

REVISTA
**CONSTRUCCION
Y SOSTENIBILIDAD**
2023



SENNOVA

CENTRO PARA EL DESARROLLO DEL
Hábitat
y la Construcción
Regional Antioquia



SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

Revista
Construcción y Sostenibilidad

ISSN: 2619-1962 (Digital)

Periodicidad: Anual

Volúmen 5 No 1 2021

Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Regional Antioquia
Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción
Dirección: Diagonal 104 # 69 -120 Medellín, Colombia
Teléfono: (4) 4442800 Extensión 43569
Email: sennovacdhc@gmail.com

Equipo Directivo

Jorge Eduardo Londoño Ulloa
Director general

Jaime León Tobón Vélez
Director (e) Regional Antioquia

María Elicenia Quintero Cardona
Subdirectora (e)
Centro para el Desarrollo del
Hábitat y la Construcción

Equipo Editorial

Nelson Castaño Ciro
Gestor editorial

Jefferson Fuertes
Diseño y Diagramación

Comité Científico / Editorial

MSc. Nelson De Jesús Castaño Ciro
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

Comité de Ética Editorial

Phd. Alexandra Cecilia Hoyos Figueroa
Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA



Pag. 6 - 17

Problemas de la administración de viviendas de interés social en Medellín

Angela Jiménez - Nelson Castaño

Pag.18 - 22

Aislamiento de hongos ligninolíticos con capacidad decolorante del azul índigo

Dallany Urrego García

Pag. 23 - 39

Implementación de una metodología de diseño conceptual de una nueva edificación para formación

Nelson Castaño Ciro / Sara Posada
Martín Alonso Pérez / Jorge Palacio

Pag. 40 - 48

Aplicación de la biomimética para construcción de espacios sostenibles.

José Antonio Pérez Corrales - Samir Borja García
Dallany Urrego García

Pag. 49 - 55

Gas natural licuado como fuente de energía alternativa sostenible: proceso de licuefacción

Nelson Castaño Ciro





Problemas de la administración de viviendas de interés social en Medellín

Problems of the administration of social interest housing in medellin

Angela Jiménez¹ / Nelson Castaño²

RESUMEN

La ciudad de Medellín ocupa el segundo lugar entre los municipios del país con mayor población por metro cuadrado (Economía 2019). Su población debe adaptarse a estos nuevos cambios y a ser administrados por personas ajenas a su grupo familiar, que representan jurídicamente a la propiedad horizontal y que pretenden aplicar la normatividad legal vigente; esto supone procesos de reacomodación y aprendizaje social e incluso, implica asumir algunas problemáticas de distinto orden para los administradores.

El objetivo principal de este documento es mostrar los resultados de los principales problemas en la propiedad horizontal en la ciudad de Medellín. La metodología empleada es de tipo causal, mediante encuestas elaboradas a la medida, y se hace un análisis de los resultados arrojados. Se encontró que las principales problemáticas son de orden financiero, social y de aplicación de normas de convivencia.

Palabras clave: Vivienda de interés social; Propiedad Horizontal; Administración de edificios.

ABSTRACT

Medellín city ranks second among the country's municipalities with the largest population per square meter (Economía, 2019). Its population must adapt to these new changes and to be administered by people outside their



family group, who legally represent the horizontal property and who intend to apply the current legal regulations; this supposes processes of rearrangement and social learning and even implies assuming some problems of a different order for the administrators.

The main objective of this research is to study the main problems in horizontal property in Medellín. The methodology used is causal, through custom made surveys, and an analysis of the results is made. It was found that the main problems are financial, social and application of rules of coexistence.

Keywords: Social interest housing; Horizontal Property; Building administration

1. Especialista en Psicología Clínica con Énfasis en Salud Mental, SENA CDHC, amjimenezm@sena.edu.co, Medellín

2. Ms en Ingeniería, SENA CDHC, ncastano@sena.edu.co, Medellín



1. INTRODUCCIÓN

El estado colombiano define la Propiedad en la ley 2 de 1959 en el artículo 669 como dominio, es el derecho real en una cosa corporal, para gozar y disponer de ella arbitrariamente, no siendo contra ley o contra derecho ajeno. “La propiedad separada del goce de la cosa se llama mera o nuda propiedad” (Congreso de Colombia 1959).

En Colombia, el Régimen de Propiedad Horizontal es un sistema jurídico que regula el sometimiento a propiedad horizontal de un edificio o conjunto, construido o por construirse (Congreso de Colombia 2001).

En el artículo 51 de la ley 675 no se define entre las funciones del administrador de manera directa, responsabilidades relacionadas con la convivencia y armonía entre los propietarios, pero si está prevista en el artículo 58 que ante posibles conflictos generados entre los propietarios y residentes, será el administrador, el consejo de administración o control de la persona jurídica quienes puedan acudir a el comité de convivencia para ayudar a dirimir la controversia, aplicando fórmulas de arreglo y fortalecer las relaciones entre los vecinos.

Dicho proceso se hace de acuerdo con lo descrito en el reglamento de propiedad horizontal (en adelante, PH) y en el manual de convivencia. La elección de los miembros del comité se hace cada año dentro de la asamblea y los miembros elegidos desempeñan su labor ad honorem.

Las sesiones realizadas con los implicados quedan consignadas en un acta. Adicionalmente se tiene como recurso los mecanismos alternos de solución de conflictos como la conciliación, mediación, el arbitraje, la amigable composición y la transacción (Congreso de Colombia 2001).

Por otro lado, el Nuevo Código Nacional de Policía y Convivencia contempla que las entidades estatales promoverán el cumplimiento de los comportamientos favorables a la convivencia de las personas que habitan o visitan el territorio nacional y se define que, ante comportamientos contrarios a la convivencia, se les aplicará medidas correctivas de conformidad con la ley y respetando las garantías constitucionales (Congreso de Colombia 2016a).

Según la ley 1801 de 2016 son comportamientos que atentan contra la convivencia, entre otros:

1. Reñir, incitar o incurrir en confrontaciones violentas.
2. Lanzar objetos que puedan causar daño o sustancias peligrosas a personas.

3. Agredir físicamente a personas por cualquier medio
4. Amenazar con causar un daño físico a personas por cualquier medio.
5. Portar armas, elementos cortopunzantes, o semejantes, o sustancias peligrosas, en áreas comunes o lugares abiertos al público.

Por otro lado, la ciudad de Medellín se caracteriza geográficamente por estar ubicada en un valle relativamente estrecho y conurbado, que en la actualidad constituye un área metropolitana compartida por 10 municipios y es asiento de 2.933.094 habitantes según registros a 2020 (TeleMedellín, aquí te ves 2021)

El siglo XXI trajo cambios significativos en la forma de distribución urbana, cuyas edificaciones se han venido demoliendo vertiginosamente (a excepción de aquellas consideradas patrimonio histórico de la ciudad), con fines de aprovechamiento de espacios en construcciones verticales. Ahora surgen edificaciones y conjuntos residenciales de más de un nivel, de áreas reducidas y donde se hace obligatorio asumir la administración coordinada de todos los copropietarios que la habitan, y con ello, los cambios culturales que trae implícita la convivencia. Surge entonces la pregunta ¿cuáles problemáticas enfrenta el administrador de PH frente a estos cambios sociales asociados a las nuevas formas de vivienda?

La ciudad de Medellín presenta una característica importante en la reorganización de sus pobladores con la construcción desmedida en terrenos de invasión por población desplazada y marginal que buscan laderas y orillas de quebradas y ríos para ubicar improvisadas construcciones, representando así, un riesgo de desastres naturales y que, el municipio debe reubicar como estrategia preventiva. Además, el plan de ordenamiento territorial y los requerimientos de planeación de vías, ampliación de estas y redistribución de espacios, también exigen procesos de reubicación de familias que tienen viviendas en estos puntos (Zuluaga 2019).

El Ministerio de ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, enmarcado dentro de una política de vivienda que busca garantizar el derecho a la vivienda acorde con la Constitución Política de Colombia (art. 51), adopta el concepto de la vivienda de interés social como “aquella que reúne los elementos que aseguran su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción cuyo valor máximo es de 135 salarios mínimos mensuales legales vigentes” y las viviendas de interés social prioritaria son “aquellas viviendas de interés social cuyo valor máximo es de 70 salarios mínimos mensuales vigentes” (a la fecha, un salario mínimo corresponde a US 232.55).



Estas viviendas oscilan entre 45 m² y 60 m² y son asignadas a los estratos 1, 2, 3 y 4 que incluyen la oportunidad de recibir un subsidio por parte del estado (Congreso de la República de 1991). La institución gubernamental que hace entrega de estas viviendas es ISVIMED (Instituto Social de Vivienda y Hábitat de Medellín) cuyas funciones son las de comprar los terrenos, hacer la labor social con las comunidades, liderar el desarrollo de los proyectos de viviendas, hacer las entregas de estas, capacitar a las futuras comunidades que ocuparan las nuevas residencias y acompañar en el proceso de adaptación y cumplimiento de la normatividad (Zuluaga 2019).

En este tipo de viviendas de interés social se dan fenómenos como la poli etnia, la diversidad de culturas, creencias, estilos de vida, problemáticas sociales, bajo nivel académico, carencia de recursos e inestabilidad financiera. Estas poblaciones han vivido en sectores rurales, algunos de ellos desplazados por la violencia (Agencia de Prensa IPC 2018), o sectores urbanos en las periferias o zonas de invasión habituados a residir en casas propias o de familiares, tugurios, suburbios o espacios donde no es habitual el cumplimiento de normas de convivencia social pactadas de común acuerdo, en las que no se pagan cuotas de administración, sin que operen mayores restricciones por ruido o uso de espacios comunes, ni por sanciones desde las vías del derecho y además, habituados a la ausencia de las autoridades para la defensa de la ciudadanía. Cabe aclarar que es común la presencia de grupos al margen de la ley, que imponen un orden y una cuota semanal generalmente ajustada a unos intereses particulares y cuyas acciones ante la transgresión, son por las vías del hecho (Restrepo 2003).

Luego de ser entregados los apartamentos, uno de los requerimientos de ISVIMED es que cada unidad residencial cuente con un administrador de propiedad horizontal según la ley 675 de propiedad horizontal que, por lo general surge de manera espontánea, empírica, altruista entre la comunidad. El ISVIMED además, hace un acompañamiento social, contable y jurídico en cada proyecto brindando capacitaciones y asesorías inter e intrainstitucional, buscando que tanto el administrador como los residentes de las copropiedades asuman con autonomía y responsabilidad el cuidado de su copropiedad y el cumplimiento de la ley (Zuluaga 2019).

Es evidente que los administradores de estas viviendas se enfrentan a un sinnúmero de problemáticas y cabe anotar que el entrenamiento otorgado desde ISVIMED no alcanza a darles las suficientes herramientas para su propósito.

El objetivo fundamental de esta investigación es identificar las principales problemáticas que enfrentan los administradores de la PH en viviendas de interés social o prioritario del Municipio de Medellín entre los años 2020-2021 y dejarlas documentadas para trabajar sus causas y, posteriormente, sus posibles soluciones.

2. ANTECEDENTES

En las fuentes primarias de información consultadas, que incluyen bases de datos especializadas, no se pudo encontrar información documentada ni estudios actualizados que registren datos de las principales problemáticas en la gestión de P.H: ni sus estrategias de intervención en la ciudad de Medellín.

ISVIMED, VIVA (Empresa de vivienda de Antioquia), SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), entre otras, son entidades que aportan a la comunidad para que, a través de asesorías y formación, logren dirimir las problemáticas. Pero dicha atención es puntual y muestra falencias en el análisis de causas y estrategias de intervención que den herramientas psicológicas y sociales a sus habitantes para que se empoderen de los mecanismos alternos de solución de conflictos propuestos en el artículo 58 de la ley 675 de 2001.

El objetivo general de la presente investigación es identificar las Principales problemáticas en la administración de propiedad horizontal en viviendas de interés prioritario del Municipio de Medellín año 2020-2021. Algunos objetivos específicos son priorizar estas problemáticas mediante instrumentos de medición e identificar las estrategias de intervención que se han puesto en marcha para la comunidad.

3. METODOLOGÍA

En este estudio se empleó una investigación de campo, en donde se indaga sobre los problemas en varias propiedades horizontales mediante encuestas elaboradas a la medida, y se hace un análisis de estos. En una primera fase se hace una lluvia de ideas o brainstorming identificar cuáles son las principales problemáticas que perciben en la administración de PH de viviendas de interés social. Basado en los resultados obtenidos, se diseña las preguntas para el instrumento de evaluación.



Posteriormente, ISVIMED proporciona acceso al Módulo SIFI que es el Sistema de información de ISVIMED donde se registra por parte de los asesores, todo el proceso de los proyectos y las acciones formativas, documentales, observaciones sobre el funcionamiento de los órganos de administración y dirección, acompañamientos realizados a las copropiedades, trámites e intervenciones que se realizan con los copropietarios y quienes asumen la administración desde los inicios, además de otras novedades.

En esta segunda etapa se analizaron los proyectos de ISVIMED que terminaron la construcción y se encuentran ocupados por los copropietarios y residentes. En estos se identifican los administradores elegidos, los cuales han recibido capacitación y se encuentran ejecutando las funciones según la ley 675 de 2001.

Los proyectos con los que se trabajó en la presente investigación se detallan en la figura 1 en la que se muestra, además, la ubicación geográfica de los mismos.

Finalmente, y de común acuerdo entre el equipo de trabajo de la investigación, se diseña la encuesta a la medida y se procede a su aplicación entre la población objetivo.

Encuesta aplicada. Basado en los hallazgos de la tabla 1, se realizó una encuesta para los administradores de las propiedades listadas en la figura 1.



Figura 1. Mapa de ubicación de copropiedades de vivienda de interés social y prioritario de la ciudad de Medellín 2020.
Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS

Para filtrar los resultados más importantes, se sumaron los porcentajes de los tres valores menos favorables de las respuestas, la cuales fueron: nunca, casi nunca, algunas veces. En dicha suma, se seleccionaron los que sumaron más del 50%, considerando que representan los factores más críticos a analizar. Estos valores son los que se analizan desde la figura 3 hasta la figura 17 más adelante.

Tabla 1. Porcentaje de Principales problemáticas reportada en SIFI. Fuente: elaboración propia

Problemática reportada en SIFI	Porcentaje de prevalencia
Problemas de convivencia	78%
Incumplimiento en cuotas de administración	63%
Poca participación de propietarios y residentes	34%
Falta de idoneidad en la administración	31%
Problemas externos a la PROPIEDAD HORIZONTAL que afectan la convivencia	27%
Post ventas sin reparar y notificadas (mantenimientos)	22%
Desarticulación de Administración, Consejo y copropietarios	21%



En la figura 2 se ven representados estos factores críticos, que más adelante se detalla de las preguntas hechas a los administradores y sobre las cuales se basa la investigación.

Obsérvese como las principales problemáticas están asociadas con aspectos de orden financiero como son el pago inoportuno de las cuotas de administración que son además muy bajas en relación a lo que las viviendas no catalogadas de interés social o prioritario deben pagar, en esa misma dirección no presentan libros a la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN, el no tener un contador ni un revisor fiscal, tampoco llevan las normas internacionales de contabilidad e información financiera NIIF ni las normas internacionales de auditoría NAI. (Consejo Técnico de la Contaduría Pública 2017).

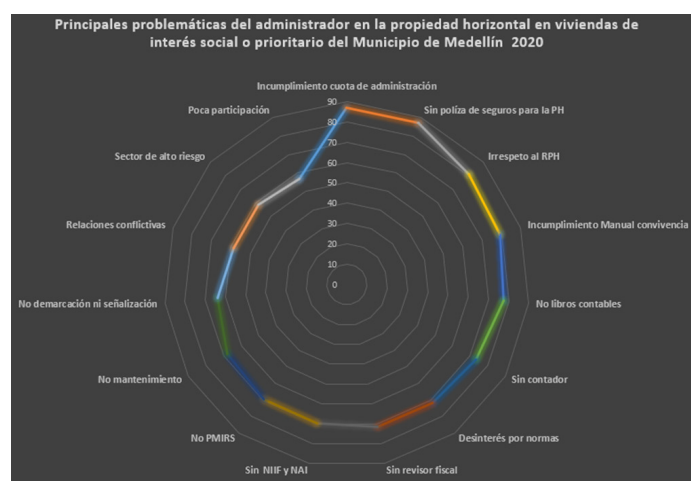


Figura 2. Principales problemáticas del administrador en la propiedad horizontal en viviendas de interés social o prioritario de Medellín 2020.
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se observa que el 81.2% de los administradores encuestados dicen que los residentes poco respetan el reglamento de propiedad horizontal, siendo esto un reflejo de la tendencia a la desobediencia de la norma (García 2017). Por el contrario, en la figura 4 se muestra que un 66% de los residentes lo respetan, quizá porque el manual suele ser menos técnico, corto y fácil de entender. Esto tiene correlación con la encuesta realizada por ENLEC (ENLEC 2018), donde el colombiano promedio en la ciudad lee 5 libros en el año.

En la figura 3 se observa que el 81.2% de los administradores encuestados dicen que los residentes poco respetan el reglamento de propiedad horizontal, siendo esto un reflejo de la tendencia a la desobediencia de la norma (García 2017).

Por el contrario, en la figura 4 se muestra que un 66% de los residentes lo respetan, quizá porque el manual suele ser menos técnico, corto y fácil de entender. Esto tiene correlación con la encuesta realizada por ENLEC (ENLEC 2018), donde el colombiano promedio en la ciudad lee 5 libros en el año.

En la figura 5 se muestra que un 62% de los encuestados expresan que no cuentan con revisor fiscal; si bien es cierto, en la ley 675 del 2001 no se obliga a tener revisor fiscal en tanto la copropiedad no sea comercial ni mixta, queda a voluntad de este si desea hacerlo y será necesario que se contrate cuando el reglamento así lo contempla y el presupuesto lo pueda soportar, pero difícilmente se logra. De igual forma gran parte de los administradores manifiesta que no cuenta con un profesional de Contaduría, figura 7, lo cual reafirma la poca inversión en el manejo de sus finanzas.

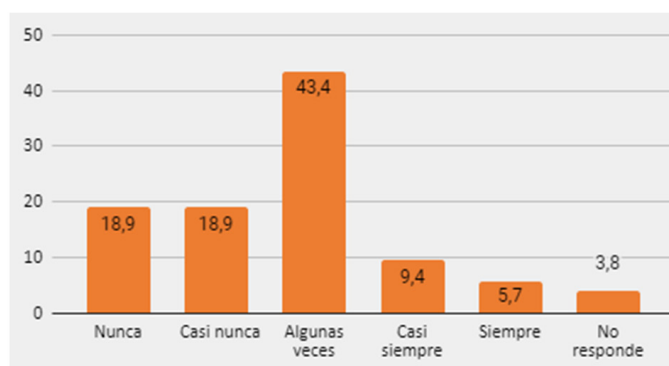


Figura 3. Aplicación y respeto del Reglamento de PH.
Fuente: elaboración propia.

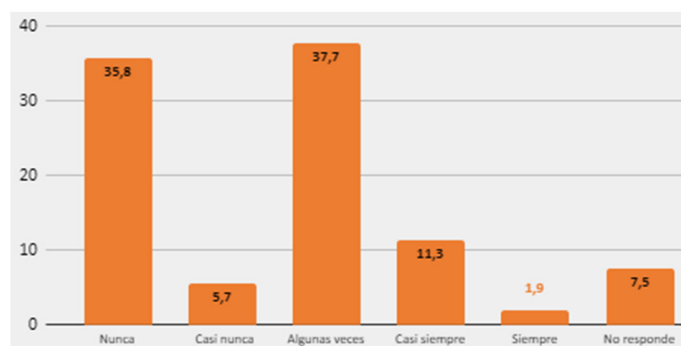


Figura 4. Respeto del manual de convivencia.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se observa que un 86,9% de los encuestados expresan el no pago oportuno de la cuota de administración, lo cual afecta directamente la gestión administrativa, pues deja sin recursos financieros para desarrollar los planes de trabajo de la Propiedad Horizontal.



Es lógico suponer que si no tienen revisor fiscal, ni contador, difícilmente puedan aplicar las Normas Internacionales de Información Financiera, NIIF (Consejo Técnico de la Contaduría Pública 2017), lo cual se corrobora en la figura 8, en donde el 89,9% lo expresan, así como también se corrobora con la no presentación de libros ante la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN), en el cual un 77.4% de los encuestados afirma que no lo hacen, dato mostrado en la figura 10, y según la ley 1819 de 2016 esto aplicaría cuando las copropiedades tienen explotación comercial, generando algún tipo de renta (Congreso de Colombia 2016b).

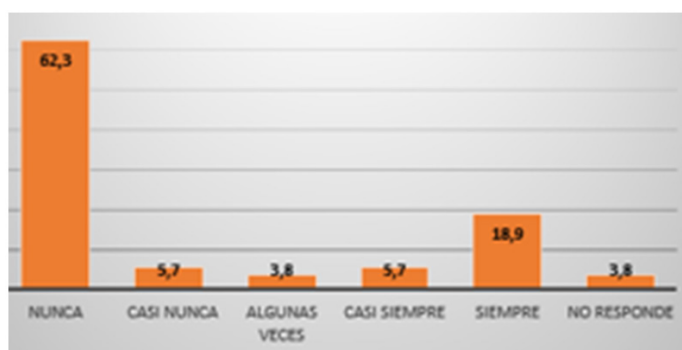


Figura 5. La copropiedad cuenta con un revisor fiscal.
Fuente: elaboración propia.

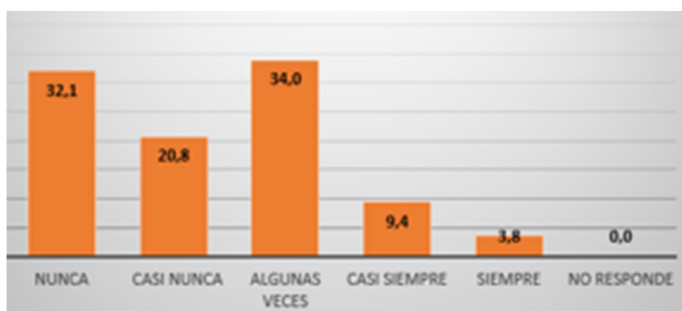


Figura 6. Pago oportuno de la cuota de administración.
Fuente: elaboración propia.

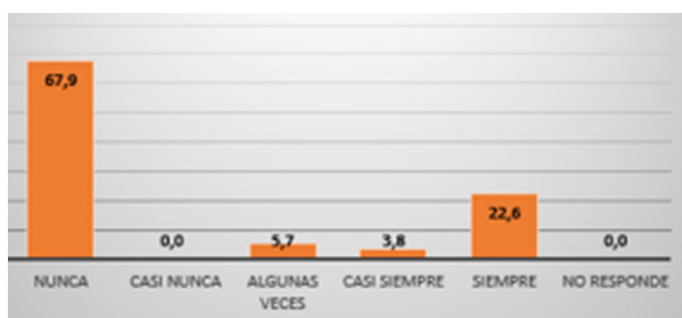


Figura 7. La copropiedad tiene contador.
Fuente: elaboración propia.

El estudio también arrojó que un 81.1% de los encuestados informa que la propiedad horizontal no cuenta con póliza de seguros (figura 9), lo cual implica que están incumpliendo a la ley 675 de 2001 en el numeral 15, que exige contar con póliza para asegurar la propiedad de incendios y terremotos (Congreso de Colombia 2001).

