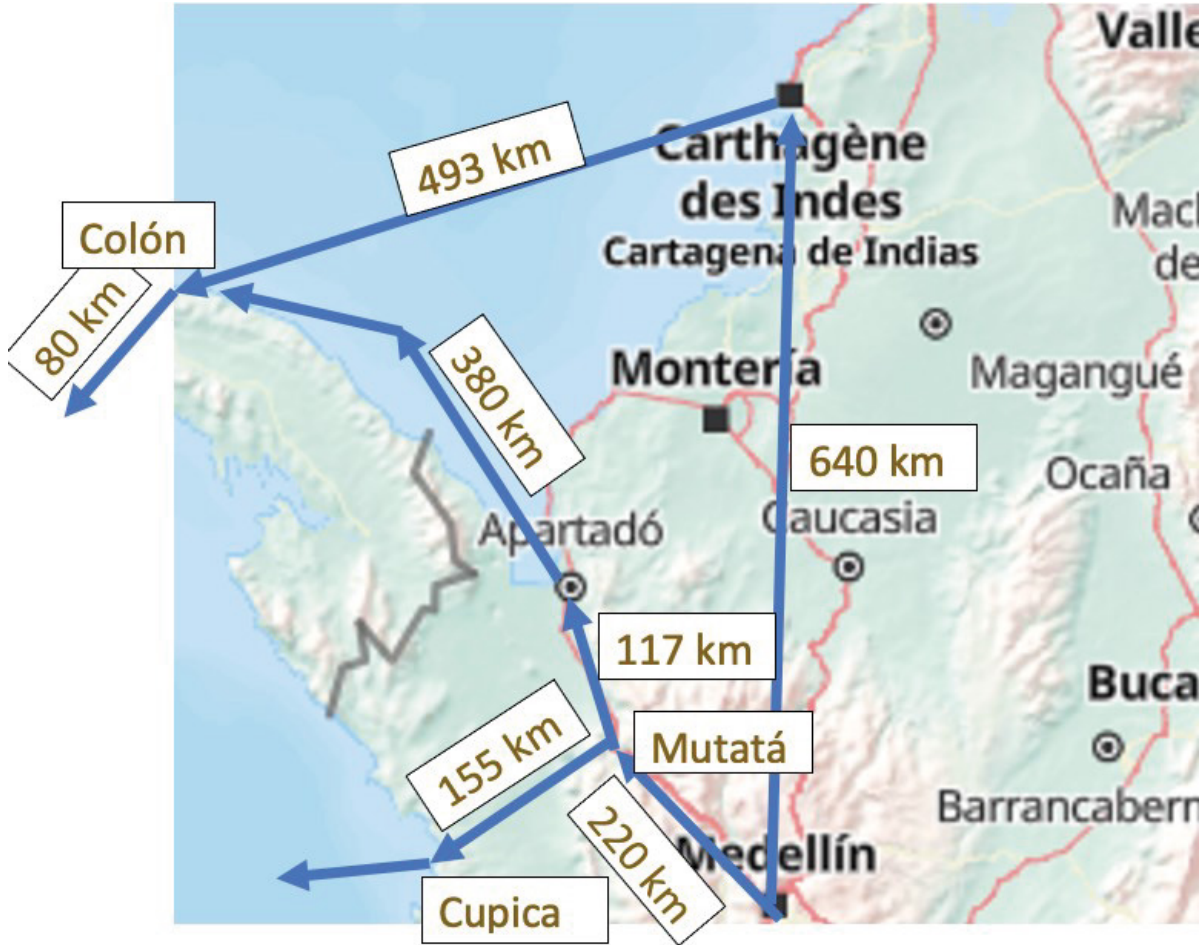


Figura 5 Esquema que muestra las distancias de Medellín al Pacífico por varias rutas  
Elaboración propia

El país tendrá considerables economías en el transporte de carga teniendo en cuenta el gran ahorro en distancia que tendrá la salida al Pacífico por Mutatá – Puerto Cupica, como se ve en el siguiente ejemplo para carga que salga de Medellín al Pacífico:

Medellín -Cartagena – Colón – Balboa	1213 km
Medellín – Urabá – Colón – Balboa	797 km
Medellín -Mutatá – Puerto Cupica	355 km

Además, una gran mejora ambiental al reducir a los vehículos la longitud transportada



La construcción del corredor Puerto – Cupica permitirá a la carga de importación y exportación del norte y centro de Colombia, llegar a los océanos Atlántico y Pacífico. La carga carretera llegará por tierra a Puerto Atrato donde transbordará al ferrocarril que la llevará a Puerto Cupica. Al ofrecer una vía plana hacia el Pacífico gran parte de la carga tomará ese camino, para evitar el fuerte ascenso de “La Línea”, las dificultades de la vía a Buenaventura y la falta de profundidad del canal de acceso a Buenaventura.