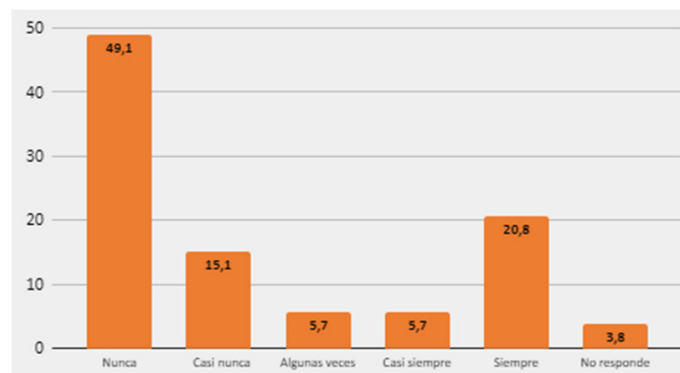


Figura 8. Se aplican las normas NIIF y NAI
Fuente: elaboración propia.

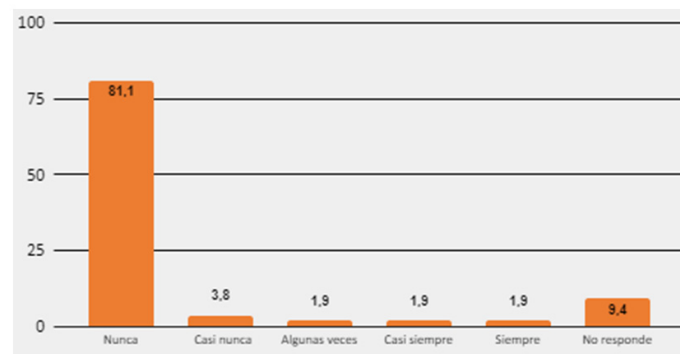


Figura 9. La propiedad horizontal cuenta con Póliza de seguros.
Fuente: elaboración propia.

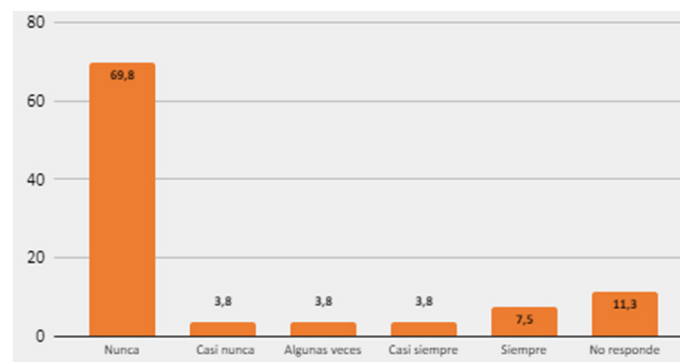


Figura 10. Se presentan los libros contables a la DIAN.
Fuente: elaboración propia.



El 58,4% de los encuestados manifiesta la falta de respeto, cordialidad y solidaridad entre los residentes (figura 11), hecho que preocupa, pues una de las funciones del administrador es “organizar y tomar las medidas necesarias que demanden la existencia, seguridad, integridad y salubridad del edificio en beneficio de sus habitantes y propender a la armónica convivencia...” (Congreso de Colombia 2001) y para ello no solo requiere conocimiento de los mecanismos de resolución de conflictos sino también las competencias blandas para escuchar, analizar los distintos puntos de vista, generar conciencia, proponer alternativas, llevar la mediación a acuerdos aplicando técnicas de comunicación asertiva y hacer seguimiento a los mismos. Esta falta de respeto y colaboración es reafirmada con un 71.7% que afirma la falta de interés por conocer la normatividad, figura 13, lo que deja abierta otra pregunta: ¿Cómo cerrar la brecha entre vivir en búsqueda de satisfacer las necesidades individuales y de familia y la de vivir en y en pro de la comunidad?

También cuando se presentan citaciones, participación y apoyo en la propiedad horizontal, la figura 12 evidencia que un 56.6% de los encuestados expresan que hay una respuesta negativa ante tal situación, lo cual refleja el desinterés o falta de credibilidad por el trabajo conjunto y las decisiones tomadas en la comunidad, aspecto que merecería una evaluación a fondo.

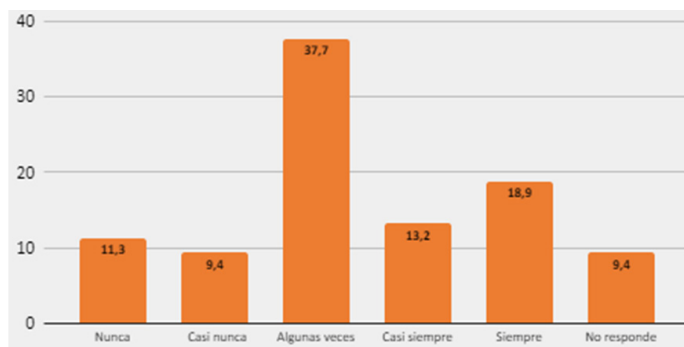


Figura 11. Hay respeto, cordialidad y solidaridad en los habitantes de la propiedad horizontal.
Fuente: elaboración propia.

Con relación a la seguridad y la convivencia, el 60.4% de los encuestados expresan que en el sector se presentan este tipo de riesgos, figura 14, respuestas que invitan a analizar las problemáticas barriales que rodean las copropiedades, la presencia de actividades delictivas o de consumo de sustancias psicoactivas, acompañadas quizá de ausencia de la autoridad.



Figura 12. Respuesta de copropietarios ante citaciones, participación y apoyo.
Fuente: elaboración propia.

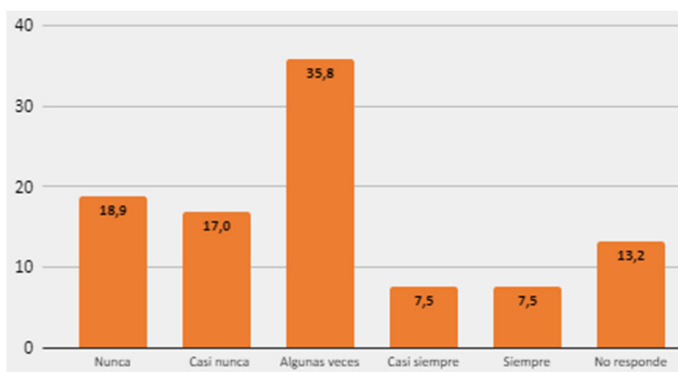


Figura 13. Interés por conocer la normatividad.
Fuente: elaboración propia.

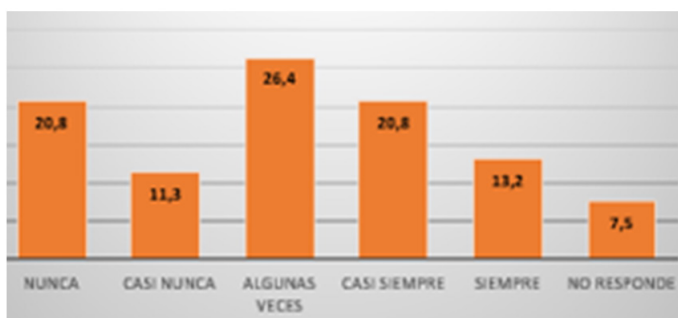


Figura 14. Sector con riesgos de seguridad, convivencia y estilos de vida.
Fuente: elaboración propia.

También se evidencia que no existe una cultura de conservación ambiental ni aplicación de plan de manejo integral de residuos sólidos, hecho que no solo es necesario sino obligatorio de acuerdo al decreto 838 (Presidente de la República 2005), ya que un 69.8% de los administradores reportaron que hay poca colaboración con la disposición de los residuos, como lo muestra la figura 15.



De igual manera se encuentra que también hacen falta áreas de movilidad demarcadas, incumpliendo la ley 9 en su artículo 96 que es la que se establece medidas sanitarias y de seguridad (Congreso de Colombia 1979), figura 16.

Finalmente, la figura 17 muestra que un 67.9% de los administradores expresan que no cuentan con un programa de mantenimiento correctivo y preventivo en la propiedad horizontal, que según la ley 675 de 2001 es una de las funciones de todo administrador de propiedad horizontal según reza “tomar las medidas necesarias y efectuar o contratar, y las mejoras, obras y reparaciones ordenadas por la asamblea o por el Consejo de administración en forma concreta o con autorización de carácter general y también las de carácter urgente que demande la existencia, integridad y seguridad del inmueble, cuya no realización inmediata puede causar perjuicios a los bienes y servicios de uso común,...” (Congreso de Colombia 2001).

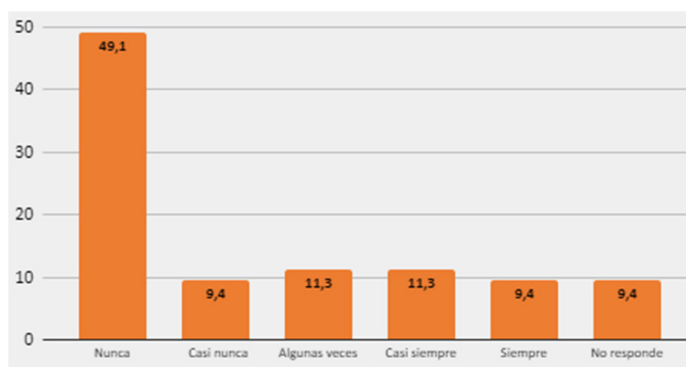


Figura 15. Clasificación de los residuos de materiales.
Fuente: elaboración propia.

Las observaciones que hacen los administradores son diversas, van desde los inconvenientes internos con la seguridad y el cumplimiento del reglamento de propiedad horizontal, hasta las altas expectativas que, según ellos, fueron creadas por las instituciones y generadas por ellos mismos.

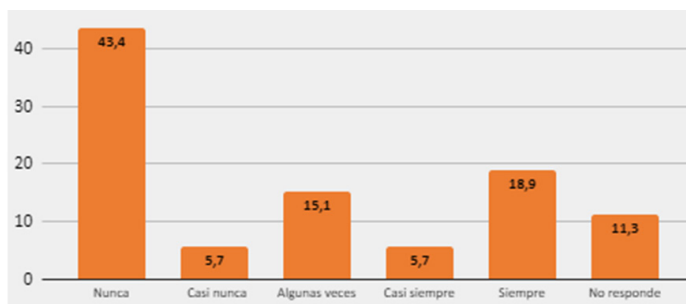


Figura 16. Áreas de movilidad demarcadas y señalizadas.
Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
Fuente: elaboración propia.

Las observaciones recogidas en la encuesta por parte de los administradores muestran insatisfacción y expectativas sin cumplir por parte de ISVIMED, relacionadas con promesa de entrega de zonas comunes, salón de buen comienzo para los niños, más capacitaciones sobre el manual de convivencia, consejo de administración y sensibilización a los miembros de la comunidad y que se les exonere de cuotas de administración, pues algunos creen que el estado debe seguir subsidiándolos.

Se evidencia por parte de los administradores, que esperan más acompañamiento de la policía para apoyarles en relación con los grupos delincuenciales alrededor de las viviendas y que finalmente afectan la convivencia.

Demandan también más apoyo del Instituto de Desarrollo Urbano IDU (entidad estatal) encargado del desarrollo de obras viales para que les construya el acceso de movilidad para discapacitados.

Esperan, además, que el estado asigne responsables de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, ya que no han dispuesto recursos ni personal para dicha función.

Con relación a su propia administración y a los residentes, los administradores expresan en sus observaciones que les preocupa el no pago de administración porque no pueden dar cumplimiento a todo lo que deben gestionar con escasos recursos, que hay desacuerdo, es necesario dar conferencias de convivencia a la comunidad, más integración entre todos los copropietarios, propender por la calidad de vida y asumir las responsabilidades, además expresan también la falta cuidado de las áreas comunes. Cuestionan ¿qué tan propietarios son de la unidad?, cuando en realidad no son propietarios de una unidad sino de un apartamento y ratifican que faltan estrategias para educar en cultura ambiental, como, por ejemplo, hurgar la basura y no tender ropa en las ventanas.



4. CONCLUSIONES

Los principales problemas para los administradores de propiedad horizontal de viviendas de interés social y prioritario de la ciudad de Medellín, según muestran los resultados de la encuesta, tomándose los más altos porcentajes de riesgo (respuestas de “nunca, casi nunca y algunas veces”) podrían clasificarse en tres grandes grupos que son: problemas de orden financiero (78%), problemas de orden social (70%) y, por último, problemas de aplicación de normas en sistemas integrados de gestión (65%).

El primer grupo es de tipo financiero; siendo las principales vulnerabilidades el incumplimiento de los copropietarios con los pagos de administración, no cuentan con pólizas de seguros que protejan las áreas comunes de posibles afectaciones a nivel de la infraestructura, no llevan libros contables, no tienen un contador público, no tienen un revisor fiscal y no tienen implementadas las normas NIIF ni NAI. Los anteriores problemas vulneran a la copropiedad frente a posibles fallas en la administración de los recursos económicos y limita la gestión de los administradores en el cumplimiento del presupuesto de la copropiedad.

El segundo grupo en el que se puede clasificar las problemáticas de los administradores son de orden social relacionados con la participación y convivencia. Las variables muestran que existe un irrespeto de los copropietarios por el reglamento de propiedad horizontal. El tercer grupo de problemáticas de los administradores de propiedad horizontal están asociadas con los sistemas integrados de gestión.

Coincide los resultados de la encuesta con las observaciones de los asesores de ISVIMED en que hay incumplimiento de pagos en las cuotas de administración que obviamente afecta los mantenimientos correctivos, preventivos, pago de póliza, contador, revisor fiscal. También coinciden en que existe poca participación de los copropietarios con desinterés, no solo en las reuniones, sino en el conocimiento de la normatividad, reglamento de copropiedad horizontal y manual de convivencia.

Aunque no se evidencia en la encuesta, pero si en el trabajo con los asesores, es importante destacar la debilidad en competencias blandas y competencias técnicas de los administradores, lo cual debilita el poder de gestión, control de los procesos y credibilidad ante la comunidad; aspectos fundamentales para que se cumpla eficientemente la labor del administrador de Propiedad Horizontal en las viviendas de interés social y prioritario del Municipio de Medellín (Tecnología 2020). Sería importante complementar la norma con la pedagogía para entender la normatividad legal vigente, el reglamento de propiedad horizontal y el manual

de convivencia, los cuales poseen un lenguaje técnico y, adicionalmente, acompañarlo del fortalecimiento del servicio y la habilidad en comunicación asertiva para saber presentar los informes de gestión debidamente sustentados, atender las situaciones de conflicto sin involucrar los asuntos personales, y servir de mediador entre los copropietarios, hacer un cobro de cartera efectivo que capitalice la copropiedad y con ello cumplir con el presupuesto y los planes de mejoramiento.

Por otro lado, antes de entregar la copropiedad cuyo tiempo de espera genera tanta ansiedad para los futuros residentes, ha de aprovecharse para exigirles un curso mínimo de 8 horas en el que deben conocer los deberes y los derechos de quienes habitarán allí y promover la identificación de líderes comunitarios que cuenten con el perfil más idóneo que habrán de recibir un entrenamiento especial, ya que el conocimiento ha de empoderarlos sin demandar la continua presencia estatal para las acciones internas de la copropiedad.

Los administradores también reconocen la importante gestión realizada por ISVIMED y demás instituciones de apoyo que suelen contar con un equipo de profesionales éticos y comprometidos. Los administradores se refieren a ellos como personas respetuosas y competentes.

Es una oportunidad para nuevas investigaciones hacer un seguimiento a nuevos grupos de administradores idóneos y comunidades habitantes en propiedad horizontal que hayan sido previamente preparadas ante sus responsabilidades legales y sociales, para contrastar si dichas problemáticas varían o son constantes e incluso investigar si este fenómeno se presenta en igual proporción en habitantes de viviendas que no son de interés social.

5. AGRADECIMIENTOS

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción agradece a ISVIMED por permitir en esta investigación el acceso al sistema de información SIFI y posibilitar la interacción con los funcionarios Asesores y Administradores elegidos de las viviendas de interés social y prioritario.

Se agradece también al semillero de investigación de Infraestructura, Construcción y Servicios Públicos (SEDEICOS) en el que participaron las aprendices María Leady Vélez A., Isabel Cristina Ortiz G. y Angela María Correa de la tecnología de Gestión en Propiedad horizontal que aportaron con el registro de información y aplicación de encuestas.



6. REFERENCIAS

- Agencia de Prensa IPC. 2018. «Hacemos Memoria, Desplazamiento forzado intraurbano en Medellín: en estado crítico». Recuperado (<http://hacemosmemoria.org/2018/12/18/desplazamiento-forzado-intraurbano-medellin/>).
- Congreso de Colombia. 1959. Ley 2 de 1959. Colombia.
- Congreso de Colombia. 1979. Medidas Sanitarias. Colombia.
- Congreso de Colombia. 2001. Ley 675 Régimen de propiedad Horizontal. Colombia.
- Congreso de Colombia. 2016a. Nuevo Código Nacional de Policía y Convivencia. Colombia.
- Congreso de Colombia. 2016b. Reforma tributaria estructural. Colombia.
- Congreso de la República de. 1991. Ley Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social. Colombia.
- Consejo Técnico de la Contaduría Pública. 2017. Propiedad Horizontal -NIIF.
- Economía. 2019. «Estas son las ciudades más pobladas del país, según el censo del Dane».
- El tiempo. Recuperado 24 de febrero de 2022 (<https://www.portafolio.co/economia/estas-son-las-ciudades-mas-pobladas-del-pais-segun-el-censo-del-dane-534662>).
- ENLEC. 2018. Encuesta Nacional de Lectura. Bogotá.
- García, Mauricio. 2017. El orden de la libertad. 1.a ed. editado por F. de C. Económica. Bogotá.
- Presidente de la República. 2005. Disposición Final de Residuos Sólidos. Colombia.
- Restrepo, Jaime Ruiz. 2003. «Medellín: fronteras de discriminación y espacios de guerra». agosto, 93.
- Tecnología. 2020. «Esta es la tecnología que arrasa en ingeniería y construcción». RevistaDinero.
- TeleMedellín, aquí te ves. 2021. «¿Cuántos habitantes tiene la ciudad de Medellín?» Telemedellín. Recuperado 16 de agosto de 2022 (<https://telemedellin.tv/cuantos-habitantes-tiene-la-ciudad-de-medellin/294669/>).
- Zuluaga, Federico Gutierrez. 2019. Informe de Gestión 2018 Plan de Ordenamiento Territorial Acuerdo 048 de 2014. Medellín.



7. ANEXO

ENCUESTA PARA ADMINISTRADORES DE PROPIEDAD HORIZONTAL

Señor administrador esta encuesta hace parte de un ejercicio de investigación con fines académicos para identificar las principales problemáticas presentes en la administración de Propiedad horizontal en viviendas de interés prioritario ubicadas en Medellín. Su información es muy valiosa para el estudio. Se agradece su colaboración y sinceridad para responder las preguntas.

Esta encuesta no requiere ser firmada.

Responda a las siguientes preguntas marcando una (X) debajo del número, según la respuesta sea:

Califique de 1 a 5, siendo

- (1) Nunca (4) Casi siempre
(2) Casi nunca (5) Siempre
(3) Algunas veces

#	PREGUNTAS	1	2	3	4	5
1.	Conocen los copropietarios y/o residentes los límites entre las zonas privadas y comunes					
2.	El sector donde está ubicada la copropiedad cuenta con los recursos necesarios de transporte, servicios y seguridad.					
3.	Conoce el reglamento de propiedad horizontal de la copropiedad que administra					
4.	Los copropietarios aplican y respetan el reglamento de propiedad horizontal					
5.	Existe un manual de convivencia escrito y aprobado en la copropiedad					
6.	Se respeta el manual de convivencia					
7.	Existe un consejo dentro de la copropiedad que aplique sus funciones según la normatividad legal vigente					
8.	Considera que le han brindado los conocimientos y herramientas que lo hagan idóneo para ejercer el cargo de administrador					
9.	La copropiedad cuenta con un revisor fiscal					
10.	Los cobros de administración se hacen de acuerdo al coeficiente de copropiedad					
11.	Los cobros de administración se hacen es cuota igualitaria para todos los copropietarios.					
12.	Los copropietarios pagan oportunamente la cuota de administración					
13.	La copropiedad cuenta con un contador que lleve los registros contables de la copropiedad de forma mensual.					
14.	Se lleva un registro contable confiable, sistematizado y vigente					



#	PREGUNTAS	1	2	3	4	5
15.	Se tiene calculado un presupuesto de gastos en la copropiedad					
16.	Se aplican las normas NIIF y NAI (Normas de información financiera y normas de aseguramiento de la información Ley 1314 de 2009 y Decreto 2420 de 2015) en el proceso contable					
17.	El manejo financiero se lleva de acuerdo a lo presupuestado					
18.	La copropiedad cuenta con póliza de seguros para la copropiedad					
19.	La copropiedad presenta los libros contables a la DIAN					
20.	Para la contratación de servicios, de personal o de obra se realizan contratos escritos					
21.	Las relaciones entre los habitantes de la copropiedad están enmarcadas en el respeto, la cordialidad y la solidaridad.					
22.	La respuesta de los copropietarios a las citaciones de la asamblea, su participación y apoyo es					
23.	El nivel de interés de los copropietarios por conocer la normatividad en propiedad horizontal es					
24.	Los conflictos en la copropiedad se resuelven desde la concertación y dialogo con los implicados					
25.	Cuenta el administrador con la credibilidad y autonomía para tomar decisiones frente a la propiedad horizontal					
26.	Cuenta con el respaldo de la policía para la aplicación del cumplimiento del nuevo código al interior de la propiedad horizontal, cuando este se sale de su control.					
27.	El entorno social representa riesgo para la seguridad, convivencia y estilos de vida saludables para la comunidad que reside en el sector.					
28.	La frecuencia y efectividad de las instituciones del estado para dar acompañamiento a la copropiedad es					
29.	Los residuos de materiales y basuras se clasifican de acuerdo con las normas de reciclaje y se disponen en canecas debidamente señalizadas.					
30.	En la Unidad las áreas de movilidad se encuentran demarcadas y señalizadas para evitar accidentes.					
31.	Existen programas de mantenimiento preventivo y correctivo para maquinarias, equipos y zonas comunes en general					
32.	Los equipos e insumos se usan y resguardan correctamente acorde a sus especificaciones técnicas.					

Si tiene alguna observación que desee hacer al respecto, regístrela acá:

Gracias por su colaboración
SENA CDHC, Grupo de investigación PH



Aislamiento de hongos ligninolíticos con capacidad decolorante del azul índigo

*Isolation of ligninolytic fungi with
indigo blue bleaching capacity*

Dallany Urrego García¹

RESUMEN

En la actualidad existe una preocupación constante y necesidad urgente por la preservación del ambiente, especialmente de los recursos hídricos, pues estos se ven afectados por diferentes industrias como la agrícola, la petrolera, la farmacéutica y la textil; siendo esta última una de las que genera mayor cantidad de aguas residuales con colorantes químicos en sus procesos, convirtiéndose en un problema ambiental grave. Los hongos de la podredumbre blanca de la madera han mostrado un gran potencial para degradar estos colorantes ya que poseen un importante grupo de enzimas con capacidad para oxidar diversos sustratos entre ellos una amplia variedad de contaminantes ambientales (Cardona, Osorio, & Quintero, 2009). En la presente investigación se evaluaron seis cepas de hongos ligninolíticos aislados de cuatro árboles diferentes; determinando la función para decolorar el colorante azul índigo. De las seis cepas obtenidas en el aislamiento sólo cuatro presentaron actividad enzimática y fue evidenciada en el medio suplementado con el ABTS, por lo tanto, se realizó la prueba de decoloración del azul índigo con estas cepas tanto en medio sólido (cualitativamente) como en medio líquido (cuantitativamente). La cepa con mayor actividad enzimática fue del género *Gliocladium* sp.