Por este corredor se moverán buses que transportarán pasajeros nacionales a las zonas turísticas del Pacífico e internacionales en Antioquia y Chocó. Por esta vía complementada con el río Atrato se podrá acceder a varios parques nacionales y a la gran riqueza en biodiversidad de esta área. El corredor fomentará la construcción de hoteles, paradores, restaurantes y toda clase de facilidades turísticas. Se contempla implantar el servicio de ferry que movilice pasajeros entre Puerto Solano y Nuquí sitios de gran interés turístico vecinos Puerto Cupica. El turismo generará gran número de empleos y riqueza al personal de la zona.



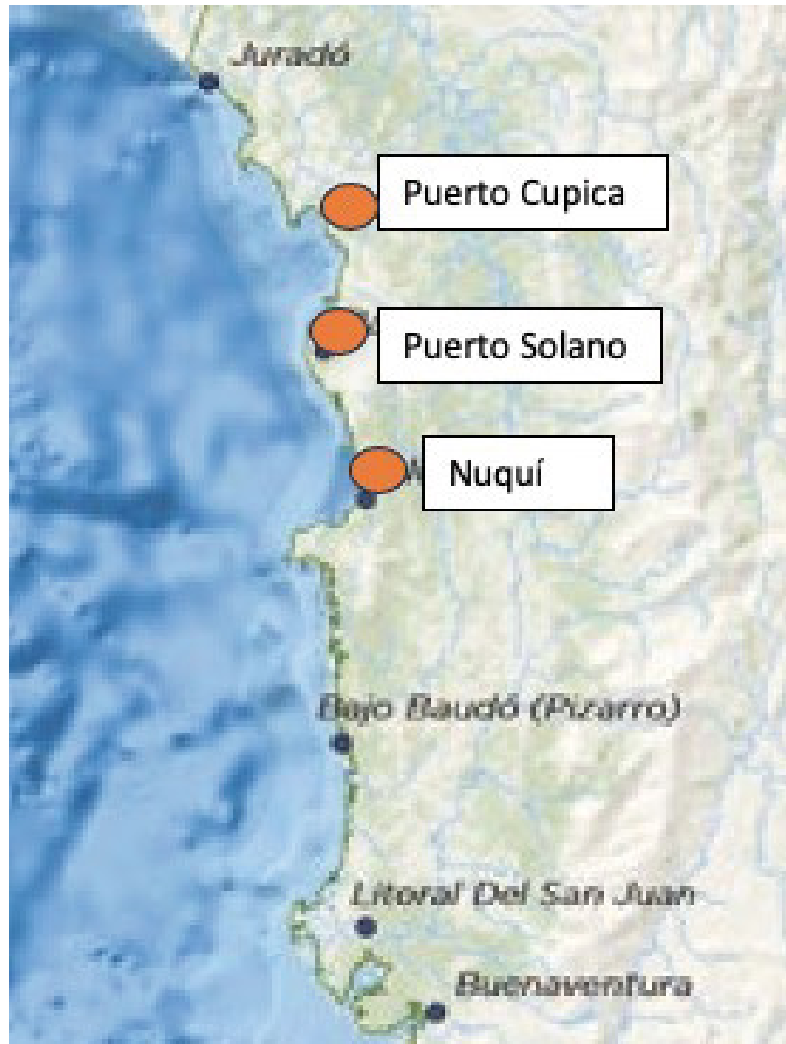
*Figura 6 Vista de un ferry  
Tomada de internet*

La construcción de este corredor de transporte permitirá al Chocó acceder al sistema troncal vial del país y al océano Pacífico por una vía plana. Este departamento está encerrado entre las serranías del Baudó y del Darién, y la cordillera Occidental, sin tener una salida al Pacífico, a pesar de tener una larga costa sobre este océano. El sistema carretero del Chocó fue diseñado para llegar a Quibdó, con dos carreteras de montaña, de inestable geología que cruzan la cordillera occidental desde Quibdó a Medellín y Pereira.