Palabras clave: Hongos ligninolíticos, biorremediación, azul índigo, actividad enzimática.

ABSTRACT

At present there is a constant concern and urgent need for the preservation of the environment, especially water resources, as these are affected by different industries such as agriculture, oil, pharmaceuticals and textiles; the latter being one of those that generates the greatest



amount of wastewater with chemical colorants in its processes, becoming a serious environmental problem. Wood rot fungi have shown great potential to degrade these colorants since they have an important group of enzymes with the ability to oxidize various substrates including a wide variety of environmental pollutants (Cardona, Osorio, & Quintero, 2009). In the present investigation, six strains of ligninolytic fungi isolated from four different trees were evaluated; determining the function for decolorizing the indigo blue dye. Of the six strains obtained in the isolation, only four presented enzymatic activities and it was evidenced in the medium supplemented with ABTS, therefore, the indigo blue discoloration test was performed with these strains both in solid medium (qualitatively) and in medium. liquid (quantitatively). The strain with the highest enzymatic activity was of the genus *Gliocladium* sp.

Keywords: Ligninolytic fungi, bioremediation, indigo blue, enzymatic activity, *Gliocladium* sp.

1. Microbióloga industrial y Ambiental, durregog@sena.edu.co, Sena, Medellín



1. INTRODUCCIÓN

En Colombia existen muchas variedades de industrias textiles, este es el sector industrial de la economía dedicado a la producción de fibras (fibra natural y sintética), hilados, telas y productos relacionados con la confección de ropa; en Medellín - Antioquia se concentra el 38% de la producción textil; la empresa DENIM, emplea grandes cantidades de agua potable para su proceso de teñido empleando como materia prima el colorante índigo (Ruiz Balaguera., 2011). El colorante azul índigo (FD&C Blue Nº 2), es uno de los más contaminantes generado por las industrias textiles y por sus características químicas son difíciles de degradar.

Existen varios métodos para la biorremediación de colorantes, entre los cuales se encuentran el método enzimático, la bioabsorción y la biodegradación, este último consiste en el aprovechamiento de microorganismos con capacidad de degradar diversas sustancias y disminuir su grado de toxicidad (Cortázar et al., 2012); entre los microorganismos usados en la biorremediación, se encuentran los hongos de la podredumbre blanca de la madera. Estos hongos poseen un importante grupo de enzimas con capacidad para oxidar diversos sustratos entre ellos una amplia variedad de contaminantes ambientales, lo que hace a este tipo de microorganismos potencialmente útiles los procesos de en biorremediación.

El mecanismo principal de degradación empleado por este grupo de hongos, es el sistema enzimático de degradación de la lignina compuestos por enzimas extracelulares como lo son: Peroxidasa dependiente de Mn²⁺ (MnP), ligninoperoxidasas (LiP) y lacasas (Lac) que producen ataque oxidativo a contaminantes ambientales (Cardona et al., 2009). En la presente investigación se evaluó la capacidad decolorante de hongos ligninolíticos aislados de 4 árboles, ubicados en zonas industriales donde se emplea el colorante azul índigo.

2. METODOLOGÍA

2.1 Recolección de la muestra:

Se extrajo material vegetal con notable presencia fúngica de la corteza de árboles de la empresa textil CINTATEX S.A.S. en Guarne - Antioquia. Las muestras se almacenaron en bolsas estériles y se transportaron al laboratorio de Biotecnología de Tecnoacademia Medellín – SENA.

2.2 Aislamiento e identificación de hongos ligninolíticos nativos con actividad enzimática:

Se realizó un lavado de las muestras con agua desionizada estéril, y se tomaron submuestras de un tamaño de 1x1cm², para posteriormente realizar un lavado con una solución de hipoclorito de sodio al 4% (v/v) por 30 segundos.

Las muestras se sembraron en cajas Petri en medio de cultivo Agar Papa Dextrosa (PDA) previamente preparado y esterilizado en autoclave marca Tuttnauer a 121°C, 15 lb de presión, por 15 min y se le adicionó estreptomycin (30ppm); las muestras se incubaron a 28°C por un periodo de 7 días, en incubadora marca BIOexpert Dynamica realizando observaciones constantes hasta obtener buen crecimiento para el posterior aislamiento y obtención de cultivos puros.

Para determinar la actividad enzimática de los hongos obtenidos, se utilizó para la siembra agar con extracto de malta y se le adicionó 0.5mM de ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid), como indicador de actividad enzimática. Las muestras se incubaron a 30°C por 7 días hasta observar la acción enzimática que se evidenció por la formación de halos morados en la parte posterior de las cajas Petri.

Adicionalmente se hicieron montajes de microcultivo para identificar mejor la morfología del hongo y su posterior caracterización e identificación en microscopio óptico marca Zeiss - Primo Start.

2.3 Capacidad decolorante fúngica sobre el colorante azul índigo determinada en medio sólido y líquido

Para la evaluación en medio sólido, las cepas fúngicas se sembraron en agar extracto de malta suplementado con el colorante azul índigo a diferentes concentraciones (de 60 y 120 ppm) se incubaron a 27°C durante 5 días.

La capacidad decolorante se determinó por la formación de halos de decoloración o decoloración total alrededor del crecimiento del hongo, esta evaluación fue netamente cualitativa. La evaluación en medio líquido se llevó a cabo para cuantificar la degradación de colorante. Los experimentos para estudios de decoloración se realizaron en erlenmeyers de 250 mL con 120 mL de medio de cultivo extracto de malta suplementado con el colorante azul índigo en concentraciones de 60 y 120 ppm. Los Erlenmeyers se inocularon cada uno con 6 trozos de agar colonizado previamente, tomados de los cultivos caracterizados. Posteriormente se incubaron a 25°C y 150 rpm durante 6 días y se tomaron muestras periódicas (1, 2, 3 y 6 días) para determinar la concentración de colorante.

Para determinar la decoloración en el tratamiento con azul índigo se determinó los perfiles de espectrofotométricos de cada muestra en los rangos de absorbancia de 500 nm a 700 nm y abarcar las longitudes de onda del colorante, en un espectrofotómetro UV-VIS marca Thermo Scientific - Genesys 20.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación y caracterización del cultivo fúngico.

Las observaciones macroscópicas en medio PDA, mostraron crecimiento blanquecino, filamentoso, que se torna verde durante la esporulación. En cuanto a la caracterización microscópica se presentan hifas hialinas y septadas, transparentes. Fiálides ramificadas, en las cuales, en sus puntas se encuentran los conidios, formando agrupaciones similares a un círculo apretado. Como resultado se determinó la presencia del género *Gliocladium* sp. En la figura 1 se observan en detalle sus estructuras.

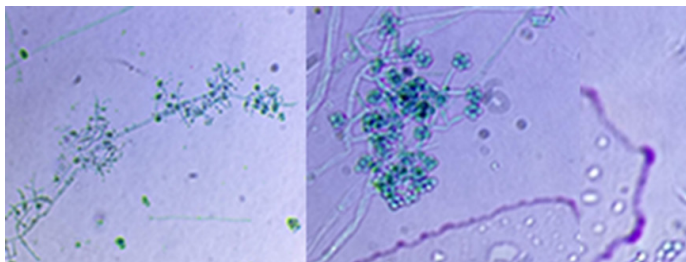


Figura 1. Morfología microscópica de *Gliocladium* sp. Fiálides y conidios con hifas septadas hialinas en 40x
Fuente: Elaboración propia

ABTS y el azul índigo en medio sólido

En las pruebas de ABTS, se determinó que los hongos ligninolíticos si presentan actividad enzimática, y capacidad de biorremediación en efluentes de industrias textiles de Medellín y de cuerpos de agua contaminados con tintes industriales en este caso azul índigo. Para el caso de la investigación en particular se concluyó que los mejores resultados se dan en la concentración de 60 ppm de azul índigo. En la figura 2 se muestra la actividad enzimática con ABTS y azul índigo.

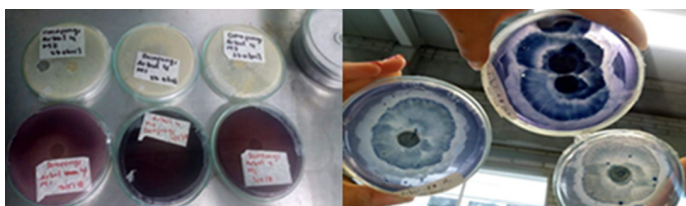


Figura 2. Prueba con el indicador ABTS y decoloración del azul índigo respectivamente (izquierda a derecha) con el hongo *Gliocladium* sp.
Fuente: Elaboración propia

Decoloración del azul índigo y viabilidad de *Gliocladium* sp en medio líquido

Para la medición de resultados, se evaluaron longitudes de onda entre 500 nm a 700 nm, con intervalos de 50 nm, obteniendo mejor espectro de absorbancia en longitud de onda de 600 nm. Se empleó como blanco agua desionizada y la concentración del colorante se obtuvo mediante curva de calibración elaborada a partir de soluciones con concentración conocida (ver figura 3).

La concentración inicial del azul índigo fue de 60 ppm. Se pudo evidenciar un gran potencial biorremediador del hongo *Gliocladium* sp. sobre el colorante azul índigo, en la Figura 1, la cual muestra que a medida que aumenta el tiempo de contacto entre el microorganismos y el contaminante la absorbancia es menor, lo que indica una disminución en la concentración del azul índigo con el tiempo; adicionalmente, la capacidad de formar micelio (Figura 3) con el colorante como fuente de nutrientes es criterio determinante para considerar el *Gliocladium* sp. como biorremediador de colorantes como el azul índigo, usado en la industria textil, ya que con ésta investigación queda demostrado su eficiencia en la degradación de éste tipo de contaminante.

Decoloración de azul índigo con *Gliocladium* sp.

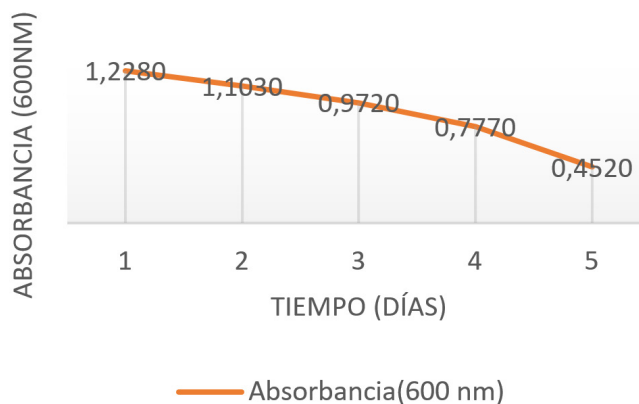


Figura 3. Porcentajes de remoción Degradación de azul índigo a 60 ppm con *Gliocladium* sp. Relación de absorbancia en los días 1, 2, 3 y 6.
Fuente: Elaboración propia



La degradación del colorante azul índigo por hongos ligninolíticos, permitió identificar la capacidad de degradación del hongo *Gliocladium sp.*

Este hongo no fue inhibido en su crecimiento por las concentraciones a 60 rpm de azul índigo aplicada, como se observa en la figura 4.



Figura 4. Viabilidad celular del hongo *Gliocladium sp.* en medio PDA suplementado con azul índigo a 60 ppm.

Fuente: Elaboración propia

Para esta investigación se concluye que el hongo *Gliocladium sp.* evaluado presenta capacidad decolorante del azul índigo y por tanto expresa al menos una de las enzimas ligninolíticas en 6 días de tratamiento, lo cual, indica que es un microorganismo potencial en el tratamiento de colorantes en aguas residuales.

4. REFERENCIAS

Bilal, M., Rasheed, T., Iqbal, H. M. N., & Yan, Y. (2018). Peroxidases-assisted removal of environmentally-related hazardous pollutants with reference to the reaction mechanisms of industrial dyes. *Science of the Total Environment*, 644, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.274>

Cardona, M., Osorio, J., & Quintero, J. (2009). Degradación de colorantes industriales con hongos ligninolíticos. *Revista Facultad de Ingeniería*, (48), 27–37.

Cardona, M., Osorio, J., & Quintero, J. (2009). Degradation of industrial dyes with white rot fungi. *Degradación de Colorantes Industriales Con Hongos Ligninolíticos*, (48), 27–37.

Cardona, M., Osorio, J., & Quintero, J. (2009). Degradation of industrial dyes with white rot fungi. *Degradación de Colorantes Industriales Con Hongos Ligninolíticos*, (48), 27–37. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-69649086235&partnerID=40&md5=c8dc6e69c193b8ba0228e5292ab93aee>

Castillo, H; Rojas, R; Villalta, M. *Gliocladium sp.*, agente biocontrolador con aplicaciones prometedoras. *Tecnología en Marcha. Edición Especial Biocontrol*. Pág 65-73.

Chanagá, X., Plácido, J., Marín, M., & Yepres, M. D. S. (2012). Hongos Nativos con Potencial Degradador de Tintes Industriales en el Valle de Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional Agronomía de Medellín*, 65(2), 6811–6821.

Chavez, N., Jauregui, J., & Saucedo, B. (2008). Biodegradación De Los Colorantes Indigo Y Verde Presentes En Un Efluente De La Industria Textil Utilizando Hongos Ligninolíticos. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguas Calientes*, p. 6. Retrieved from degradadores; complejos; aromáticos

Coello Paredes, J. M. (2011). Aplicación del hongo *Pleurotus ostreatus* como alternativa para la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Espol*, 49.



- Cortazar Martínez, A., Coronel Olivares, C., Escalante Lozada, A., & González Ramírez, C. (n.d.). Contaminación Generada Por Colorantes De La Industria Textil. Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo. Retrieved from <http://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/e1.html>
- Cortázar Martínez, C. G.-R., C Coronel-Olivares, JA Escalante-Lozada, J. C.-R., & JR Villagómez-Ibarra. (2012). Biotecnología Aplicada a La Degradación De Colorantes De La Industria Textil. 28(2), 187–199.
- Echavarría, J. O., Isabel, A., Benavides, V., & Carlos, J. (2011). Decoloración de aguas residuales textiles utilizando el hongo ligninolítico anamorfo R1 de Decolorization of textile wastewater using the white rot fungi anamorph R1 of Bjerkandera sp. 85–93.
- Garzón Jiménez, R. C. (2009). Cinética de degradación de colorantes textiles de diferentes clases químicas por hongos y bacterias inmovilizados sobre fibra de agave tequilana Webber var azul. Universidad Pontificia Javeriana, 1–137. Retrieved from <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8222/1/tesis217.pdf>
- Infante, D., Martínez, B., & González, N. (2009). Rpv02109. 24(1), 14–21.
- Jaramillo, A., Jiménez, S., Merino, A., & Hormaza, A. (2014). Obtaining a Fungal Inoculum for Degradation of an Azo Dye By Solid State Fermentation. 17(2), 577–585.
- Landau, L. (1937). Posibles aplicaciones del hongo Phanerochaete. Zhurnal Eksperimental'noi i Teoreticheskoi Fiziki, 2–9. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>
- Martínez, B., Infante, D., Reyes, Y., Martínez, B., & González, N. (2013). Rpv01113. Protección Vegetal, 24(1), 1–11.
- Moeller, G., Sandoval, L., & MijaylovaNacheva, P. (2011). Evaluación de diferentes procesos de tratamiento de remoción de colorantes sintéticos utilizados en la industria textil. (777), 148. Retrieved from <http://repositorio.imta.mx:8080/cenca-repositorio/bitstream/123456789/1406/1/TC-1223.1.pdf>
- Mouso, N., Diorio, L., & Forchiassin, F. (2007). Acción de Stereum hirsutum (Wild) Pers. en la degradación de colorantes. Revista Iberoamericana de Micología, 24(4), 294–298. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(07\)70059-1](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(07)70059-1)
- Of, P., Enzymes, L., Basidiomycete, F., On, F., & Materials, L. (2006). Producción de enzimas ligninolíticas con hongos basidiomicetos cultivados sobre materiales lignocelulósicos. (53), 61–67.
- Paper, C. (2016). Decolorization of dye black reactive 5 using native ligninolytic fungi. (October 2009).
- Paper, C. (2016). Isolation and preselection of fungi with decolorizing activity of textile synthetic dyes. (August 2009).
- Quintero, L. U. Z., & Cardona, S. (2010). Índigo Carmín technologies for the decolorization of dyes : indigo and indigo carmine. Dyna, 77(June 2010), 371–386.
- Rojas, J., & Hormaza, A. (2015). PODREDUMBRE BLANCA Y SUS CONSORCIOS EVALUATION OF BRILLIANT BLUE DYE BIODEGRADATION. 179–187.
- Ruiz, S. E. B. (2011). Evaluación de la remoción del colorante índigo utilizado en empresas dedicadas a la producción de telas tipo DENIM empleando a Pleutorus ostreatus como modelo biológico. Universidad de La Sabana, 1–94.
- Walters, A., Santillo, D., & Johnhston, P. (2005). El tratamiento de textiles y sus repercusiones ambientales. In Laboratorio de investigación GREENPEACE (Vol. 8).
- Zouari-Mechichi, H., Mechichi, T., Dhouib, A., Sayadi, S., Martínez, A. T., & Martínez, M. J. (2006). Laccase purification and characterization from Trametes trogii isolated in Tunisia: decolorization of textile dyes by the purified enzyme. Enzyme and Microbial Technology, 39(1), 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.11.027>



Implementación de una metodología de diseño conceptual de una nueva edificación para formación

Implementation of a conceptual design methodology of a new building for training

Nelson Castaño Ciro² / Sara Posada³
Martín Alonso Pérez⁴ / Jorge Palacio⁵

RESUMEN

El objetivo principal de este artículo es implementar una metodología de diseño conceptual en una edificación nueva para formación. Se realiza el estado actual del número de aprendices para el año 2018 en el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, CDHC tomando en cuenta las diferentes sedes: Pedregal, la Inmaculada, Buenos Aires y Tecnoacademia. Además del número de aprendices, se tiene en cuenta la otra población del CDHC, como funcionarios administrativos y personal de apoyo. De igual forma se toma en campo el área total de cada una de las sedes para calcular el índice de ocupación del aprendiz, el cual arroja un resultado de 1,2 m²/aprendiz, el cual es bajo para esta clase de instituciones.

Se hace un estudio del estado del arte en bases de datos especializadas acerca del tema de la investigación, y también se realizan visitas personalizadas en edificaciones relativamente nuevas en el territorio nacional. Después de recopilar esta información se procede a realizar la propuesta de diseño conceptual de la nueva edificación, la cual propone un edificio de 9 pisos con tres sótanos, estos últimos serán de parqueaderos.

Palabras clave: *diseño conceptual, Sena CDHC; BIM; construcción; ambientes de aprendizaje; edificación.*

ABSTRACT

The main objective of this article is to implement a conceptual design methodology in a new building for training. The status of the number of apprentices for the year 2018 is carried out at the Center for the Development



of Habitat and Construction, CDHC, taking into account the different locations: Pedregal, La Inmaculada, Buenos Aires and Tecnoacademia. In addition to the number of trainees, the other population of the CDHC is taken into account, such as administrative officers and support staff. In the same way, the total area of each of the offices is taken in the field to calculate the apprentice occupancy rate, which yields a result of 1.2 m²/apprentice, which is low for this class of institutions.

A study of the state of the art is made in specialized databases on the subject of the investigation, and personalized visits are also made in relatively new buildings in the national territory. After collecting this information, the conceptual design proposal for the new building is carried out, which proposes a 9 story building with three basements, the latter will be parking spaces.

Keywords: *conceptual design; Sena CDHC; BIM; construction; learning environments; building.*

1. Determinación de los Factores claves para la Planificación de la Implementación de la Metodología BIM (Building Information Modeling)
2. Ingeniero químico, Sena, ncastano@sena.edu.co, Medellín.

3. Arquitecta, Sena, sposada@sena.edu.co, Medellín.
4. Arquitecto, asesor, jpalacio@sena.edu.co, Medellín.
5. Arquitecto, asesor, arq.maper@gmail.com, Medellín.



1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende realizar estado del arte relacionado con experiencias y procesos de implementación de la metodología BIM en proyectos de diseño conceptual para el desarrollo de edificaciones nuevas para ambientes de aprendizaje de formación técnica y tecnológica, además, Implantar el diseño conceptual en el predio existente del Centro Para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción (en adelante, CDHC), Sena, regional Antioquia.

Para el CDHC, la implementación de las nuevas tendencias que hacen parte del sector de la industria del diseño y la construcción son retos ineludibles, que hacen parte integral de sus procesos misionales como formadores de técnicos y tecnólogos que harán parte de un mundo laboral competitivo y que viaja a la vanguardia de los adelantos y nuevas tendencias.

Es así como ve la necesidad de formar los nuevos profesionales bajo los modelos actuales, y desde este año viene investigando sobre la implementación de la metodología BIM en las empresas de construcción en Colombia. Esto muestra nuestro compromiso de aplicar las nuevas formas de trabajo y de afrontar los proyectos de diseño y construcción con las nuevas herramientas y avances tecnológicos. El proceso de investigación actual nos ha mostrado la necesidad de romper los paradigmas actuales en la forma de afrontar los proyectos de diseño y construcción.

Entre las nuevas tendencias metodológicas de aplicación destaca BIM (Building Information Modeling), el cual puede ser traducido como Modelado de Información de la Edificación. Para The National Institute of Building Sciences (Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción), entidad no gubernamental sin fines de lucro que regenta el sector de la construcción en los Estados Unidos, BIM es “una representación digital de características físicas y funcionales de una edificación que sirve como una fuente compartida de información que genera una base confiable para la toma de decisiones durante el ciclo de vida de la edificación desde el principio en adelante” (Arboleda, Fernando, & Rivera, 2012).

Esta definición nos acerca de manera directa a los alcances que se pueden tener con la aplicación de esta metodología y las bondades que puede ofrecer a un sector que genera el 9% del PIB y proporciona más de 20 millones de empleos en Europa, y es responsable del 40% del consumo de energía y del 38% de las emisiones de CO₂ (Santos, Costa, & Grilo, 2017) ; sector que está

relacionado de manera directa con la extracción de recursos no renovables, la incidencia de los gases de efecto invernadero, el calentamiento global; es así como BIM ofrece las herramientas necesarias que permiten abordar los proyectos con una visión más integral y responde a los postulados actuales de planeación estratégica, trabajo colaborativo, mejoramiento de la eficiencia y rendimiento energético en los diseños, superposición de funciones y actividades, previsión de errores o falencias, conservación ambiental, sostenibilidad, uso, mantenimiento y supervisión.

Para el SENA es un deber preparar profesionales de calidad con las herramientas necesarias para enfrentar el sector laboral, es así como ve la necesidad de preparar tanto a los instructores como a los aprendices en las nuevas tendencias de diseño y construcción.

La educación relacionada con la aplicación de una nueva metodología o cultura de trabajo, requiere un análisis detallado y de coordinación por parte de los sectores académicos involucrados en la formación de los estudiantes, para nuestro caso, de las áreas de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC); puesto que estos serán los futuros profesionales del sector del diseño y la construcción.

BIM no es un programa informático, BIM es una metodología de trabajo integrada con una serie de herramientas, que requiere el cumplimiento de unas condiciones, las cuales van desde la aplicación de programas específicos, hasta un cambio de mentalidad; la formación de los nuevos profesionales del sector AEC, demanda que esté fundada sobre las bases sólidas del pensamiento colaborativo y la actitud de la integralidad profesional multidisciplinaria, este es el momento de iniciar los procesos de formación bajo la premisa, vamos a pensar en lógica BIM (Fridrich & Kubečka, 2014).

Pensar en BIM, no es complejo para los estudiantes de hoy; las herramientas BIM no le son desconocidas, dominan la creación del modelado; por lo tanto, se cuenta con un terreno abonado para dar inicio a la formación en BIM de manera integral; es decir, aplicando todos los principios colaborativos, técnicos, operativos, de intercambio de datos, de comunicación y funcionales de la metodología. A pesar del auge que viene presentando la Metodología BIM, en la actualidad se cuentan con pocos centros de enseñanza especializada para su aplicación; se vienen ofertando cursos o programas complementarios que ayudan a la comprensión y aplicación de la metodología.



La enseñanza de BIM debe ser presentada como una herramienta de cambio cultural del sector, no ser ofrecida como un contenido complementario al pensum tradicional del pregrado (Kolarić, Vukomanović, Stober, & Alduk, 2017).

Cuando se asume la formación de BIM, como un nuevo método de trabajo, como un cambio cultural de la forma tradicional de trabajo, se rompen los paradigmas; es así como se está preparando al profesional del futuro hacia la implementación de nuevas técnicas de trabajo. La formación requiere que sea en ambientes dinámicos y adecuados; de esta manera el estudiante estará enfrentado a situaciones reales, el trabajo será colaborativo, asumirá responsabilidades y podrá comprender de manera más clara el proyecto desde todas las perspectivas.

Los proyectos cada vez son más complejos y requieren gran detalle y profundidad especial, es por esto, que las empresas precisan de profesionales altamente capacitados en el manejo de herramientas, que permitan desarrollar este tipo de proyectos, con altos niveles de responsabilidad, rendimiento y rentabilidad. Acá entra en juego la participación del sector académico; pues está bajo su responsabilidad capacitar y preparar a los profesionales que afrontarán estos retos. La preparación en BIM no debe ser delimitada solo por el conociendo y la aplicación de unas herramientas, es una nueva forma de trabajo que rompe los actuales esquemas establecidos.

Puede observarse que las habilidades de cada profesión en una construcción, desde el punto técnico, son similares, están orientadas al cumplimiento de los requerimientos BIM; sin embargo, las habilidades comportamentales están determinadas por el papel que se desarrolla en el proyecto; no obstante, las habilidades de colaboración y comunicación son afines y deben ser adquiridas por ambos.

El tema de formación en BIM, no debe estar enfocado solo hacia el estudiante; la formación camina en dos vías; es por esto que el papel del educador es fundamental. El aprendizaje y formación en Metodología BIM se debe realizar en ambientes colaborativos, relacionando un alto contenido visual y basado bajo la premisa aprender haciendo. El papel del docente es clave puesto que debe brindar al aprendiz las herramientas formativas necesarias en todo su proceso; herramientas que pasan por los niveles cognitivos, comportamentales y técnicos; la formación en BIM es un proceso evolutivo que debe pasar por la etapa de formación en habilidades, conocimiento y aplicación de funciones específicas y finalmente la integración de BIM (Sacks & Pikas, 2013).

Las dificultades de formación no solo incluyen la falta de personal docente capacitado, también involucra la falta de planes y programas de estudio; y un tema de relevancia, no se ha consolidado todo el sistema pedagógico de manera institucional.

La filosofía y la aplicación de la Metodología BIM debe ser entendida como un medio para lograr un fin, llamado proyecto; BIM no es el fin del proyecto, no se limita sólo a administrar y fusionar una serie de datos; BIM es una nueva forma concebir el trabajo en el mundo del diseño y la construcción. En este proceso es fundamental la participación del docente para que el aprendiz adquiera las capacidades, habilidades y competencias necesarias para salir al mundo laboral con las herramientas que demanda la aplicación de la Metodología BIM.

El camino para la implementación de BIM en los procesos de formación no ha sido fácil; sin embargo, uno de los países con mayor experiencia en este campo y con éxitos probados es Estados Unidos. El proceso de formación se ha desarrollado a nivel individual en un 90%, los casos de formación con prácticas integrales son del 7% y sólo un 3% han sido con colaboración a distancia.

El sector de la construcción en Colombia requiere de manera inmediata la aplicación e implementación de la Metodología BIM, puesto que enfrenta grandes retos y es necesario evitar fallos de construcción, sobrecostos de obra, obras inconclusas, aplicar los métodos y principios de planeación, preparar profesionales idóneos para la supervisión de obras. Igualmente, ese requiere estar a la vanguardia en el uso de las nuevas tecnologías del diseño y la construcción.

En muchas ocasiones se encuentra resistencia para aplicar la metodología BIM, las razones más relevantes para no aplicarla son la falta de experiencia, poca demanda por parte de los clientes, resistencia al cambio, los costos de inversión, falta de reglamentación.

El reto está planteado. La implementación y aplicación de la metodología BIM no es un problema es una necesidad, la cual se debe enfrentar de manera seria y con la implementación de proyectos como el planteado en el presente documento.

1.1 Marco teórico o Estado de la técnica.

Actualmente llama mucho la atención el diseño, o rediseño, de ambientes de aprendizaje, con el objetivo que la comunidad estudiantil se sienta bien en espacios cómodos para poder desarrollar sus habilidades cognitivas, propendiendo a dar continuidad a sus estudios y evitar de esta manera la deserción escolar.



Hay muchas investigaciones a nivel internacional que reportan el uso de BIM en edificios educacionales. (Rebecca, Kraling, Dunbar, & Ap, 2011) exponen como BIM ayudó en tres proyectos para educación, basadas en demandas individuales de uso y eficiencia de HVAC (de las siglas en ingles de: Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado), sin perder de vista que la aplicación de BIM disminuyó los costos en la construcción de cada uno de los proyectos. De igual manera, (McKeever, 2019) aplican BIM en el mantenimiento de colegios para primaria y secundaria, buscando diseños de HVAC con soluciones para economizar en energía y en el mantenimiento de equipos, que brinden altos niveles de comodidad y control, sin descuidar las normas de construcción de este tipo de edificaciones. Estos mismos cuidados lo aplica una investigación realizada por (Minkinen & Movsesova, 2018).

Otras investigaciones realizadas por (Hu, 2018) y (Engineer, 2015) apuntan más a la renovación de edificios educativos procurando obtener energía casi cero, minimizando el impacto ambiental.

A nivel nacional, en las bases de datos especializadas consultadas, no se encontró evidencia de la aplicación de BIM en construcciones educativas. Se encontró información de entidades del gobierno que, debido a que son entidades del sector público, deben estar regidos por las normas nacionales. En general buscan mejorar las condiciones locativas actuales propendiendo por el ahorro de agua y energía, buscando la sostenibilidad y ayudando al medio ambiente (BID, n.d.), (Ministerio de educación nacional, 2015) y (Morales, 2017). Debido a lo anterior, se hicieron varias visitas a entidades educativas del sector que recién habían sido construidas, con el ánimo de hacer un estudio del estado del arte de manera presencial y recopilar información valiosa.

1.2 Centro de Investigaciones de Argos – Universidad EAFIT

Se dio inicio a las obras en marzo de 2014 y en el 2015 se hizo entrega del edificio para la Investigación de Argos en convenio con la universidad EAFIT.

La inversión para construir este proyecto fue de 23.700 millones de pesos, para un edificio de 4.500 m². Sé diseñó bajo los trazos de equipo de trabajo del arquitecto Lorenzo Castro. Su idea fue plasmar un edificio flexible, amigable con el medio ambiente, que se camuflase con el ambiente y prevaleciera con el tiempo. El punto clave era la ciencia a la vista, el arquitecto Lorenzo Castro habla de un contacto de los estudiantes, maestros y visitantes desde afuera del edificio con las investigaciones.

Entre el edificio y el campus no existen límites. Cuenta con un atrio que permanece abierto y cada que sea requerido se utilizaría de auditorio con capacidad para 60 personas. De sus observaciones por el arte resultó la idea de desarrollar dos fachadas de carga “mística” en su diseño. Este mismo se basó en la conexión de sus fachadas con la zona; por un lado, fluye la ingeniería y el arte por su conexión con el campus y otra de sus caras con la cercanía con la Av. Regional y el sistema Metro.

Se buscó en un principio tener un buen manejo ambiental tanto interior como al exterior de la edificación, una eficiencia en el tiempo y bajo consumo de energía. La idea era construir una edificación flexible con el fin de adecuarse libremente al uso que se le diera.



Figura 1. Centro de Investigación de Argos - Universidad EAFIT.
(Elaboración propia)

1.3 Nuevo edificio Universidad Cooperativa de Colombia (UCC), sede Centro de Medellín.

Es una obra amigable con el medio ambiente, construida para el uso eficiente de los recursos naturales, el cual aprovecha al máximo aguas lluvias, iluminación natural, corrientes cruzadas. Inició el 17 de enero del 2014, por un periodo aproximado de 4 años, en su primera etapa se invirtió 36.000.000 millones de pesos, con respecto al área construida, cuenta con 13 pisos, 14.650 m² el cual beneficio a 3.122 estudiantes.



La primera etapa de la nueva infraestructura física de la UCC cuenta con un sistema de ventilación natural, con orientación norte-sur, importante sistema de iluminación natural que disminuye sustancialmente el consumo de energía eléctrica y permite que se requerirá un sistema de aire acondicionado de bajo consumo en espacios puntuales de la edificación, cuenta con el aprovechamiento de aguas lluvias para aparatos sanitario y sistemas de aseo.

El área construida de 14.650 m² con 13 pisos, más terrazas el cual cuenta con:

- Semisótano.
- Sótano de parqueo.
- 40 espacios de aprendizaje.
- 6 aulas (capacidad entre 15-20 personas).
- 16 aulas (capacidad 45 personas).
- 6 auditorios (capacidad de 90 personas).
- 21 laboratorios para las áreas de salud y para las ingenierías.

Por otro lado, en el área total de la construcción se levantaron 4 niveles de la propuesta indicada del arquitecto Joan F. Zuleta.

Cabe resaltar que todo este proceso de construcción se trata de un complejo de 2.100 m² donde están ubicados circulaciones, puntos fijos, zonas de estudio y áreas de apoyo

1.4 Edificio de Bienestar Universitario Universidad Nacional sede Medellín

La infraestructura es la mejor construida a nivel de Antioquia. Para llevar a cabo este proyecto se hizo una inversión en la infraestructura física e instalaciones técnicas para 15 laboratorios de química y biociencia, se hizo un promedio en que alcanzaría los 7.600 millones de pesos, además de esto se intervino con un lote de 4.900 m² y en este se construyeron 5.636 m², así mismo en urbanismo se destinaron 3.500 m².



Figura 2. Edificio Universidad Cooperativa de Colombia, sede Centro de Medellín
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Render parque central
Fuente: Elaboración propia.



2. METODOLOGÍA.

El presente proyecto de investigación se pensó debido a la gran demanda que existe actualmente de aprendices, más aun, tiene dos sedes más, una en el Colegio La Inmaculada y la otra en la sede del barrio Buenos Aires. Otra sede que también pertenece al CDHC es Tecnoacademia, ubicada en el Colegio de Loyola, en Bello. Inicialmente se hizo un estudio sobre la cantidad de aprendices existentes en el Sena, luego se calcularon las áreas ocupadas por actividades, es decir, administrativas, educativas, laboratorios, entre otras. Se calculó la relación del área ocupada actualmente por cada persona del CDHC. Con este valor se hizo la propuesta del diseño conceptual que se presenta en este artículo.

Resultados.

Se inició con la consulta del número total de aprendices atendidos en todas las clases de formaciones en el CDHC en las diferentes sedes que atiende (Buenos Aires, Inmaculada, Pedregal y otras zonas). Las otras zonas comprenden lugares en donde se da la formación in situ, en las que no es posible su desplazamiento al CDHC como Hidroituango; en las vías 4G como Pacífico 1, Pacífico 2, Ruta del Sol, entre otras. Se dan formaciones en técnicas, tecnológicas y complementarias.

Los resultados del número total de aprendices atendidos para el año 2018 se presenta en la figura 4. Es interesante el dato arrojado por las otras zonas, puesto que el número total de aprendices atendidos es del 38%, si se comparan con los valores obtenidos en las sedes de Buenos Aires y de La Inmaculada, las cuales arrojaron valores de 0% y 19%, respectivamente.

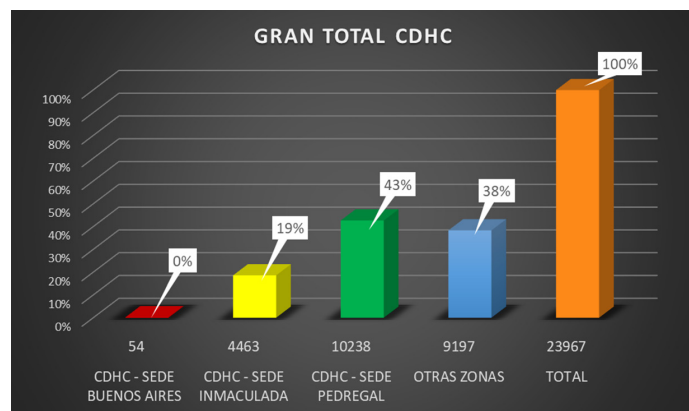


Figura 4. Número total de aprendices atendidos en el CDHC, año 2018.
Fuente: Elaboración propia.

Con el grupo de aprendices en etapa de su práctica, y con los instrumentos de medición necesarios, se tomaron las medidas de las áreas de cada uno de los espacios ocupados en los tres centros de formación: Inmaculada, Buenos Aires y el Pedregal.

Los resultados de todas las mediciones se presentan en las tablas 1, 2 y 3.

ESPACIOS	AREAS m ²
Ambientes	2056,271
Zonas admin.	173,74
Talleres de practicas	467,11
Baños	227,96
Complementos	266,52
Circulación	1635,21
Auditorios	149,42
Cafeterías	370,39
Espacios sin definir	120
Deporte	1056,78
Total	6523,40

Tabla 1. Áreas ocupadas en la sede Buenos Aires
Fuente: Elaboración propia.

ESPACIOS	AREAS m ²
Ambientes	701
Zonas admin.	147,49
Talleres de practicas	121,52
Baños	43,94
Complementos	107,71
Circulación	501,86
Auditorios	356,02
Cafeterías	319,05
Espacios sin definir	4,9
Deporte	
Total	2303,49

Tabla 2. Áreas ocupadas sede Inmaculada
Fuente: Elaboración propia.



ESPACIOS	AREAS m ²
Ambientes	842
Zonas admin	357,66
Talleres de practicas	1257,02
Baños	96,36
Complementos	364,08
Circulación	1639,09
Auditorios	190,05
cafetería	104
Parqueadero	1349,64
Deporte	749,8
Biblioteca	393,06
Laboratorios	162,3
Jardín	133,17
Total	7638,23

Tabla 3. Áreas ocupadas por sede pedregal
Fuente: Elaboración propia.

El índice de ocupación por sedes se presenta en la tabla 4.

Según información del Arquitecto Martín Pérez, en un centro educativo como el Sena, el área recomendada que debe haber por alumno es de 2,5 m²/aprendiz.

En nuestro caso, la sede de la Inmaculada está muy lejos de ese índice de ocupación.

En la publicación de (Sevilla, Sanabria, & Shedden, 2010) se encuentran datos importantes sobre áreas para construcciones educativas como: aulas, rampas, escaleras, pasillos, entre otros.

Es importante, si el lector desea conocer más al respecto de las recomendaciones de las áreas de este tipo de edificaciones, consultar ese documento.

SEDE	Área/m2	Instruct.	Aprend.	Admin	Personal apoyo	Total	%	Índices de ocupación
Buenos aires	250	2	54	0	0	56	0%	4,5
Inmaculada	2303,5	15	4463	6	3	4487	30%	0,5
Pedregal	15276,5	110	10238	54	8	10410	70%	1,5
TOTAL	17830,0	127	14755	60	11	14953	100%	

Tabla 4. Índice de ocupación por sedes del CDHC.
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que las sedes que tienen más aprendices (Inmaculada y Pedregal), y si sumamos las áreas ocupadas con las personas que ocupan estas sedes, el índice de ocupación que nos arroja es de 1,2 m²/aprendiz, el cual si que siendo aún muy bajo.

Perfil de la idea básica.

Acorde con lo investigado se establecieron los principios que deben regir los aspectos urbanísticos y arquitectónicos del nuevo edificio y el mejoramiento de la sede actual como un todo, estructurado como idea básica. Estos principios son:

1. En lo urbanístico: integración con el entorno barrial, generando una nueva esquina entre la carrera 70 y la calle 106, que dialogue con las

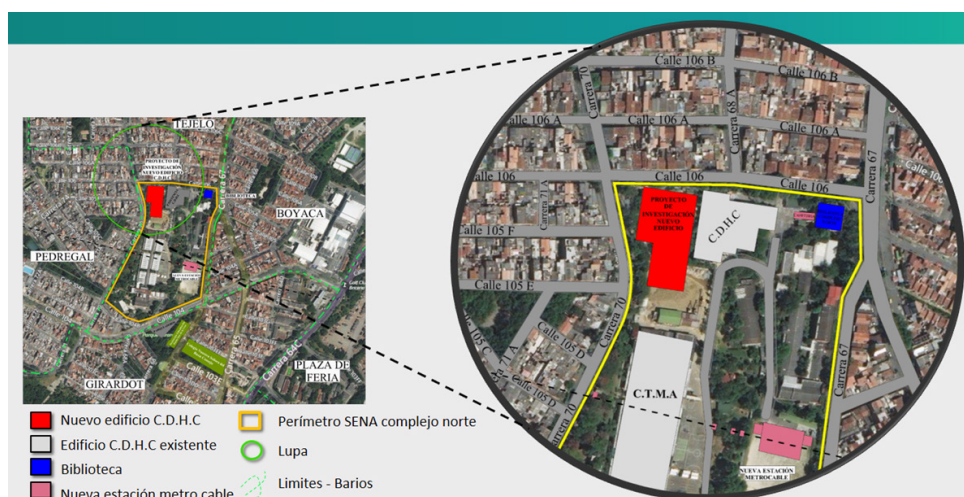


Figura 5. Ubicación de la nueva propuesta del diseño conceptual del nuevo edificio (color rojo).

demás esquinas existentes, de tal manera que la institución Sena Pedregal se integre a su entorno, no solo con servicios educativos, si no y de manera real con aceras y espacios públicos de calidad, con una arquitectura de primer nivel y un zócalo urbano adecuado.



2.En lo arquitectónico: crear un edificio educativo de vanguardia en la formación de obreros, maestros de obra, técnicos, tecnólogos y profesionales, a partir de la filosofía pedagógica “Aprendiendo Haciendo”, en donde todos los espacios (urbanos, arquitectónicos: aulas, laboratorios, oficinas, salas de reuniones, cuartos técnicos, baños, bodegas, áreas recreativas, terrazas, jardines, etc.) son “Herramientas Pedagógicas”, tipo “Mecano”, que inspire a todos los involucrados en hacer, integrando, ensamblando, rearmando, experimentando, innovando, controlando, dirigiendo. Estos espacios se basan en plantas semiabiertas, flexibles y con mobiliario multifuncional, que se actualice cada que se requieran nuevos aprendizajes que el mercado y las empresas requieran.

En fachadas que reflejen su interior con elementos como ventanas flexibles adaptadas al clima tropical, de acuerdo con el asoleamiento, (Control de luz, sombra y reflejos) que permitan un gran confort al interior de los ambientes de aprendizaje, y que ahorren consumo de luz artificial, y que a su vez esta fachada se convierta en un laboratorio de aprendizaje tanto para oficios específicos, así como para los cursos de altura, entre otros.

En terrazas y cubiertas se busca crear espacios de aprendizajes que muestren de primera mano lo que hoy se denominan techos verdes, con paneles solares, jardines colgantes, y sistemas de recolección de aguas lluvias para su reciclaje, y que además permitan su uso como áreas de descanso y recreación (mirar la ciudad cercana y lejana como experiencia estética) para estudiantes, profesores y personal administrativo.

Se identificaron las necesidades de la institución al año 2.032 partiendo de los servicios que hoy (2018) se prestan y su proyección a mediano (5 años) y largo plazo (14 años), en el marco del Plan Maestro de todo el campus llamado SENA de Pedregal.

Para el Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción se evaluó la demanda de los servicios hoy, su dispersión en varias sedes, por falta de espacio en la sede principal y la necesidad de centralizar todos los servicios, incluyendo la demanda futura asociadas a las grandes obras de infraestructuras de la región (vías 4G, Hidroituango, puertos en Urabá, ampliación de aeropuertos), los equipamientos comunitarios en los distintos municipios, y las obras que no han iniciado como el Ferrocarril de Antioquia, Nuevas Centrales Hidroeléctricas, etc.

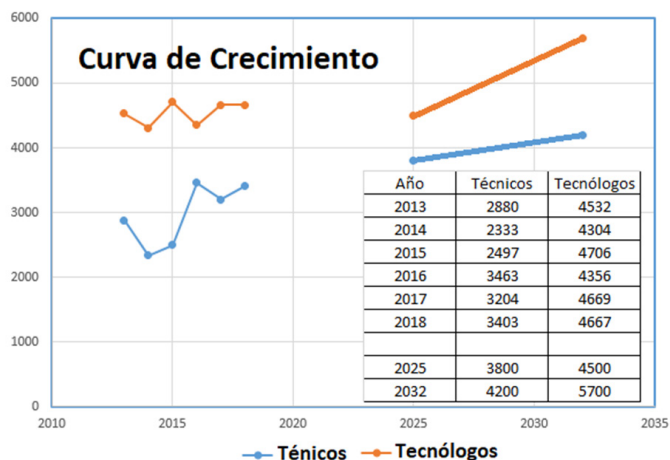


Figura 6. Gráfico y tabla del crecimiento proyectado para los próximos años hasta el 2032

Fuente: Elaboración propia.

Con los valores anteriores, y mirando siempre a una proyección al futuro, se propuso, en la figura 7, una aproximación a una idea básica de un diseño de edificio, para un área total aproximada de 18.000 m². (figura 7).

Si se suman los aprendices de las formaciones técnicas y tecnológicas proyectados para el año 2032, nos arroja un valor de 10.200 aprendices. Lo que nos daría, según el área propuesta, un índice de ocupación de 1,76 m²/aprendiz, lo que está un poco por encima que lo establecido para instituciones de educación superior, si se compara el Sena con ellas, el cual recomienda un área de 1,5 m²/estudiante.

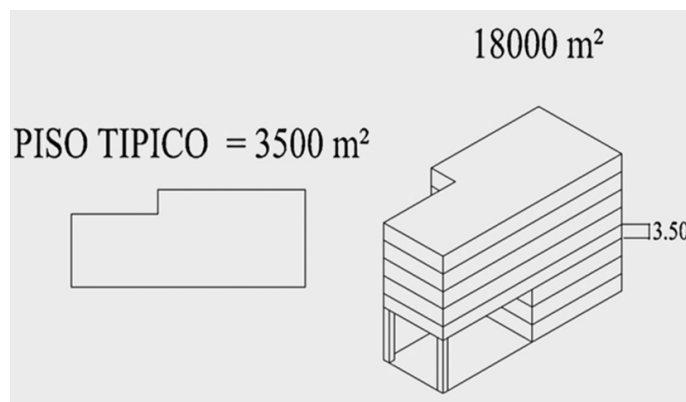


Figura 7. Propuesta de diseño de nuevo edificio teniendo en cuenta la proyección de aprendices al año 2032.