Al construirse la carretera Puerto Cupica – Puerto Atrato -Mutatá se formará también el corredor de transporte interoceánico Puerto Cupica – Puerto Atrato – puertos de Urabá, utilizando el río Atrato para establecer un sistema de transporte marítimo - fluvial que movilice la carga con dirección al Pacífico que llega o sale en sentido contrario. En este



trayecto operarán buques pequeños para el transporte de contenedores. Se contempla establecer un sistema de transporte fluvial en barcos pequeños por el Atrato que llegue a los puertos del río y transporte pasajeros y carga local.



*Figura 7 Un ferry operaría entre Puerto Cupica, Puerto Solano, Nuquí y Juradó  
Elaboración propia*

El río Atrato es un río de corriente suave de inmenso caudal, mayor de 4000 m<sup>3</sup>/s en su desembocadura, con profundidades superiores a 10 metros en su mayor parte, que ha sido completamente desaprovechado para el transporte formal. El transporte actual se realiza en una gran cantidad de canoas a motor. Para utilizar el río será necesario corregir técnicamente algunos sitios que presenten dificultades para el paso de los buques mayores y demarcar la ruta.



Figura 8 Cuenca del río Atrato. El ferrocarril correría desde Cupica hasta Puerto Atrato entre los ríos Domingodó y Opogadó.  
Elaboración propia



*Figura 9 Vista típica del movimiento de un puerto del Atrato  
Tomado de internet*



*Figura 10 Vista de la desembocadura del río Atrato en el golfo de Urabá  
Tomado de internet*



*Figura 11 Vista del río Atrato  
Tomado de internet*



*Figura 12 Barco portacontenedores de baja capacidad  
Tomado de internet*



*Figura 13 Barco portacontenedores  
Tomado de internet*





Figura 14 Comparación de distancias de cabotaje  
Elaboración propia

El sistema facilitará el transporte de cabotaje que se realiza cruzando el Canal de Panamá. El Canal fue ampliado para permitir el paso de grandes buques los cuales tienen preferencia de paso sobre las otras embarcaciones por tanto los buques pequeños que realizan cabotaje sufren importantes demoras. Con la construcción del proyecto “*Salida al Pacífico*” el cabotaje nacional aprovecharía el corredor para su movilización.

El Canal de Panamá vecino al proyecto es una de las obras más importantes del mundo para el transporte mundial. El “Hub” marítimo panameño ofrece 180 rutas marítimas hacia 1920 puertos y 170 países. El Canal tiene un ferrocarril, una autopista y oleoductos paralelos y grandes puertos en sus extremos. Con la incorporación de los tres puertos del golfo de Urabá y los dos puertos de este proyecto más el corredor Puerto Cupica – Mutatá se formará uno de los más formidables centros de transporte del mundo.



*Figura 15 Posición del Canal de Panamá en el mundo  
Tomado de internet*

El proyecto está concebido para incorporar las vías futuras y ampliar la línea férrea para integrarla a la red ferroviaria nacional e internacional.

La carretera Panamericana y el Ferrocarril Centro Americano llegarán a Puerto Atrato, cruzando la Serranía del Darién por terreno firme evitando el paso por el difícil cruce por la ciénaga de Tumarandó en el delta del Atrato. Panamá tendría que autorizar el paso por el Darién.



*Figura 16 Desarrollo futuro del proyecto “Salida al Pacífico”  
Elaboración propia*





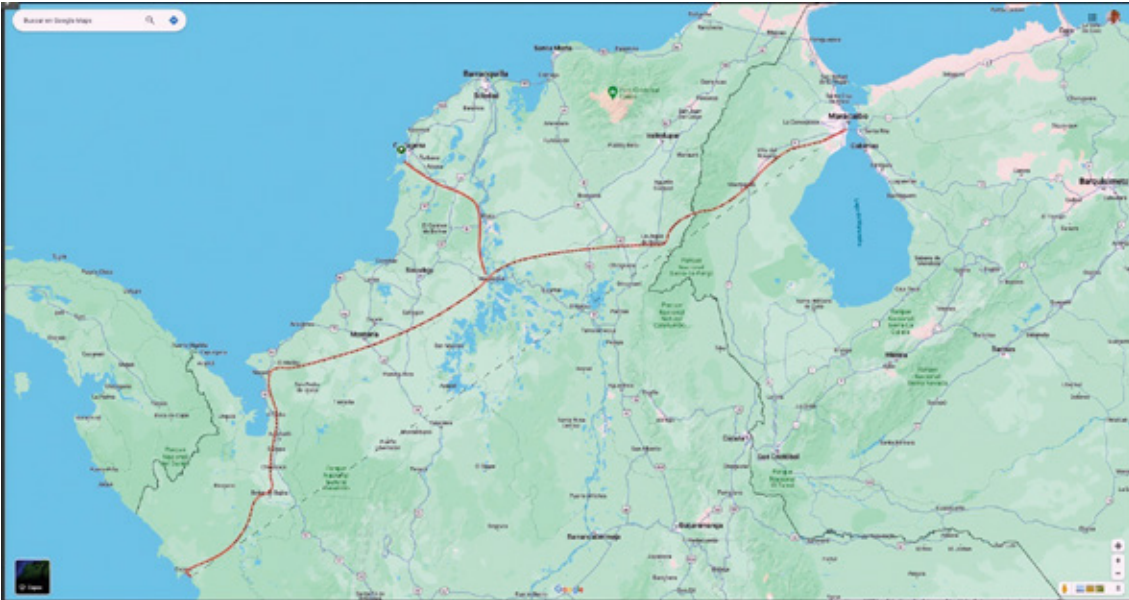
*Figura 17 Localización actual prevista para el acceso a Colombia de la Carretera Panamericana y del Ferrocarril Centro Americano.  
Tomado de internet*