Fuente: Elaboración propia.



Para tener una representación de la Idea Básica expuesta en el punto anterior se elaboraron los siguientes planos, que dan cuenta de la geometría del lote, de los módulos de composición, de los ejes internos y externos, de la zonificación de aulas, laboratorios, auditorios, sala de reuniones, áreas de descanso, terrazas, balcones, cuartos técnicos, bodegas, estacionamientos y sus respectivas áreas (ver anexo de planos):

1. Planteamiento urbanístico, resaltando la ubicación del nuevo edificio y del existente con relación a la carrera 70 y la calle 106.
2. Plantas arquitectónicas de los tres sótanos de estacionamientos y almacenes de materiales para los distintos laboratorios de aprendizajes. En estas plantas se da el vínculo del nuevo edificio con el existente, a través de jardines, como lugares de encuentro y descanso.
3. Planta de ingreso principal o Hall, el cual tiene como característica el de ser un piso de mayor altura que las demás plantas ya que se considera un espacio especial de recibo de todos los usuarios, en el cual se debe mostrar desde la arquitectura del lugar de llegada y de distribución al resto del edificio, el valor de la educación para el trabajo como una virtud de la sociedad colombiana, y de manera específica lo que significa ayudar a construir o mejorar el hábitat en el que vivimos o vamos a vivir.

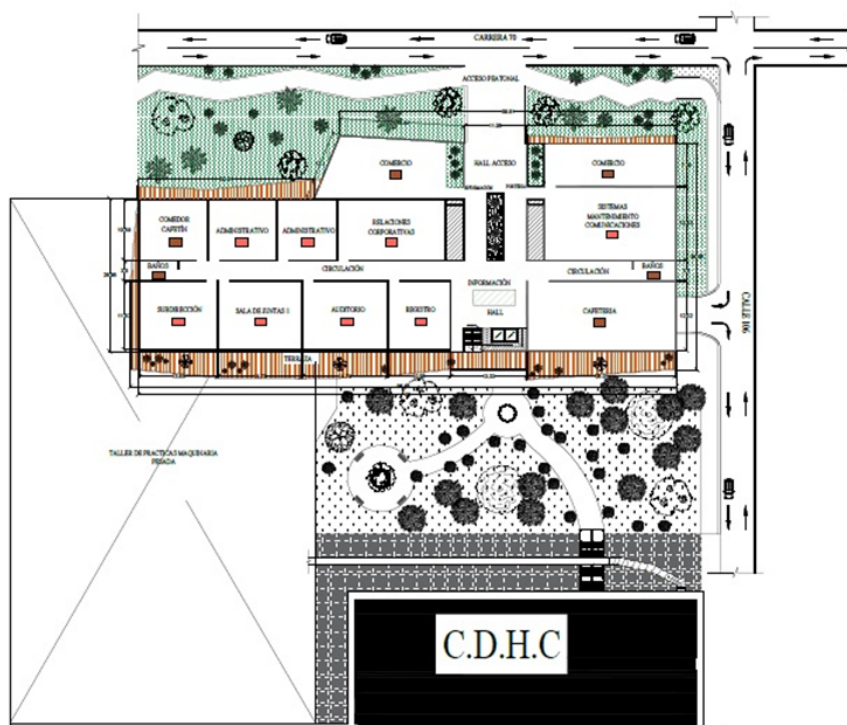
4. Las plantas típicas del piso 4 al 8 en las cuales se ubican las aulas y laboratorios de aprendizaje específico, con terrazas y balcones, de tamaños diferentes que permiten que los alumnos en sus descansos puedan disfrutar del paisaje del campus, del barrio y la ciudad.

5. La planta de remate y de cubiertas, permite apreciar la idea de tener una oferta de recreación en el último piso y techos verdes como áreas de descanso, como un gran balcón terraza, para contemplar el entorno y la ciudad como un todo.

6. Cortes y fachadas que dan cuenta de las alturas del edificio, la altura de los distintos pisos y una aproximación conceptual de los volúmenes, con ritmos de balcones, terrazas y ventanas, y elementos estructurales verticales y horizontales.

Perspectivas volumétricas que muestran los tamaños del edificio y su entorno, con relación al existente y lo que debe suceder en los otros centros de formación del campus SENA Pedregal, además del nuevo cable del Metro de Medellín, especialmente en el marco del Plan Maestro del polígono Z2_API_60.

A continuación, se presenta, desde la figura 8 a la 19, las plantas diseñadas bajo el modelo conceptual.



CUADRO DE ÁREAS/ PLANTA 1	
ÁREAS	
COMEDOR CAFETIN	126.97 m ²
ADMINISTRATIVO	184.25 m ²
ADMINISTRATIVO	112.15 m ²
COMERCIO	158.28 m ²
RELACIONES CORPORATIVAS	129.33 m ²
COMERCIO	156.46 m ²
SISTEMAS MANTENIMIENTO COMUNICACIONES	312.48 m ²
SUBDIRECCIÓN	190.71 m ²
SALA DE JUNTAS 1	237.31 m ²
REGISTRO	234.31 m ²
CAFETERIA	136.12 m ²
SUBDIRECCIÓN	390.50 m ²
AUDITORIO	277.79 m ²
SERVICIOS	47.60 m ²
CIRCULACIÓN	633.82 m ²
TOTAL	3540.00 m ²

- ADMINISTRATIVO
- SERVICIOS, COMEDOR, COMERCIO
- INFORMACIÓN Y PABELLONES

Figura 8. Diseño conceptual de la planta 1. Se propuso en esta planta colocar el área administrativa, incluyendo comercio, subdirección, la oficina de atención de sistemas y un auditorio.

Fuente: Elaboración propia.

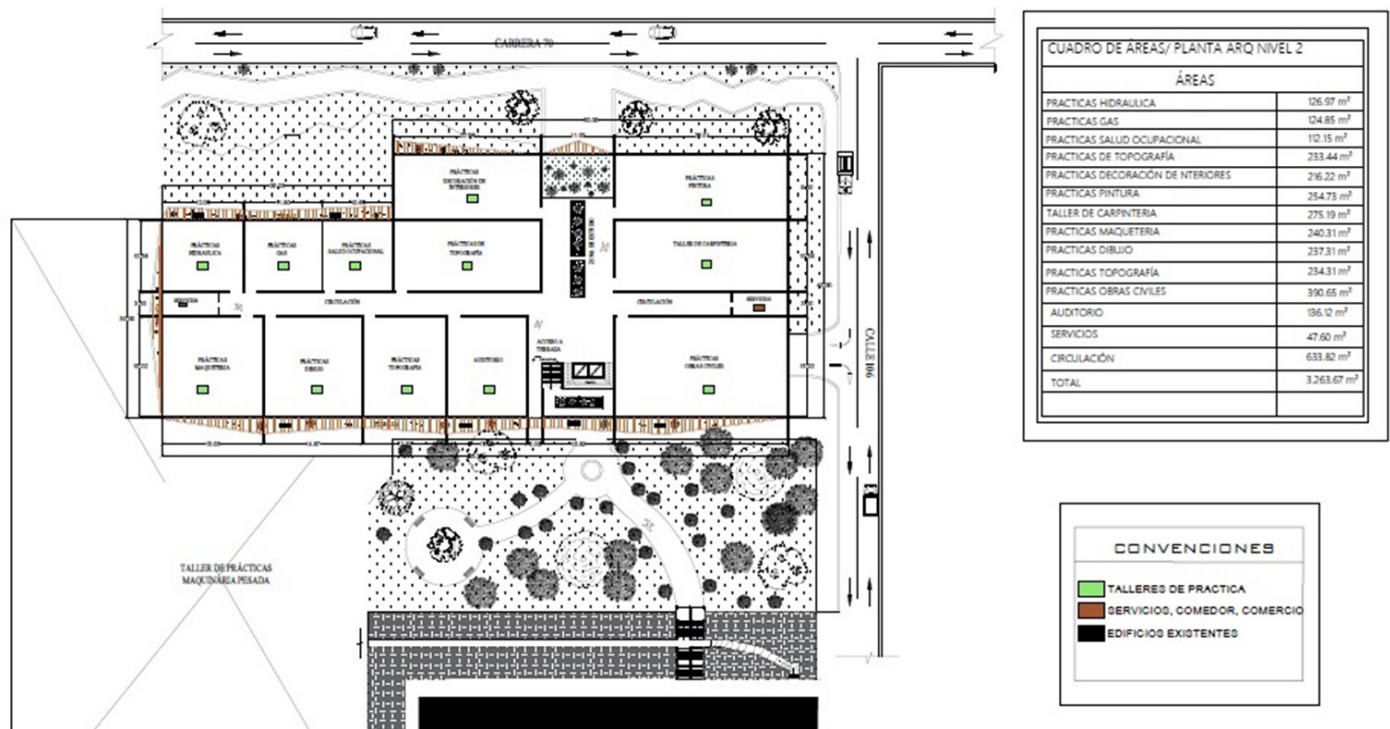


Figura 9. Diseño conceptual de la planta 2. En este nivel se colocaron los talleres de prácticas y un auditorio.
Fuente: Elaboración propia.

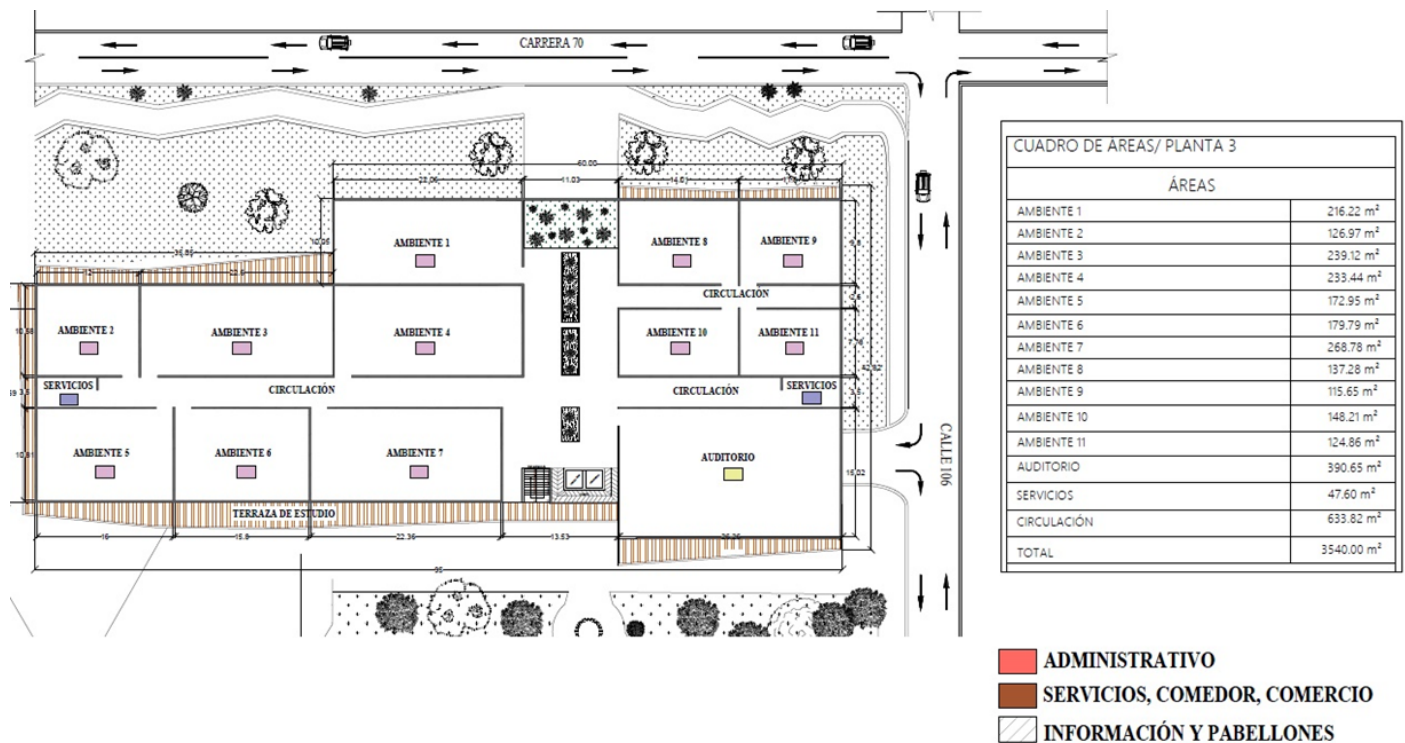


Figura 10. Diseño conceptual de la planta 3. Acá se encuentran 11 ambientes y un auditorio.
Fuente: Elaboración propia.

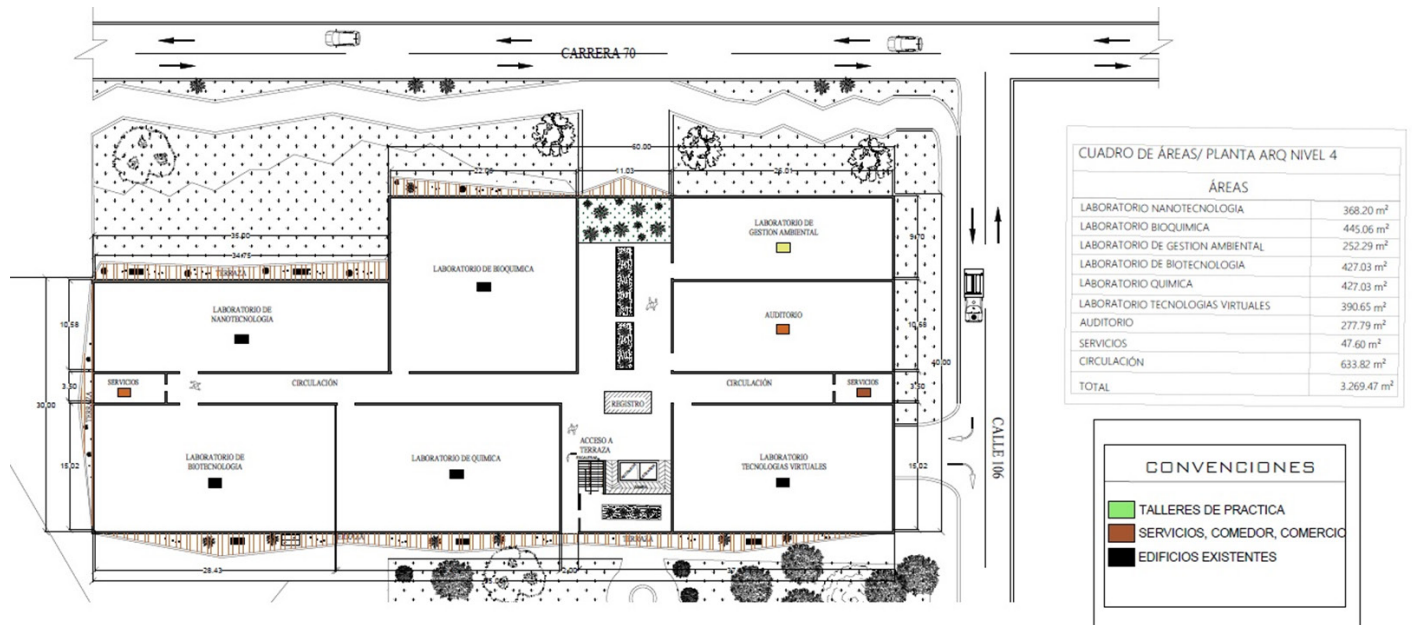


Figura 11. Diseño conceptual de la planta 4. En este nivel se ubican cinco (5) laboratorios y un auditorio.
Fuente: Elaboración propia.

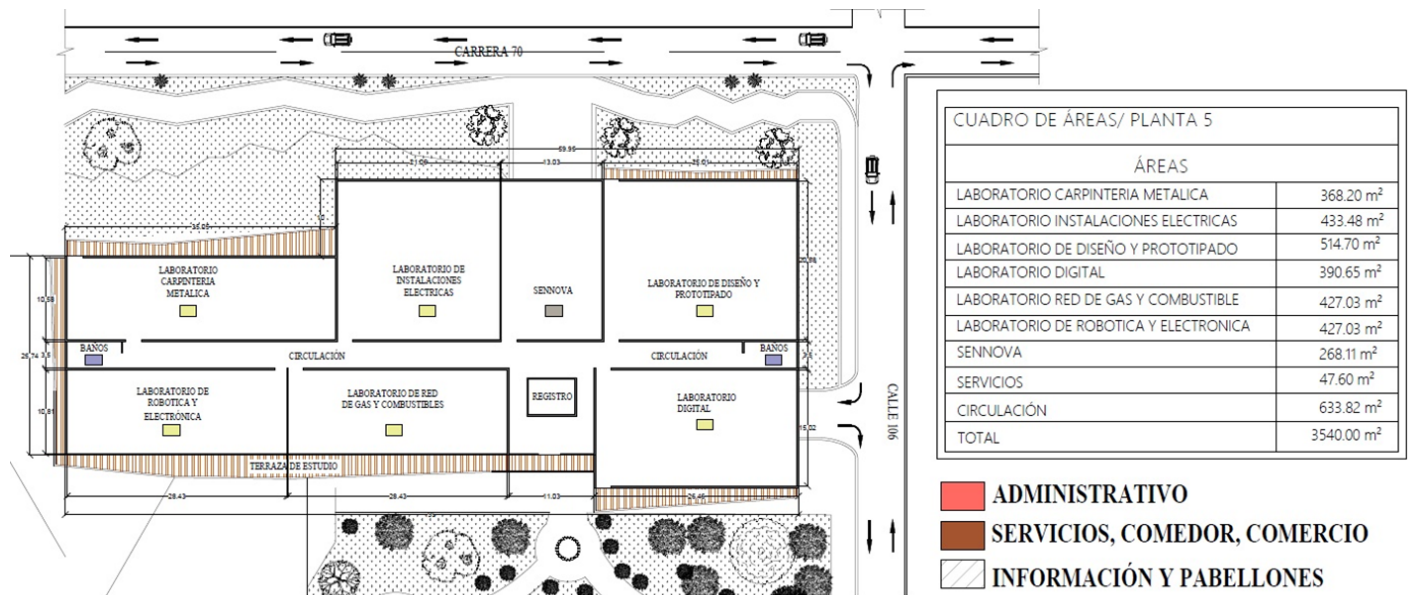


Figura 12. Diseño conceptual de la planta 5. Acá se ubican otros seis (6) laboratorios y el área de investigación de Sennova.
Fuente: Elaboración propia.

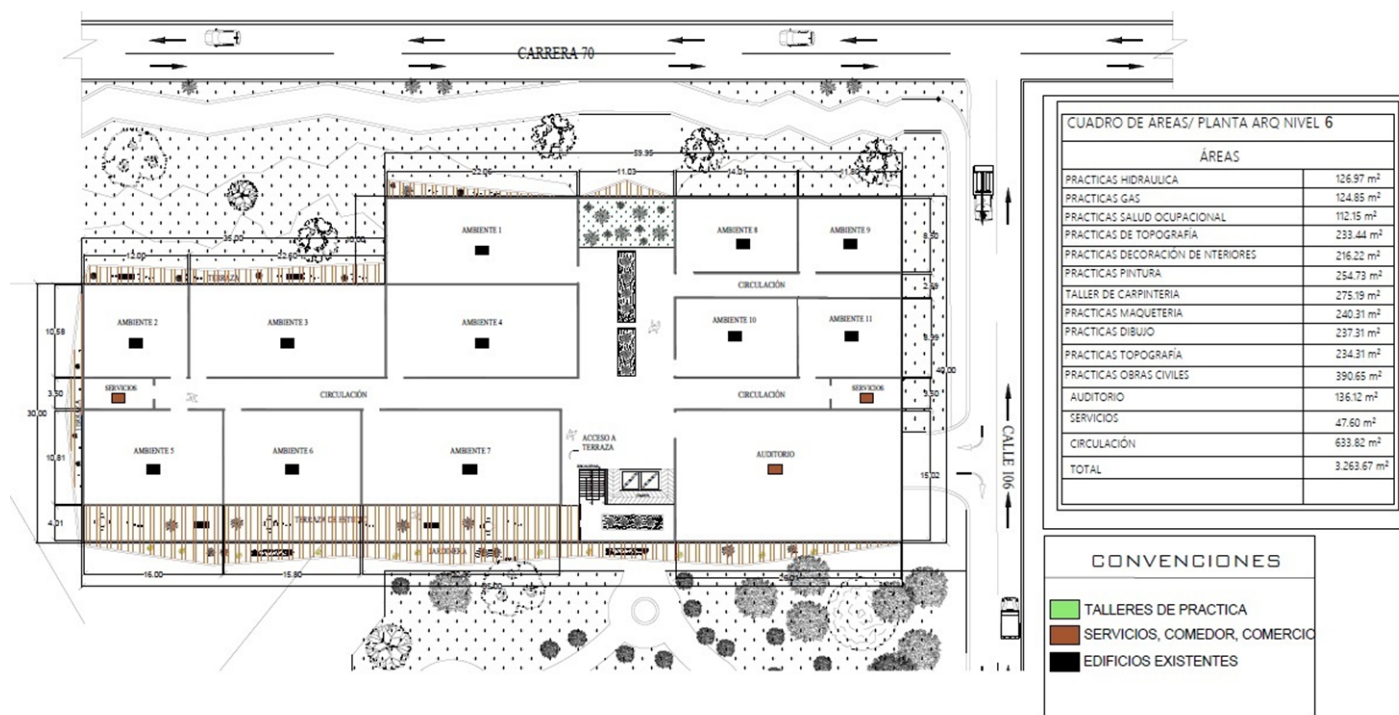


Figura 13. Diseño conceptual de la planta 6. Acá se ubican áreas de prácticas y talleres y un auditorio.
Fuente: Elaboración propia.

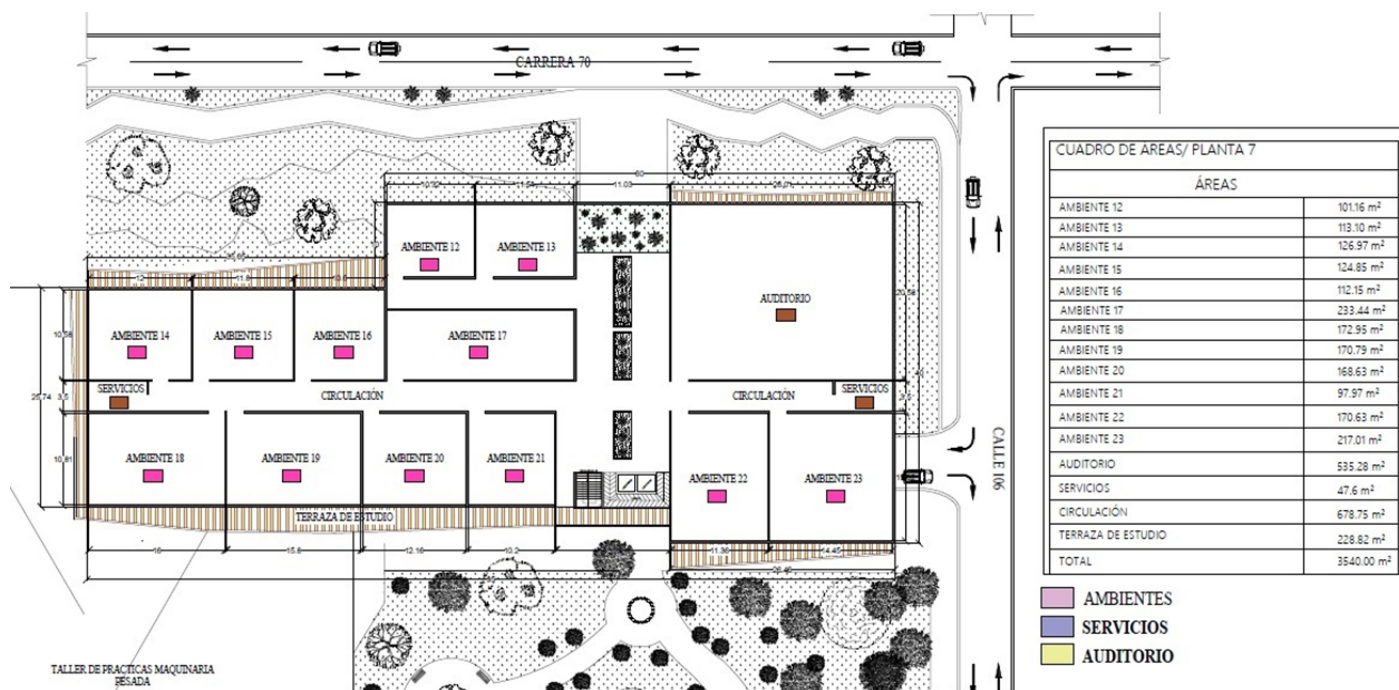


Figura 14. Diseño conceptual de la planta 7. En este nivel se tienen en cuenta otros 12 ambientes de aprendizaje, desde el 12 hasta el 23, un auditorio y una terraza para estudio.
Fuente: Elaboración propia.

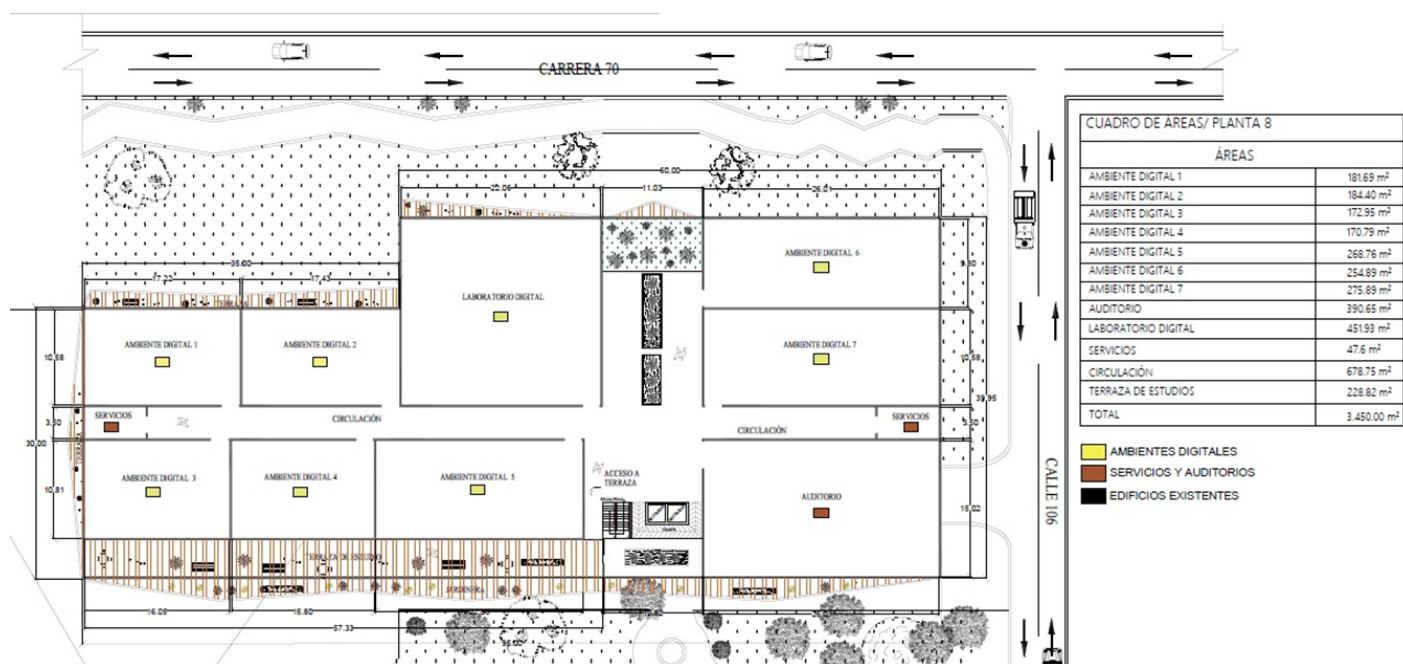


Figura 15. Diseño conceptual de la planta 8. En este nivel se ubican siete (7) ambientes digitales, un auditorio, un laboratorio digital y una terraza de estudio.

Fuente: Elaboración propia.

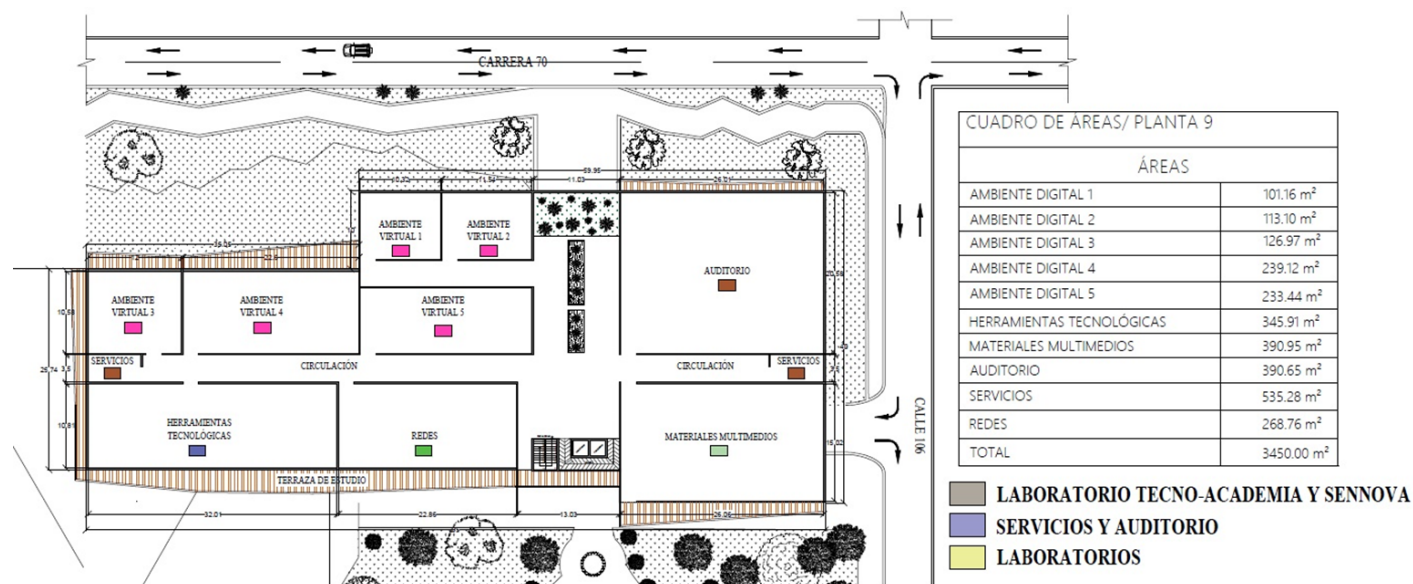


Figura 16. Diseño conceptual de la planta 9. Acá se encuentran otros cinco (5) ambientes digitales, un área de herramientas tecnológicas, un área de materiales multimedia, un auditorio y un área de redes.

Fuente: Elaboración propia.

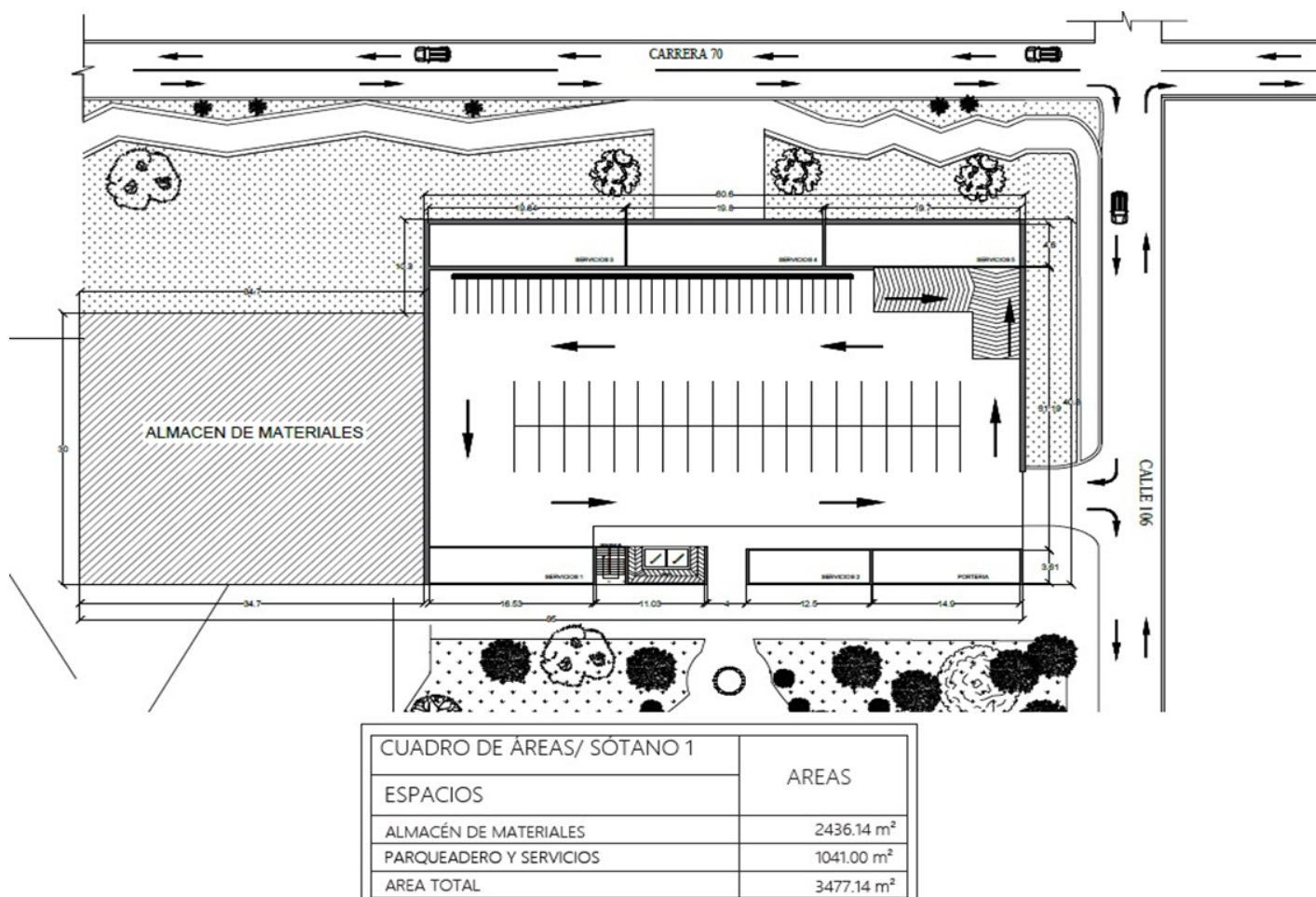


Figura 17. Diseño conceptual del sótano 1. Esta planta es básicamente para parqueaderos, y el almacén de materiales de construcción.
Fuente: Elaboración propia.

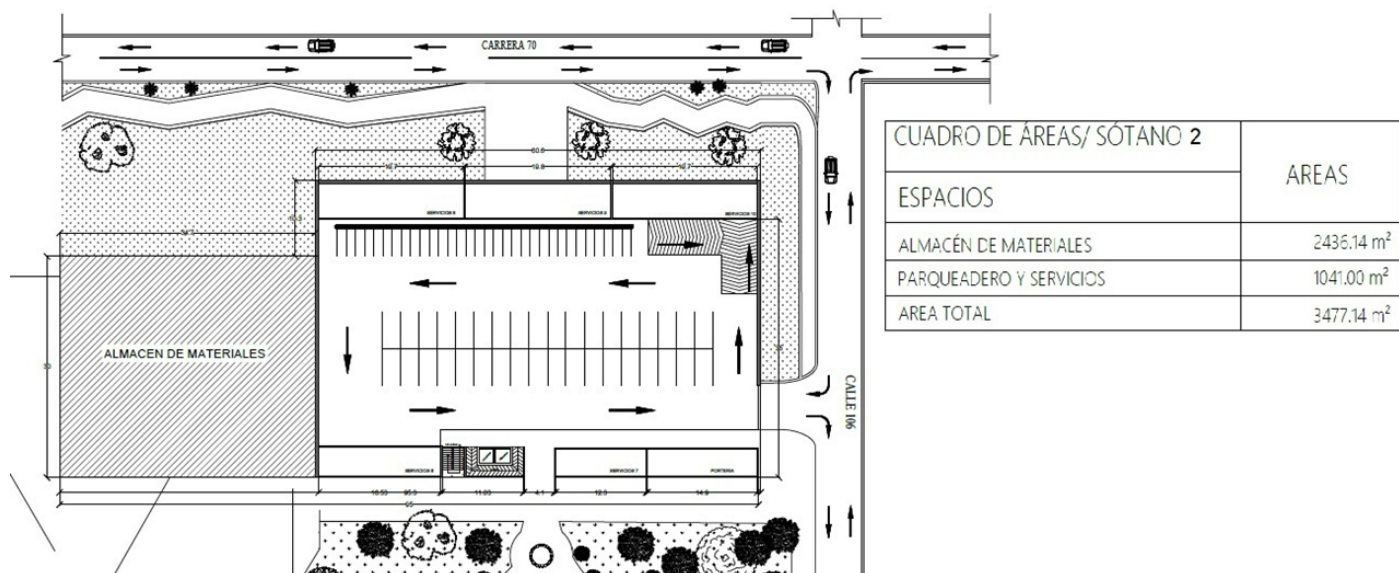


Figura 18. Diseño conceptual del sótano 2. Al igual que el sótano 1, el sótano 2 tiene área para parqueaderos y también un almacén de materiales de construcción.
Fuente: Elaboración propia.

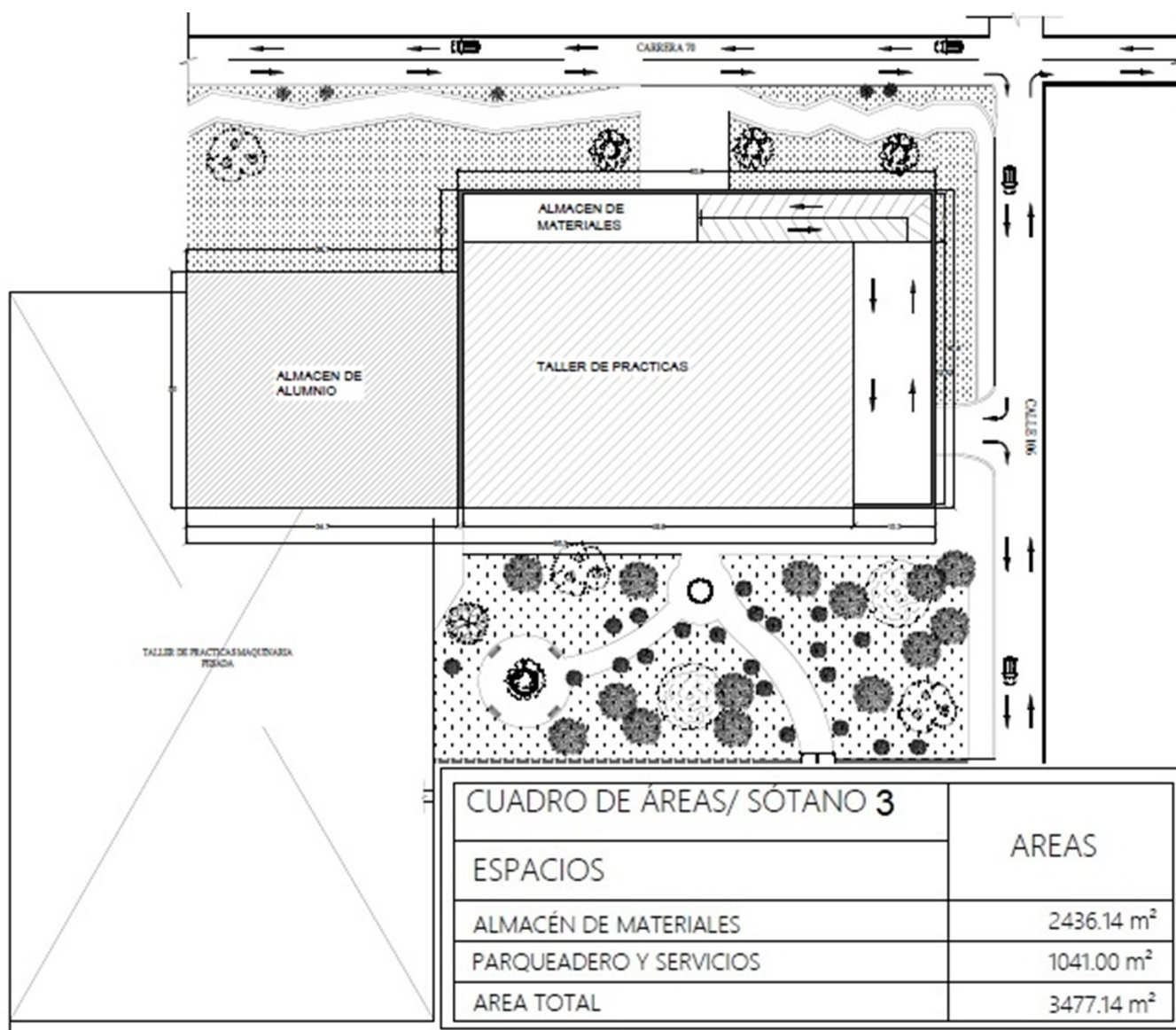


Figura 19. Diseño conceptual del sótano 3. Este nivel también tiene parqueaderos, almacén de materiales de construcción, además, una zona amplia para el taller de maquinaria pesada.

Fuente: Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

Este diseño conceptual que se entrega, tiene como fin, dar claridad al Centro del Hábitat y la Construcción en su necesidad de integrar y ampliar sus servicios de formación para más personas y empresas que conforman la industria de la construcción.

A partir de esta primera fase, se requiere precisar con mayor detalle como segunda fase, los diseños urbanísticos,

arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios, eléctricos, estudios de suelos, acabados arquitectónicos, costos y presupuestos, a nivel de anteproyecto. De esta manera, se podrá invitar al sector privado con información más precisa para estructurar una Alianza Público Privada APP para equipamientos educativos, que se convierta en modelo a nivel municipal y nacional, tanto para el SENA como para otras instituciones.



La estructura fundamental en esta segunda fase consta de las siguientes etapas, de acuerdo con la establecido en las normas nacionales que establecen la estructura de las APPs, estas normas son la Ley 1508 del 10 de enero de 2012 y el Decreto 1467 que reglamenta la Ley 1508 para la estructuración de los proyectos y la posibilidad que sea una Donación Institucional Pública / Privada:

1. Nombre y descripción del proyecto.
2. Alcance del proyecto.
3. Diseño definitivo en etapa de pre-factibilidad.
4. Especificaciones del proyecto.
5. Costo estimado.
6. Fuentes de financiación.

Este trabajo como proceso de investigación, no termina en la identificación de las necesidades de integración y ampliación de los servicios del Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción del SENA. Debe continuar con el desarrollo de las siguientes fases que permitan construir un Modelo de Gestión y Financiación de equipamientos educativos para todas las instituciones públicas a través de las Alianzas Público Privadas, las denominadas APPs.

Para el caso en particular de este nuevo edificio del Centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción, se requiere

profundizar en tres aspectos fundamentales para lograr materializar este nuevo edificio.

1. Tener un inventario de los proyectos que actualmente se están desarrollando en Antioquia y el País, que demandan mano de obra calificada, capacitada en el CDHC. Esta información nos permite saber en qué estamos bien y que nos falta por mejorar.

2. Tener un inventario de los proyectos que ha futuro se van a realizar en el marco de una visión que actualmente se está construyendo al año 2.050, con el propósito de identificar nuevos oficios o nuevos frentes de trabajo.

3. Desarrollar un equipo interdisciplinario y multidisciplinario entre académicos y empresarios, que identifiquen los nuevos Modelos Pedagógicos y Didácticos en las áreas relacionadas con la industria la construcción, de tal manera que, en las nuevas construcciones y las nuevas infraestructuras, incorporen estas novedades, especialmente en las áreas de sostenibilidad, bioclimática y nuevos materiales.

Para finalizar, se busca con este trabajo establecer un camino a seguir, partiendo de la necesidad de construir un Modelo de Gestión y Financiación de este tipo de edificaciones, en donde el sector público y privado se une para lograr materializar lo que todos anhelamos ser mejores en lo que hacemos, y que, además, sea un buen negocio para todos.

4. AGRADECIMIENTOS

Reiteramos un agradecimiento muy especial a los siguientes aprendices que colaboraron en este proyecto de investigación:

Jocelyn Andrea Soto Jiménez (jocelynsoto55@gmail.com)
Juan Diego Ocampo (jdoherrera12@gmail.com)
Alejandro Vásquez Álvarez (alejandrichikaravasquez@gmail.com)
Vanessa Salazar López (vanesasalo99@gmail.com)
Mileidy Jiménez (mileidyju.97@gmail.com)



5. REFERENCIAS

- Arboleda, A. M., Fernando, D., & Rivera, V. (2012). *IMPLEMENTACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS BIM COMO HERRAMIENTA PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA EDIFICACIÓN EN BOGOTÁ*.
- BID. (n.d.). *Censo de Infraestructura Educativa Regional*. Cámara de Comercio de Barranquilla, 411. Retrieved from <https://player.vimeo.com/video/139416775>
- Engineer, A. . C.-S. (2015). *Learning objective : Designing K-12 schools*. Proquest, (Abril), 1–5.
- Fridrich, J., & Kubečka, K. (2014). BIM – The Process of Modern Civil Engineering in Higher Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 763–767. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.134>
- Hu, M. (2018). *Optimal renovation strategies for education buildings-A novel BIM-BPM-BEM framework*. Sustainability (Switzerland), 10(9). <https://doi.org/10.3390/su10093287>
- Kolarić, S., Vukomanović, M., Stober, D., & Alduk, Z. D. (2017). Accessing educational approaches to Building Information Modeling (BIM) at construction management master studies in Croatia. *Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette*, 24(4), 1255–1262. <https://doi.org/10.17559/tv-20160922083031>
- McKeever, A. (2019). *VRF for k-12 schools: designing for efficiency, reliability, and functionality*. Engineered Systems, (February), 28–32.
- Ministerio de educación nacional. (2015). *Colegio 10, lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única*. (1a ed., Vol. 57; A. R. T. A. I. Álvaro Rivera R. & Asociados, S. A. S., ed.). Bogotá, Colombia.
- Minkinen, Y., & Movsesova, L. (2018). Features of information modeling in the design of pre-school buildings in Russia. *SHS Web of Conferences*, 44, 62. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184400062>
- Morales, C. C. de C. S. (CCCS): F. H. J. F. (2017). *Guía para la implementación de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios nuevos de jornada única en Colombia*. EDP Sciences, 129.
- Rebecca, B. Y., Kraling, K., Dunbar, M., & Ap, L. (2011). BIM and educational projects. *Engineered Systems*, (August), 30–36.
- Sacks, R., & Pikas, E. (2013). *Building information modeling education for construction engineering and management. I: Industry requirements, state of the art, and gap analysis*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11), 1–12. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000759](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000759)
- Santos, R., Costa, A. A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction*, 80(March), 118–136. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>
- Sevilla, K., Sanabria, J., & Shedden, M. (2010). *Compendio de Normas y Recomendaciones para la Construcción de Edificios para la Educación (DIEE-MEP)*. 1–56. Retrieved from http://diee.mep.go.cr/sites/all/files/diee_mep_go_cr/preguntas-frecuentes/compendio_normas_edificios_para_educacion.pdf



Aplicación de la biomimética para construcción de espacios sostenibles¹.