*Figura 18  
La Carretera Panamericana cruzará América desde el Ártico hasta el Antártico.  
Tomado de internet*



El Departamento de Antioquia contempla la construcción de un ferrocarril entre Medellín y Urabá. El ferrocarril Puerto Cupica – Puerto Atrato podría ser prolongado para unirse con ese ferrocarril llegar a los puertos de Urabá para efectuar el transporte interoceánico, sin embargo, no se considera en este momento que haya un volumen de carga que justifique su construcción.



*Figura 19 Trazado de una vía para integración del proyecto con Venezuela  
Elaboración propia*



*Figura 20 Localización de Puerto Cupica y de los puertos marítimos cercanos  
Elaboración propia*

Venezuela y Guyana ricos en petróleo y minerales no tienen salida al Pacífico y a los países del Asia. El proyecto les ofrece una vía para su comercio exterior.

Puerto Cupica estará situado entre los super puertos de Panamá y Chancay. Chancay es un puerto que está siendo construido por la gran naviera China Cosco, que permitirá el ingreso directo del Asia a Sur América y la captación de la carga del centro de Sur América. La vecindad de Puerto Cupica a los puertos del Pacífico de Panamá dará acceso a la carga de transbordo de buques de este puerto.

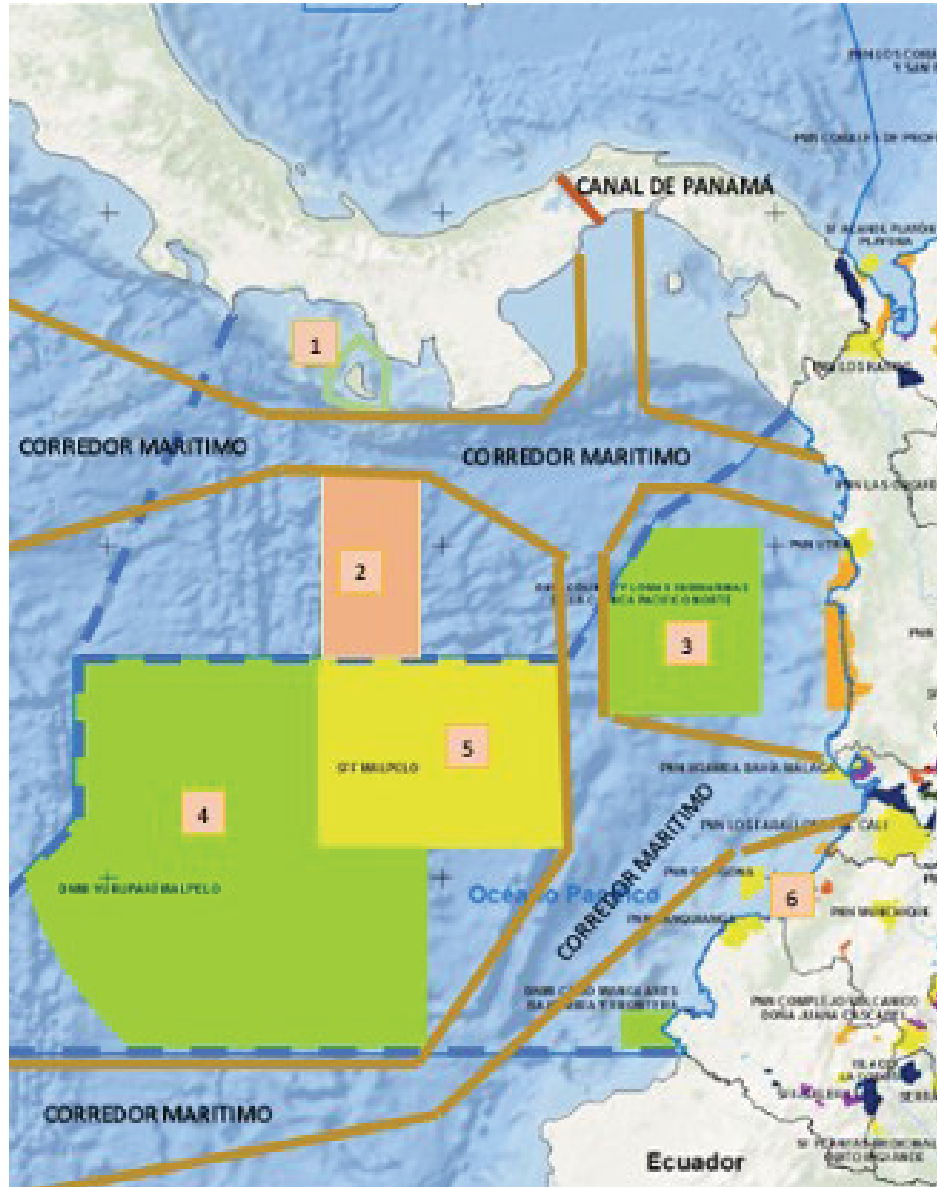


Figura 21 Corredores marítimos en el Pacífico.  
Elaboración propia, adaptado de CTMAR

Puerto Cupica tendrá entrada directa al corredor marítimo que sale de Panamá a los puertos del Pacífico hacia el Asia.

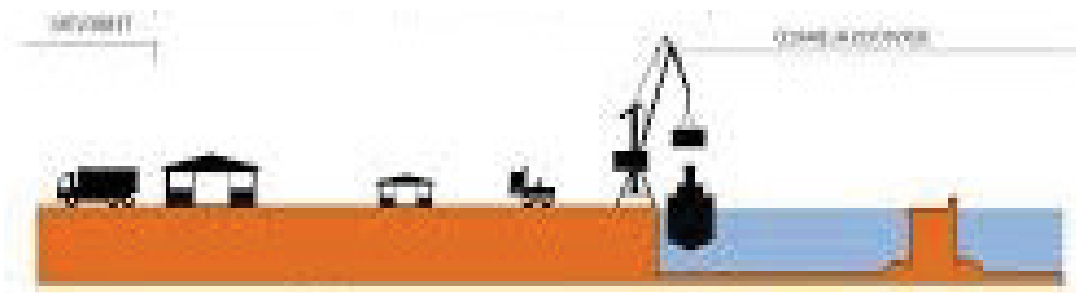


*Figura 22 Localización del puerto de Cupica en la bahía de Chicocora  
Elaboración propia*

El puerto de Cupica estará situado en el golfo de aguas profundas de Cupica en la bahía de Chicocora y para protección ambiental solo tendrá la línea férrea para el ingreso terrestre de carga y pasajeros.

Los puertos Atrato y Cupica recibirán energía eléctrica prolongando una línea de medio voltaje que llegará a Curbaradó.

El puerto será diseñado para recibir barcos portacontenedores, de carga general y cruceros y contará con un corto canal de acceso de profundidad adecuada y una barrera de protección.



*Figura 23 Esquema del Puerto  
Elaboración propia*



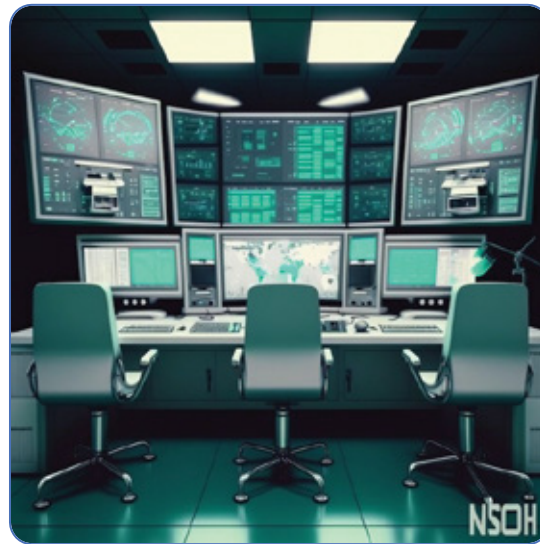
*Figura 24 Esquema de Puerto Atrato  
Elaboración propia*

Puerto Atrato recibirá la carga y los pasajeros del interior y norte del país al Pacífico en una amplia zona camionera dotada de todos los servicios. También la carga fluvial proveniente de los puertos de Urabá. La carga será recogida y transbordada al ferrocarril con moderno equipo. El puerto contará con muelles para el atraque de buques y un puerto secundario para transporte local.