*Application of biomimetics for the
construction of sustainable spaces.*

José Antonio Pérez Corrales²,
Samir Borja García³
Dallany Urrego García⁴

RESUMEN

La presente investigación se centra en encontrar respuesta a través de la inspiración dada por la naturaleza, sus materiales, formas, procesos y sistemas, para diseñar un espacio que combine dichas características y produzca un lugar ambientalmente sostenible.

Mediante el desarrollo de una investigación aplicada, realizada en alianza con los aprendices del programa de Articulación con la Media del Técnico en Dibujo Arquitectónico y la Tecnoacademia Medellín programas del SENA, se aplicó el método de investigación “La espiral de diseño Biomimético”, que mediante un análisis de seis pasos genera insumos de diseño para crear propuestas con este enfoque. En este caso en particular se ha utilizado la forma del Domo Geodésico para la construcción de un espacio expositivo.

Palabras clave: *Biomimética - Arquitectura Sostenible - Bioarquitectura – Sostenibilidad.*

ABSTRACT

This research focuses on finding answers through the inspiration given by nature, its materials, forms, processes, and systems, to design a space that combines these characteristics and produces an environmentally sustainable place.

Through the development of an applied research, carried out in alliance with the apprentices of the Articulation with the Media program of the Architectural Drawing Technician and the Tecnoacademia Medellín programs of the SENA, the research method “The Spiral of Biomimetic Design” was applied, which through a sixstep analysis generates design inputs to create proposals with this approach.



In this particular case, the shape of the Geodesic Dome was used for the construction of an exhibition space.

Keywords: *Biomimetics - Sustainable Architecture - Bioarchitecture - Sustainability*

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, nuestros espacios contruidos nos “encajonan” para comer, dormir y trabajar. Los espacios que habitamos deberían permitirnos ser libres, descansar, meditar, leer, estudiar, jugar, sin limitaciones, con niveles de confort adecuados a nuestro contexto y a nuestras necesidades.

La arquitectura moderna, en general, se ha convertido en una arquitectura escultórica, donde se da una importancia superlativa al atractivo estético de la edificación y se desconoce, en gran medida, el bienestar físico y mental de quienes serán sus ocupantes y a un a mayor nivel, se da poca importancia a los contextos sociales y ambientales del lugar de implantación.

1. Proyecto Articulación con la media y Tecnoacademia.

2. Arquitecto, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, japerez846@misena.edu.co, Medellín.

3. Arquitecto, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, sborja@sena.edu.co, Medellín.

4. Microbióloga Industrial y Ambiental, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, durregog@sena.edu.co, Medellín.



Así lo enuncia el arquitecto Juan Luis Burke (2011), desde su preocupación por el habitar, expresa:

“La arquitectura, vista como una disciplina social y humanista, ha sido desde el irrupción de la modernidad víctima de un lento pero seguro desprendimiento de sus dimensiones espirituales y filosóficas. En su lugar, se ha dado paso a una actividad que obedece a los principios y razonamientos del mercado, regido éste por el capitalismo salvaje que caracteriza a nuestra época”. (Burke, 2011)

Sin embargo, se han dado nuevos aportes para conseguir la restitución de estos valores o dimensiones olvidados de la Arquitectura. Uno de ellos, hacia los años 90, con la bióloga Estadounidense Janine Benyus, que introdujo el término Biomímesis (de bios, vida y mimesis, imitar).

Benyus & García Leal, (2012) expresan de la Biomimesis la idea central es que la naturaleza, imaginativa por necesidad, ya ha resuelto muchos de los problemas con los que estamos lidiando. Los animales, las plantas, los microbios son los ingenieros consumados. Ellos han descubierto qué funciona, qué es apropiado, y lo más importante, qué perdura aquí en la Tierra. La biomímesis no se basa en lo que podemos extraer de los organismos y sus ecosistemas, sino en lo que podemos aprender de ellos. La biomímesis les consulta a los organismos y toma prestadas sus ideas.

Javier Senosiain, en su libro “Bioarquitectura: En busca de un espacio”, nos muestra cómo la naturaleza resuelve sus necesidades de habitabilidad. En la naturaleza Función - Espacio - Estructura - Forma y Técnica son un todo integral. La función requiere de un espacio, el espacio debe delimitarse por medio de una estructura y la forma refleja esa estructura. En la Naturaleza las formas y los movimientos son orgánicos y eficientes, Senosiain, (2019) afirma:

“La línea curva es la forma natural, la espiral es el movimiento universal. Desde el microcosmos hasta el macrocosmos las encontramos; desde la estructura molecular del ADN, pasando por los fenómenos naturales (como las olas del mar, los huracanes...), hasta el movimiento de los sistemas planetarios y las galaxias”. (p.69)

Teniendo en cuenta los planteamientos de Janine Benyus, y los conceptos expuestos por Javier Senosiain, es posible concluir que la Biomímesis aplicada al campo de la construcción es la unión entre Biología, Arquitectura e Ingeniería. Algunos arquitectos han planteado una

considerable cantidad de ideas, propuestas y proyectos tomando conceptos de la Naturaleza. Uno de ellos fue Richard Buckminster Fuller, arquitecto estadounidense, uno de los pioneros de la arquitectura y la construcción basados en la Naturaleza, quien dirigió todo su trabajo a dar respuesta a esta pregunta: “¿Tiene la humanidad una posibilidad de sobrevivir final y exitosamente en el planeta Tierra y, si es así, cómo?”. En esta búsqueda, en 1954, Fuller patentó una solución arquitectónica, espacial y estructuralmente eficiente, inspirada por los radiolarios (organismos microscópicos del plancton que flota en el mar, tienen forma esférica compuesta por una red de burbujas, que por su tensión superficial forman una red hexagonal igual que pasa en los panales de abejas): Los domos geodésicos.

En el pasado, estas estructuras arquitectónicas planteadas por Fuller se han difundido a lo largo del tiempo y se les ha dado múltiples aplicaciones, desde pequeños viveros hasta museos de gran tamaño. Aún en la actualidad, diferentes especialistas de la Biomímesis han probado ideas que revolucionan las tecnologías conocidas por el hombre y que impulsan el funcionamiento de las ciudades hacia un desarrollo más sostenible e inteligente. Ejemplos de ello son el edificio Eastgate Center de Harare, un complejo de oficinas, que ha logrado imitar del diseño de los enormes termiteros de la termita africana *Macrotermes* *Michaelseni* (Dangerfield, McCarthy, & Ellery, 1998), la termorregulación y ventilación pasiva de los espacios de la edificación; o en materia de movilidad, la idea de un vehículo fotosintético, bautizado de esa forma, ya que emplearía la luz solar para descomponer moléculas de agua en átomos de hidrógeno y oxígeno, emitiendo este último a la atmósfera y creando una forma más eficiente para propulsar vehículos, a la vez que contribuye al mejoramiento del cambio climático.

De esta manera, el objetivo principal de esta investigación es aplicar una metodología clara y fácilmente replicable para crear espacios habitables inspirados por la naturaleza mediante la aplicación de conceptos de Biomímesis.

2. METODOLOGÍA

Al momento de diseñar es fundamental seguir un proceso sistemático desde la definición de las necesidades hasta la puesta en marcha de las soluciones. Para este caso utilizamos la metodología denominada Espiral de Diseño Biomimético, diseñada por el (BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020). Esta metodología, ofrece una descripción concisa de los elementos esenciales de un proceso de diseño que usa a la naturaleza como guía para crear soluciones.



A continuación, se presenta en términos generales, el proceso de diseño planteado por la Espiral de Diseño Biomimético:

Definir: Determinar las necesidades, requerimientos, problemas, criterios, determinantes del proyecto y del entorno.

Biologizar: Identificar elementos de la Naturaleza que dan respuesta a los anteriores requerimientos.

Descubrir: Investigar y entender, en términos biológicos, las funciones formales, de procesos y sistemas de los elementos de la Naturaleza identificados.

Abstraer: Comenzar a plantear estrategias de diseño (formas, escalas, conceptos, principios) basadas en las funciones biológicas investigadas.

Emular: Formalizar las estrategias planteadas. Definir formalmente cómo, por qué y para qué se aplican estas soluciones.

Evaluar: Revisar la viabilidad técnica, económica y ambiental de las soluciones. Pueden validarse o ser necesario revisar y ajustar los pasos previos.

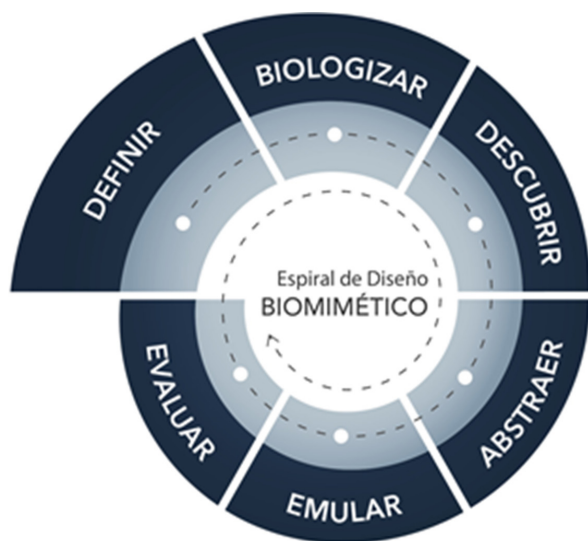


Figura 1. El proceso de diseño de la biomimesis
Fuente: BIOMIMICRY INSTITUTE, 2020

2.1 FASE DE ANÁLISIS:

En esta fase, se realizó una revisión literaria, y una revisión de experiencias relacionados con la construcción de espacios basados en la biomimesis y de esta manera definir los objetivos de la investigación, así como los riesgos y actividades propias del diseño, delimitando los recursos necesarios y el plan de seguimiento. A continuación, se describen las principales actividades desarrolladas:

2.1.1 Aplicación del Design Thinking:

Se aplica este método de procesos cognitivos, estratégicos y prácticos mediante los cuales los aprendices involucrados identifican y reconozcan las diferentes alternativas de solución a la necesidad planteada, desde la perspectiva del cliente, generando empatía y sinergia en el trabajo colaborativo gestionado e identificando las principales herramientas materiales y costos para su ejecución.

2.1.2 Aplicación de la Biomimética:

Basada en la inspiración de la naturaleza, se reconocen estructuras, formas y diseños ya existentes en nuestro entorno, realizando una identificación de conceptos biológicos y se observan estructuras que sirvan de inspiración.

Se conceptualiza el término de Radiolarios, como sistemas biológicos, tipo microorganismos, que presentan estructuras naturales, las cuales sirven de modelo de inspiración para la ideación y producción de proyectos arquitectónicos.



Figura 2. Conceptualización: formas y estructuras en la naturaleza como fuente de inspiración.
Fuente: Elaboración propia

Se observa al estereoscopio y microscopio diferentes estructuras naturales, de microalgas, panales de abejas, madera, flores, espuma, entre otros; en este ejercicio se busca identificar cristalizaciones y formas estructurales, con el fin de relacionar estos sistemas naturales, patrones geométricos a partir de los organismos y microorganismos desde un punto de vista morfológico.



Figura 3. Identificación de las estructuras presentes bajo observación de estereoscopia.
Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Definición de Indicadores de Eficiencia:

Eficiencia Energética:

Para su medida se utilizó el software EDGE, el cual utiliza la información disponible, dentro de los marcos normativos y de mercado de la construcción en Colombia, para proporcionar los valores predeterminados como línea base. En esta línea se aplicarán los indicadores de consumo final de energía en fases de construcción y operación, el ahorro de energía incorporada en materiales y los costos de estructura.

2.1.4 Consumo final de energía en fases de construcción y operación:

Se calcula el consumo de energía en (kilovatios hora/mes) del proyecto basándose en los datos del diseño y en los ahorros logrados a través de la selección de las medidas de eficiencia. Donde se estima obtener un porcentaje menor de energía en comparación con las construcciones tradicionales. Con el resultado del consumo final, se estima un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (440 kWh/mes) como se muestra en la ecuación (1) a continuación:

$$(1) \quad \% \text{ consumo final} = \frac{\text{Consumo final KWh/mes}}{\text{Línea base KWh/mes}} \times 100$$

2.1.5 Ahorro de energía incorporada en materiales:

Se calcula el ahorro de energía (en julios) en función de las dimensiones de la edificación y los materiales seleccionados. Con el resultado del ahorro final, se estima un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (563 GJ) ver a continuación el cálculo en la ecuación (2):

$$(2) \quad \% \text{ ahorro} = \frac{\text{Ahorro final GJ}}{\text{Línea base GJ}} \times 100$$

2.1.6 Costos de estructura:

Para determinar este indicador, se toma como referencia el costo promedio por metro cuadrado para una construcción con sistema aporticado en concreto (construcción convencional en el mercado de Antioquia).

Estos costos se definen con base en la experiencia de los constructores participantes del proyecto, y se establecen como línea base. Una vez se obtienen los costos finales, se calcula un resultado en porcentaje (%) comparativamente con la línea base (COP\$300.000/m²) Ver ecuación (3):

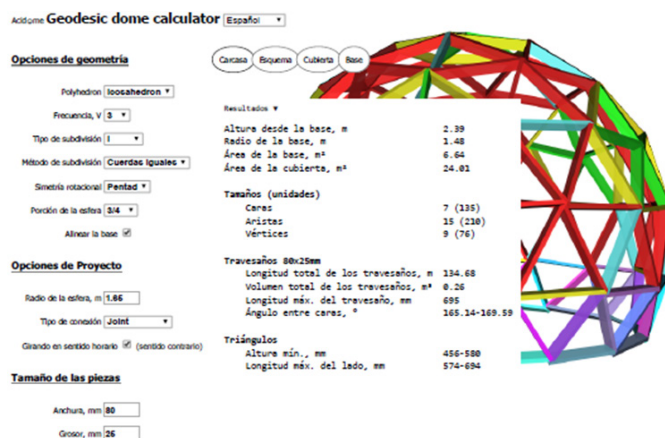
$$(3) \quad \% \text{ costos} = \frac{\text{Costo final COP\$/m}^2}{\text{Línea base COP\$/m}^2} \times 100$$

2.2 FASE DE MODELADO:

En la fase de modelado se procede a aplicar, lo gestionado en la fase de análisis de la siguiente manera:

2.2.1 Diseño estructural:

Para el análisis estructural se utilizó la plataforma ACIDOME, la cual permite calcular, la superficie de la base y la cubierta y la cantidad de piezas a utilizar para el domo geodésico, permite, durante su ejecución in situ, la instalación ordenada de sus diferentes componentes, mediante el despiece por categorías de color y ordenación alfanumérica.





2.2.2 Diseño Arquitectónico en dos Dimensiones (2D):

Se realiza el Diseño del domo geodésico mediante software CAD - Diseño asistido por computadora, para visualizar el diseño en una escala real en cuanto a sus dimensiones de ancho alto y especificar elementos arquitectónicos de importancia para su construcción.

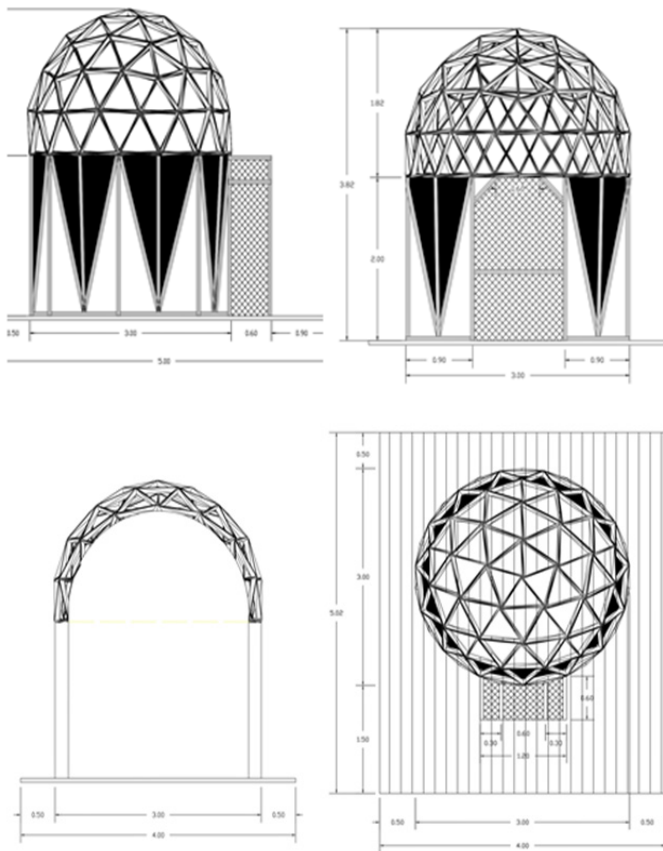


Figura 5. Diseño Arquitectónico del Domo en 2D.
Fuente: Elaboración propia

2.2.3 Diseño Arquitectónico en tres Dimensiones (3D):

Para el diseño en tres dimensiones se utiliza el software de diseño de Autodesk – REVIT, se recrea una versión virtual del diseño constructivo del domo geodésico, describiendo la geometría del modelo, el propósito del diseño y las relaciones lógicas entre los elementos que lo conforman; dando vistas actuales de los elementos.



Figura 6. Diseño Arquitectónico del Domo en 3D.
Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Prototipado:

Seguido de la realización del diseño arquitectónico de la estructura en dos y tres dimensiones se procede a realizar un prototipo funcional de manera colaborativa donde se implementen las estructuras y formas naturales definidas y se gestione las fases de la metodología espiral.



Figura 7. Prototipado rápido del Domo Geodésico.
Fuente: Elaboración propia

El prototipo fue realizado a escala 1: 20 con el objetivo de hacer consciente en los participantes, la técnica de trabajo y la estética general que tendría el domo, una vez se construyera a escala real.



Figura 8. Prototipado rápido del Domo Geodésico.
Fuente: Elaboración propia



2.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN:

Para la ejecución del prototipo, se estableció alianza con la empresa LabSOS: Laboratorio de Sostenibilidad, para realizar acompañamiento y seguimiento en la construcción del prototipo en escala real del domo, adicionalmente se contó con el apoyo de instructores y los aprendices del programa Técnico en Construcción de Edificaciones y del programa Tecnología en Desarrollo gráfico de proyectos de Arquitectura e ingeniería.

El prototipo desarrollado se puso a prueba como espacio expositivo en una de las zonas verdes del Centro para el Desarrollo para el Hábitat y la Construcción, Regional Antioquia. Su planeación inicial a través de programas CAD y la plataforma ACIDOME para el cálculo de domos geodésicos, permitió, durante su ejecución en sitio, la instalación ordenada de sus diferentes componentes, mediante el despiece por categorías de color y ordenación alfanumérica.

En esta fase se gestionó el cronograma de ejecución y las cantidades de obras requeridas para su construcción, según lo establecido en los planos de la fase de diseño.

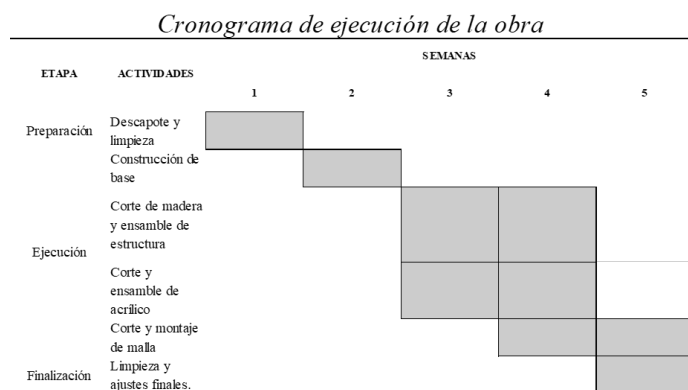


Tabla 1. Cronograma de ejecución de la obra.
Fuente: Creación propia

Se estableció alianza con la empresa Optima, Vivienda y Construcción para la consecución de materiales requeridos para la construcción.

CANTIDADES DE MATERIAL PARA LA OBRA

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.
1	Madera Cepillada 0,025m *0,08 m *3m	UND	40
2	Tornillo de ensamble 7mm x 3 "x 100 Und	UND	6
3	Acrílico transparente de 3mm	LÁMINA	20
4	Cemento gris x50Kg	SACO	4
5	Arena de concreto	M3	0,66
6	Triturado 3/4"	M3	1
7	Poli Sombra	M	15
8	Adhesivo no más clavos x 360g (pega para acrílico)	UND	4
9	Lápiz rojo x caja	UND	1

Tabla 1. Cantidades de material para la obra.
Fuente: Creación propia

La madera utilizada fue previamente cortada basado en los datos de las longitudes y los ángulos de conexión en los nodos obtenidos a través de la herramienta de modelación ACIDOME. Permitiendo ensamblar a su vez de manera ordenada cada una de las piezas.



Figura 9. Construcción del Domo Geodésico
Fuente: Elaboración propia



3. RESULTADOS

La Espiral de Diseño Biomimético, metodología utilizada para comprender el proceso de diseño desde la definición de las necesidades hasta la conformación de la estructura (domos geodésicos), evidencia su eficiencia, claridad y replicabilidad.

Desarrollando cada una de las fases de la metodología, es muy claro definir una necesidad humana en términos espaciales y buscar cómo la Naturaleza lo resuelve, podemos tomar conceptos que finalmente pueden ser llevados a la creación de espacios habitables más eficientes de espacios los convencionales.

Prototipo: Mediante el despiece calculado en la plataforma ACIDOME, fue posible el correcto acople de cada pieza para lograr las características inherentes al desarrollo geométrico de los domos, como el radio base, la frecuencia, la altura, y la cuantificación de las caras, aristas y vértices de las diferentes triangulaciones y sus ángulos de ensamble en los puntos de conexión.

Eficiencia estructural: Teniendo como base que el triángulo es la figura geométrica más estable y resistente que se puede construir a partir de barras y es el único polígono que no se deforma cuando actúa sobre él una fuerza, y sin profundizar en conceptos técnicos estructurales muy especializados, es posible afirmar que la estructura de los domos geodésicos, al estar conformados por series de triángulos, logran una eficiencia estructural elevada (mayor que las estructuras convencionales conocidas como los pórticos o los muros estructurales), es decir, una mayor resistencia con menor uso de material y permiten que sea una estructura autoportante.