Cerca al puerto se construirá una pista aérea que complementará el movimiento de pasajeros y de mercancía de bajo peso.

En puerto Atrato se establecerá el centro de sistemas e información del transporte. Para el buen funcionamiento del sistema se establecerá una organización que llevará un control de la carga movilizada y de los diferentes equipos del sistema y atenderá por el buen estado de las instalaciones y equipos. La organización velará por el cumplimiento de itinerarios de buques, trenes, buses y camiones. Igualmente atenderá los cobros de los ingresos del sistema.





*Figura 25 Vista de un centro de sistemas  
Tomado de internet*



*Figura 26 Futuro desarrollo de Puerto Atrato  
Tomado de internet*

Puerto Atrato será el centro de transporte del transporte del área del Darién. A su alrededor se formará una ciudad dotada de todos los servicios.

Con el establecimiento del nuevo centro de transporte de Puerto Atrato en la mitad del Atrato, se establecerán autoridades que podrán controlar más fácilmente el orden público y reducir las organizaciones ilegales. También la deforestación y minería ilegal. Puerto Atrato se convertirá en el centro de control de actividades ilegales en el Departamento.



*Figura 27 Ciénagas en el Atrato  
Tomado de internet*



*Figura 28 Estanques piscícolas  
Tomado de internet*



Se contempla fomentar la piscicultura en el gran número de ciénagas existentes formadas de antiguos brazos del río y establecer un transporte refrigerado que recorra el Atrato recogiendo su producido para luego efectuar su comercialización. La red de frío establecida elevará el nivel económico de la región.



*Figura 29 Zona de protección ambiental vecina al ferrocarril  
Elaboración propia*

Para compensar el detrimento ambiental que produzca el proyecto, se contempla crear una reserva ambiental vecina a la vía férrea y a los puertos, cuya conservación y control estarían a cargo del proyecto.

Elevar el nivel económico de los habitantes de la región e incrementar el nivel educativo será una de las metas principales del proyecto. La mayor parte de los terrenos por donde pasa el corredor Puerto Cupica – Mutatá son terrenos colectivos inalienables. Para adquirir los permisos de paso se contempla hacer a cambio un gran número de obras que beneficien a la comunidad vecina al proyecto, entre ellas escuelas, centros de enseñanza técnica, acueductos, electrificación, centros de salud, las que serían acordadas con la comunidad.

La tabla 1 muestra un análisis tentativo de las inversiones necesarias.

Los ingresos del proyecto serían: servicios portuarios en los puertos Cupica y Atrato, ingresos por transporte fluvial entre los puertos de Urabá y puerto Atrato, Transporte férreo y peaje en Curbaradó.

*Tabla 1 Costo tentativo del proyecto en dólares*

<b>COSTO TENTATIVO DEL PROYECTO</b>	
<b>Estudios y diseños</b>	<b>50.000.000</b>
<b>Puerto Cupica</b>	<b>400.000.000</b>
<b>Puerto Atrato</b>	<b>250.000.000</b>
<b>Tunel</b>	<b>400.000.000</b>
<b>Línea férrea</b>	<b>250.000.000</b>
<b>Carretera Mutatá - Puerto Atrato</b>	<b>100.000.000</b>
<b>Energía</b>	<b>70.000.000</b>
<b>Predios</b>	<b>50.000.000</b>
<b>Obras sociales</b>	<b>100.000.000</b>
<b>Otras obras e imprevistos</b>	<b>150.000.000</b>
<b>COSTO TENTATIVO</b>	<b>1.820.000.000</b>

## REFERENCIAS

- [1]. Alberto Mejía Arango. LOS CRUCES DE LA GRAN BARRERA Amazon.Co,2014
- [2]. Alberto Mejía Arango. LOS CANALES DEL DARIÉN Amazon.Co, 2018
- [3]. Alberto Mejía Arango. ALBORES DE NUESTRA HISTORIA. Amazon.Co, 2019
- [4]. Alberto Mejía Arango. PLAN CHOCÓ, UN PROYECTO INTEROCEÁNICO. Amazon.Co. 2020
- [5]. ANALES DE INGENIERÍA, SCI, septiembre 2023
- [6]. *PROYECTO DE UNION PROGRESS CO. IDENTIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE PROYECTOS. SALIDA AL PACÍFICO. PLAN CHOCÓ. PLAN ANTIOQUIA – CHOCÓ. OPTIMIZACIÓN EMBALSE DE CHUZA.* <https://unionprogress.co/>





Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**  
La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 @saiantioquia



# ¡CAPACÍTATE CON NOSOTROS!

TE INVITAMOS A SER PARTE  
DE NUESTROS **FOROS,**  
**CONGRESOS, SEMINARIOS**  
**Y FERIAS,** DISEÑADOS PARA  
IMPULSAR EL  
CONOCIMIENTO Y LA  
INNOVACIÓN EN EL GREMIO.

¡JUNTOS, HACIA EL FUTURO!

## INSTRUCCIONES PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS PARA LA REVISTA SAI

Utilizar Mayúsculas en cada Palabra en el Caso del Título

Nombre, Apellidos<sup>1</sup>; Nombre, Apellidos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Grado académico, Universidad, Institución, Ciudad, País, año, correo electrónico

<sup>2</sup>Grado académico, Universidad, Institución, Ciudad, País, año, correo electrónico

**Resumen:** 200 palabras. Los escritos deben ser preparados por el autor, en español, en formato Microsoft Word, de acuerdo con el formato enviado adjunto. Letra Times New Roman 12, espacio simple, máximo 25 páginas, justificado.

**Palabras clave:** Incluir una lista de al menos 5 palabras claves

### 1 INTRODUCCIÓN – LO QUE PUBLICA LA REVISTA SAI

Se quiere publicar en cada edición:

- Artículos con opiniones, ensayos y reflexiones de fondo sobre temas esenciales y vitales para la ingeniería y la arquitectura, los proyectos importantes y los asuntos de importancia.
- Notas históricas, crónicas, notas sobre personajes importantes, sobre empresas y entidades, y sobre proyectos importantes, para registrar hitos de nuestras profesiones, de sus proyectos y de la actividad empresarial e institucional.
- Notas culturales que ilustren y amplíen la visión interdisciplinar e integral y que destaquen los ricos aspectos estéticos, artísticos, literarios, históricos que dan calidad de vida a la región y a las actividades de nuestras profesiones.
- Notas técnicas y científicas ilustrativas, que destaquen y divulguen los avances en la ciencia, en la tecnología, en el estado del arte de los temas que atañen a nuestras profesiones.
- Artículos técnicos y científicos que se refieran a estudios, investigaciones, avances, desarrollos, sean originales o de divulgación.

Los escritos serán sometidos a revisión por parte del comité editorial. Tales revisiones podrán dar origen a cambios menores de ortografía o forma, que serán tenidos en cuenta sin consultar de nuevo a los autores. También podrán dar lugar a solicitar revisiones mayores de parte de los autores, quienes tendrán un plazo de una semana para enviar de nuevo sus trabajos debidamente revisados.

Nuestra revista será publicada digitalmente, con la posibilidad futura de imprimir cantidades limitadas, en caso de lograr el patrocinio respectivo, para distribución limitada. Nuestra idea es evolucionar continuamente con la revista, registrarla dentro de los sistemas que acogen este tipo de revistas, para llevarla cada vez más a lograr una posición valiosa en nuestro medio, como un vehículo de expresión de todos aquellos que deseen compartir sus conocimientos, experiencias

valiosas y reflexiones en temas relacionados con nuestro gremio y nuestras profesiones y sus proyecciones y logros. Igualmente deseamos que sea un medio para divulgar a nuestros empresarios y a sus proyectos comerciales y negocios, a través de la publicidad, con la idea también de generar algunos recursos para la SAI, además de cubrir los costos que pueda tener este esfuerzo editorial.

Los autores, al publicar en la Revista SAI dan autorización a la SAI para que haga uso de la publicación de estos documentos para sus fines educativos, científicos y culturales en cualquiera de los formatos digitales e impresos que la SAI decida utilizar. En todo caso, la SAI incluirá el nombre del AUTOR al utilizar el documento. Los usuarios de las publicaciones de la SAI deberán mencionar al AUTOR cuando citen o utilicen el material publicado.

En el uso que la SAI haga del documento, podrá obtener ingresos económicos, los cuales podrán ser usados para cubrir los costos de los eventos o publicaciones y para generar excedentes para el fortalecimiento económico de la SAI, que es una entidad sin ánimo de lucro. No habrá lugar a reconocimientos económicos a los autores que publiquen en la revista SAI.

EL AUTOR de cada artículo o escrito expresa que ellos son de su autoría y por ello exime a la SAI de cualquier responsabilidad en este sentido, declarando que, para todos los efectos, la Sociedad Antioqueña de Ingenieros y Arquitectos SAI actúa como tercero de buena fe. Al mismo tiempo, el AUTOR mantiene sus derechos como autor en el uso que dé a su publicación en el futuro.

## 2 DESARROLLO – NORMAS PARA LOS FORMATOS DE LA REVISTA

El nombre y numeración consecutiva de las figuras deben estar centradas debajo de las figuras, los títulos de las tablas deben estar centrados encima de ellas. Mencione las figuras y tablas en el texto antes de estas. Para la mención de figuras, tablas o ecuaciones utilice las palabras completas con la primera letra en mayúscula, por ejemplo "Figura 1". Coloque las unidades entre paréntesis. Por ejemplo, escriba "Temperatura (K)", no "Temperatura K". Si la Figura no es de creación propia por favor hacer la citación de la fuente.

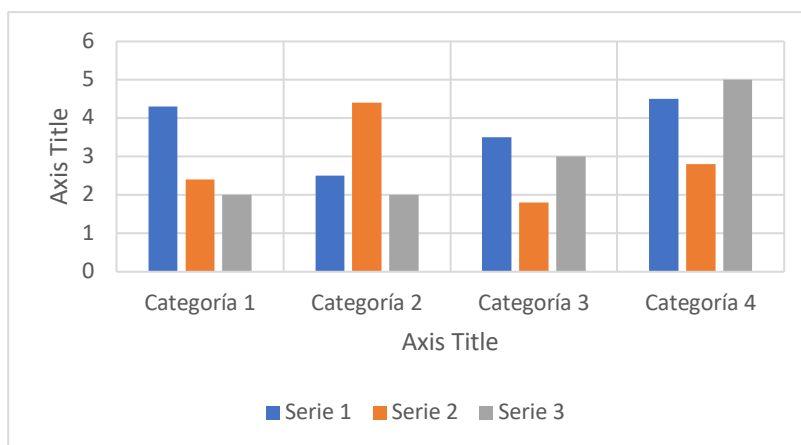


Figura 1. Distribución por categorías

Fuente: Elaboración propia

Por favor utilizar los márgenes, que se especifican en la Tabla 1. Las medidas están en **centímetros**.

**Tabla 1. Márgenes de página**

Página	Superior	Inferior	Izquierda/Derecha
Primera	3,0	2,5	3,0
Resto	3,0	2,5	3,0

*Fuente: Elaboración propia*

### 3 CONCLUSIONES

### 4 REFERENCIAS

Para citar las referencias bibliográficas a lo largo del manuscrito usar corchetes con el número que ocupa en la lista de referencias. También se puede colocar el apellido del autor

Algunos ejemplos son [5]

O [5, Sánchez]

Libro

[1]. Herrera Cáceres, C. y Rosillo Peña, M. (2019). Confort y eficiencia energética en el diseño de edificaciones. Universidad del Valle.

Revista

[2]. Castañeda Naranjo, L. A. y Palacios Neri, J. (2015). Nanotecnología: fuente de nuevos paradigmas. Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, 7(12), 45–49. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2014.12.49710>

Artículo en un periódico

[3]. Carreño, L. (9 de febrero de 2020). La disputa gremial por los aranceles a las prendas de vestir. El Espectador. <https://www.elespectador.com/economia/la-disputa-gremial-por-los-aranceles-las-prendas-de-vestir-articulo-903768>

Tesis o disertaciones

[4]. Martínez Ribón, J. G. T. (2011) Propuesta de metodología para la implementación de la filosofía Lean (construcción esbelta) en proyectos de construcción [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <http://bdigital.unal.edu.co/10578/>

Página Web

[5]. Sánchez, Carlos. (08 noviembre 2021). Ejemplos de Referencias Bibliográficas APA. Normas APA actualizadas 7ª edición. Consultado en mayo de 2024 <https://normas-apa.org/referencias/ejemplos/>





Sociedad Antioqueña de  
**Ingenieros y Arquitectos**

La Fuerza de la Razón - 1913

 [www.sai.org.co](http://www.sai.org.co)

 [@saiantioquia](https://www.instagram.com/saiantioquia)