Eficiencia en materiales: Este ítem es posible definirlo con base en la incorporación de sistemas constructivos y materiales con procedencia ecológica:

- Construcción seca, limpia, modular y rápida
- Estructura en madera de pino procedente de bosques cultivados
- Piso en madera de pino procedente de bosques cultivados
- Cubierta en vidrio y tejas asfálticas

En referencia a los indicadores establecidos, la simulación de la estructura geodésica con el software EDGE nos arroja un ahorro final de 467 GJ, lo que significa una reducción de 83% con respecto a la línea base.

La estructura del domo geodésico construido reduce en un 50% los tiempos de preparación, ejecución y montaje en comparación con un sistema convencional con estas mismas dimensiones. Adicionalmente, los tiempos y costos para la construcción de cerramientos se reducen sustancialmente, pues la estructura conforma paredes y cubierta al mismo tiempo.

Con base en el indicador propuesto, se logran ahorros del 50% en los costos de materiales y ejecución de la estructura de un domo geodésico con respecto a una construcción con sistema aporticado en concreto.

Eficiencia energética: Los rayos solares inciden directamente en el domo todos los meses durante todo el día. De esta manera se puede lograr gran aprovechamiento de la energía lumínica para disponer de luz natural en el interior. Esto permite un importante ahorro de energía eléctrica.

Se realiza una simulación de iluminación natural (iluminancia en Lux) con el software Ecotect, y se encuentran unos niveles de iluminancia interior promedio de 500 lux, niveles ideales para espacios de estudio y/o lectura.

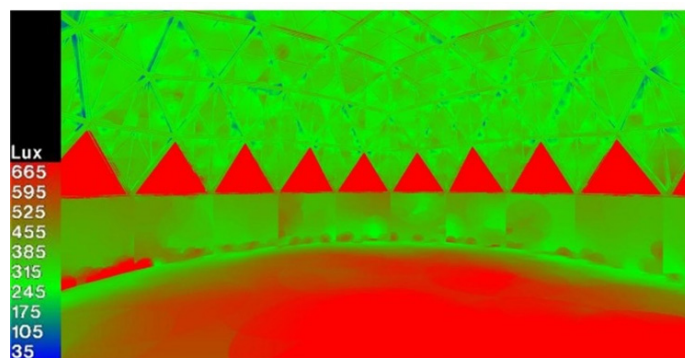


Figura 10. CSimulación de Iluminación Natural con 30% de aberturas de entrada de luz.
Fuente: Elaboración propia

Con la incidencia solar permanente también se percibe gran cantidad de energía calórica. Sin embargo, la forma esférica de los domos permite una distribución uniforme del flujo de aire, pudiendo así aprovecharse para calefacción o enfriamiento natural, reduciendo el uso de energía para acondicionamiento térmico en climas extremos.

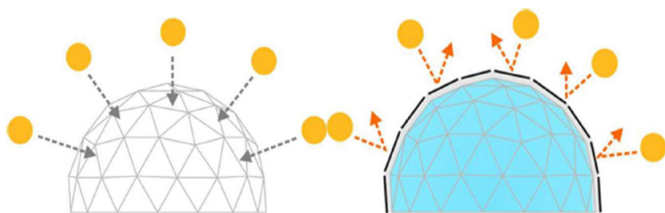


Figura 11. Absorción y reflexión lumínica natural.

Fuente: <http://aureart.net/index.php/es/>

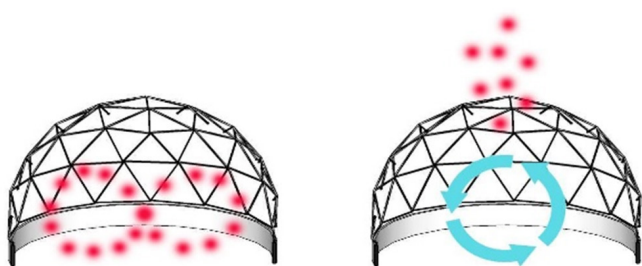


Figura 11. Circulación y distribución de flujo térmico al interior de domos

Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia calculada con software:

Se utiliza el software EDGE, diseñado por el IFC (International Finance Corporation), para calcular los ahorros en energía comparándolos con los de una línea base.

Los resultados de dichos cálculos nos muestran un consumo final de 310 kWh/mes y un ahorro energético del 29% por el aprovechamiento en ventilación e iluminación natural y del 83% en energía incorporada a los materiales y sistemas constructivos.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de este ejercicio generó en los aprendices participantes e instructores involucrados una búsqueda hacia el entendimiento del concepto de desarrollo sostenible de manera tal que no solo conocieran su definición e importancia en el mundo actual y el papel de las nuevas tecnologías como medio facilitador de su desarrollo; sino también la exploración de valores materiales, estéticos y funcionales que devinieron durante todo el ejercicio y las soluciones que pone a nuestro servicio la naturaleza a partir de la exploración de sus procesos y sistemas.

Adicionalmente retomando las palabras en uno de sus aportes al mundo del diseño del psicólogo David Perkins se puede concluir que en efecto “un diseño es una estructura adaptada a un propósito”, pero este no puede en ningún sentido concebir factores descartables o secundarios la dimensión ambiental y humanística, pues es allí donde se comienza a poner en entredicho la real validez y pertinencia como solución.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo del centro para el Desarrollo del Hábitat y la Construcción del SENA Regional Antioquia, mediante el trabajo colaborativo e interdisciplinario de los programas de Doble Titulación y Tecnoacademia Medellín.

A los aprendices de la promoción 2019 de las Instituciones Educativas: Luis Carlos Galán Sarmiento, José Miguel de Restrepo y Puerta, Federico Ozanam y Asamblea Departamental del Departamento de Antioquia.



6. REFERENCIAS

Benyus, J. M., & García Leal, A. (2012). *Biomímesis: Innovaciones inspiradas por la naturaleza*. España: Tusquets.

BIOMIMICRY INSTITUTE. (15 de 08 de 2020). *Biomimicry Toolbox*. Obtenido de *The Biomimicry Design Process*: <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>

Dangerfield, J., McCarthy, T., & Ellery, W. (1998). *The Mound-Building Termite Macrotermes michaelseni as an Ecosystem Engineer*. *Journal of Tropical Ecology*, 14(4), 507-520.

de Lózar de la Viña, Miguel. (2013). *Casa cúpula en Carbondale, Illinois*. R. B. Fuller, 1960. *ARQ (Santiago)*, (84), 14-27. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962013000200003>

DOMOSFERA. (15 de 05 de 2020). *Bioconstrucción Artesanal - Domos Geodesicos*. Obtenido de <http://aureart.net/index.php/es/>

HEIDEGGER, M. (2015). *Construir Habitar Pensar (Bauen Wohnen Denken)*. *Daimon Revista Internacional De Filosofía*(73), 212-216. doi:<https://doi.org/10.6018/daimon/285311>

Plataforma ACIDOME. (15 de 09 de 2019). *ACIDOME*. Obtenido de https://acidome.ru/lab/calc/#7/12_Kruschke_GoodKarma_3V_R2.2_beams_120x40

Perkins, D. N. (1989). *Conocimiento como diseño*. Bogotá: Universidad Javeriana. Facultad de Psicología.

Senosiain, J. (2019). *Bioarquitectura: En busca de un espacio* (Tercera ed.). AM Editores.



Gas natural licuado como fuente de energía alternativa sostenible: proceso de licuefacción

*Liquefied natural gas as a sustainable
alternative energy source: liquefaction process*

Nelson Castaño Ciro¹

RESUMEN

Este documento es el segundo que se publica sobre el gas natural licuado (GNL). En el primero se publicó algunas generalidades sobre este mismo. En esta oportunidad le corresponde el turno al proceso de licuefacción. Inicialmente se hace una búsqueda en bases de datos sobre los términos asociados a este eslabón de la cadena de valor del GNL, en donde se encontró que la tendencia en los últimos años va hacia la sostenibilidad y optimización de este proceso. Seguidamente se explica, de forma resumida, las diferentes fases de la licuefacción del gas natural, iniciando con la extracción de los gases ácidos (gases que cuando reaccionan con el agua se convierten en ácidos), continuando con la remoción de agua en forma de vapor, remoción de mercurio y recuperación de gases licuados de petróleo, para finalizar con la licuación del gas natural. En esta última fase se explican los tres métodos más usados: el de cascada, refrigerante mixto y el de expansión.

Palabras clave: *GNL, gas natural licuado, licuefacción, gas natural.*

ABSTRACT

This document is the second to be published on liquefied natural gas (LNG). In the first, some generalities about it were published. This time it is the turn of the liquefaction process. Initially, a search is made in databases on the terms associated with this link in the LNG value chain, where it was found that the trend in recent years is towards the sustainability and optimization of this process. The different phases of natural gas liquefaction are briefly explained below, beginning with the extraction of acid gases (gases that when reacted with water become acids), continuing with the removal of water in the form



of steam, removal of mercury and recovery of liquefied petroleum gases, to end with the liquefaction of natural gas. In this last phase, the three most used methods are explained: cascade, mixed refrigerant, and expansion.

Keywords: *LNG, liquefied natural gas, liquefaction, natural gas.*

1. INTRODUCCIÓN

El gas natural se ha mantenido como el recurso energético de más rápido crecimiento en la mayoría de las regiones del mundo durante más de dos décadas, impulsado por las bajas emisiones de gases de efecto invernadero y la alta eficiencia de conversión en la generación de energía.

Durante casi un siglo, el gas natural se ha transportado de manera segura, confiable y económica a través de tuberías. Los gasoductos demostraron ser ideales para las condiciones de suministro y mercado del siglo XX, cuando se encuentran grandes depósitos de gas natural convencional en lugares accesibles. Los gasoductos proporcionaron la estabilidad y seguridad del suministro y continúan haciéndolo donde quedan grandes reservas

1. Ingeniero Químico, MSc en Ingeniería, Sena, CDHC, ncastano@sena.edu.co. Medellín.



de gas accesibles. Sin embargo, en las últimas décadas ha quedado claro que cantidades significativas de nuevas reservas de gas no están ubicadas tan convenientemente.

La atención se ha desplazado hacia los grandes yacimientos de gas más aislados que anteriormente se pensaba que eran demasiado remotos o técnicamente demasiado difíciles y costosos de desarrollar. Actualmente se están desarrollando y considerando para su comercialización una serie de soluciones para explotar las reservas de gas varadas. Por otro lado, durante las últimas tres décadas, solo la industria del gas natural licuado (GNL) ha llevado con éxito muchos grandes campos de gas remotos a los mercados de gas a los que no se puede acceder por gasoducto (por ejemplo, Japón, Corea del Sur). Hoy en día, las cadenas de suministro de GNL se han diversificado e introducido competencia en los mercados que antes eran “capturados” por los proveedores de gas por gasoducto, y han mejorado la seguridad del suministro de energía de muchas naciones consumidoras y han reducido las restricciones geopolíticas y políticas sobre el suministro mundial de gas.

El gas natural, y especialmente el GNL, es el combustible del futuro, y el futuro ha llegado.

Este artículo es el segundo de un total de 6 artículos que explican de forma concreta, cada uno de los eslabones de la cadena de valor del Gas Natural Licuado (en adelante GNL). Este documento resume los conceptos y el proceso de la licuefacción del gas natural (GN).

2. METODOLOGÍA

Inicialmente se elaboró una nube de palabras que se consultaron en a base de datos de ScienceDirect, con el término “liquefied natural gas”. Se encontraron 72 documentos relacionados, de los cuales se importó la información bibliográfica en formato RIS, para posteriormente ser analizada en el software de acceso libre VOSviewer. El grafico 1 muestra la nube de puntos obtenida, con una escala temporal de los años de publicación de dichos documentos.

Dándole una mirada a los nombres asociados a la escala temporal se observa como a tempranas épocas se presentan investigaciones sobre plantas de gas, gas natural, plantas de gas natural fuera de la costa y dióxido de carbono. Pero en épocas más actuales se nota la manera como se presta más atención a la sostenibilidad, y aparecen investigaciones relacionadas con utilización de la energía, eficiencia energética, análisis económico, optimización, purificación del gas combustible, impacto ambiental entre otros.

En conclusión, se le da mas importancia en los últimos años a los temas relacionados con la sostenibilidad, lo que va paralelamente a las exigencias y acuerdos en la agenda 2030 de la ONU (ONU, 2015).

Después de lo anterior, se seleccionó la literatura más relevante que diera respuesta al proceso de licuación del gas natural y las tecnologías asociadas al mismo.

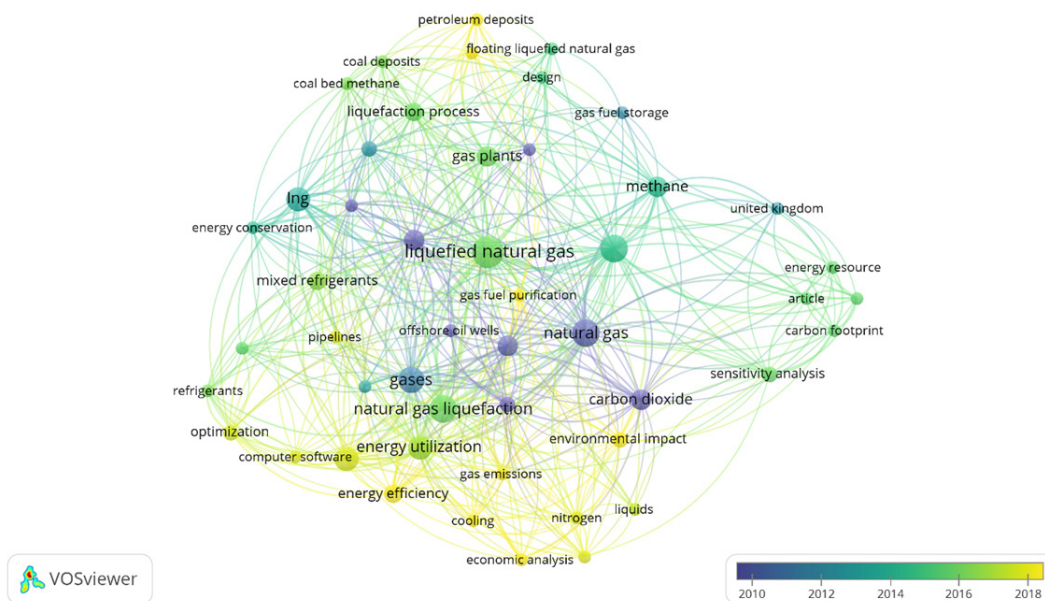


Figura 1. Nube de puntos de la búsqueda en la base de datos ScienceDirect, y analizada en VOSviewer.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Flujo del proceso de licuefacción. Elaboración propia.

3. RESULTADOS

3.1 Análisis de información

Es importante anotar que el proceso de licuefacción del gas natural es un proceso que se implementó hace varios años y que ha sufrido pocas modificaciones, salvo algunas tecnologías incorporadas en su proceso, como por ejemplo, modificaciones en el proceso de cascada para la licuefacción (Almeida-Trasvina & Smith, 2023), análisis del bloqueo de las tuberías frías (Sun et al., 2017) y bloqueos en intercambiadores de calor (Wu et al., 2018), entre otros. Además hacen análisis económicos y de desempeño técnico del proceso de GNL (Zhang et al., 2020), (Atienza-Márquez et al., 2020), (Lin et al., 2010), (Qyyum et al., 2018) y (Rioux et al., 2019). Como se mencionó anteriormente, la mayoría de la información más reciente tiende de las investigaciones esta enfocada primariamente en la sostenibilidad y cuidados del medio ambiente.

Por ejemplo, Anthony Foretich y colaboradores (Foretich et al., 2021) hacen un análisis de combustibles alternativos empleados en el sector marítimo, incluyendo el GNL. Otros investigadores enfocan las investigaciones referentes a las emisiones, por ejemplo de metano en la planta de GNL (Cooper et al., 2021), las emisiones y control de nitrógeno (Qyyum et al., 2019) y la recuperación de líquidos de GNL (Ghorbani et al., 2016).

De manera resumida, la figura 3 muestra el proceso de licuefacción del gas natural, desde la entrada del crudo hasta la conversión en estado líquido.

3.2 Remoción de gas ácido

El gas natural proveniente de pozo puede contener componentes que afecten su calidad y propiedades, por lo tanto, se hace necesaria una etapa inicial de remoción de gases ácidos (H_2S , CO_2 , Mercaptanos, etc.) para evitar la corrosión de los sistemas de procesamiento del gas natural y evitar una disminución en la calidad de este. Se les llama gases ácidos, porque en presencia de agua forman ácidos.

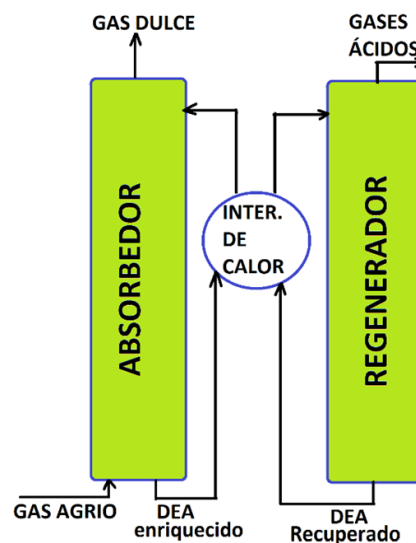


Figura 3. Proceso de remoción de los gases ácidos.
Modificado de (Sierra & Fajardo, 2011)
Fuente: Elaboración propia.



Los gases ácidos no pueden ser emitidos a la atmosfera por diversas razones, entre ellas, por legislación ambiental, buenas prácticas de manufactura, costo relativo de los equipos empleados para la remoción de estos componentes, etc. Por lo cual, según la cantidad recuperada de estos compuestos y la proporción relativa de los mismos en el gas natural, deben ser considerados como materia prima para productos terciarios en el procesamiento principal (Sierra & Fajardo, 2011). Tales productos van desde la recuperación de Azufre, purificación de CO₂, hasta el acople de otras plantas de procesamiento químico conjuntas a la planta de gas natural, tales como ácido sulfúrico, Urea, carbamida, etc. La figura 3 muestra el proceso de remoción de los gases ácidos, se puede notar que usan el Dietanolamina (DEA).

3.3 Deshidratación

La remoción de agua o deshidratación es importante para la prevención de la solidificación del agua durante la licuefacción, esto evitará obstrucción en las líneas de conducción de GNL. Además, evita la corrosión.

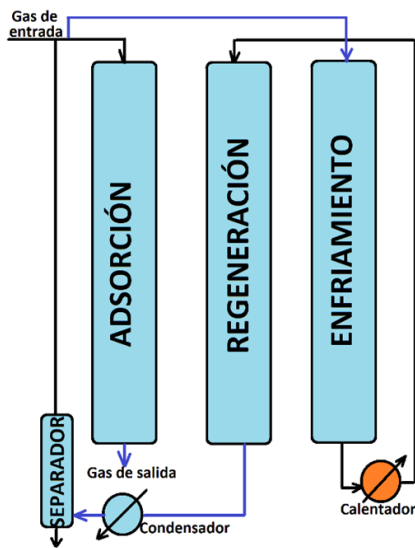


Figura 4. Proceso de extracción del agua (deshidratación).
Modificado de (Sierra & Fajardo, 2011).
Fuente: Elaboración propia.

Lo restrictivo de las especificaciones requeridas para el agua hace que uno de los procesos más usados sea secar mediante adsorción empleando desecadores sólidos. Diversos métodos se han desarrollado a escala industrial para la deshidratación de gases; los tres métodos mayormente usados son: 1) enfriamiento directo, 2) adsorción y 3) absorción.

Los desecantes usados en el proceso de adsorción son comúnmente, tamices moleculares (zeolitas), sílica gel y bauxita. Para la absorción, los desecantes más usados son glicoles de dietileno y trietileno. Usualmente, el ciclo de extracción por absorción se emplea para remover grandes cantidades de agua, mientras que el de adsorción se emplea para sistemas criogénicos, a fin de alcanzar bajos contenidos de humedad. La figura 4 presenta un esquema representativo del proceso de deshidratación.

3.4 Remoción de mercurio

El mercurio (Hg) es otro elemento que debe eliminarse, ya que produce la rápida y severa corrosión del aluminio, material que habitualmente se emplea en los intercambiadores criogénicos, por sus buenas propiedades mecánicas a baja temperatura, sobre todo en equipos de transferencia de calor o transferencia de masa construidos en aluminio.

Especie química	Fracción molar GNL
CH ₄	85-97 %
C ₂ H ₆	< 4 %
C ₃ H ₈ , n-C ₄ H ₁₀	< 2 %
C ₅ H ₁₂ , C ₆ H ₁₄	< 0.02 %
H ₂ O	< 0.1 ppm
CO ₂	< 50 ppm
H ₂ S	< 1 ppm
Hg	< 1 ppm

Tabla 1. Concentraciones promedio permitidas de GNL.
Modificado de (Restrepo et al., 2021)
Fuente: Elaboración propia.

El mercurio se elimina haciendo circular el gas natural a través de un lecho de adsorbente sólido, el cual fija el mercurio. La adsorción se realiza habitualmente mediante compuestos de azufre depositados en alúmina o carbón activado. Actualmente, el adsorbente saturado de mercurio no puede ser regenerado en la planta, por lo que el material gastado debe ser reemplazado por material nuevo.



Después del proceso de remoción del mercurio, el GNL deberá cumplir con las concentraciones permitidas para luego pasar a la etapa de extracción del GNL, estas cantidades se pueden visualizar en la tabla 1.

3.5 Extracción de GLP

Los gases licuados del petróleo (GLP, como el propano/butano) se deben extraer para obtener un GNL más limpio y puro. El GLP extraído también puede venderse como materia prima química para transporte y combustible donde exista un mercado local.

El proceso de extracción es muy sencillo, en el cual se usa una columna de destilación simple para una remoción moderada.

El proceso de remoción de GLP depende de factores como la composición del gas, la capacidad disponible y el nivel de remoción (composición final del GNL) requerido (Bp & International Gas Union, 2011).

3.6 Licuefacción

Luego de la remoción de la mayoría de los contaminantes e hidrocarburos pesados del gas de alimentación, el gas natural avanza dentro de la instalación para someterse al proceso de licuefacción.

El gas natural que se convierte a su forma licuada es casi en su totalidad metano en este punto. Para obtener la máxima reducción de volumen, el gas debe licuarse mediante la aplicación de tecnología de refrigeración que hace posible enfriar el gas hasta aproximadamente -162°C (-256°F) cuando se convierte en líquido.

En ese momento, el GNL es un líquido no corrosivo, transparente e incoloro como el agua, pero que pesa aproximadamente la mitad que el mismo volumen de agua. Un volumen de GNL equivale aproximadamente a 600 volúmenes de gas natural a temperatura estándar ($15,6^{\circ}\text{C}/60^{\circ}\text{F}$) y presión atmosférica.

Dicho de otra manera, la forma líquida ocupa un volumen 600 veces menor que la misma cantidad de gas natural. Es esta proporción de líquido a gas lo que hace que el GNL sea económicamente atractivo para el transporte a granel por barco o camión.

Los ciclos más importantes que se emplean en el proceso de licuefacción del GN son. El de cascada, refrigerante mixto y expansión.

3.6.1 Ciclo de refrigeración en cascada

En este proceso se emplean múltiples subciclos de refrigeración que son controlados de manera independiente. En cada uno de los circuitos, el refrigerante se evapora a diferentes condiciones de temperatura y presión. Este tipo de técnicas se emplean principalmente en plantas con grandes capacidades de producción, por lo que demandan altos costos de inversión, pero presentan bajos riesgos técnicos. Su operación cuenta con limitaciones importantes a bajas tasas de producción y su flexibilidad no es suficiente para atender variaciones en la composición del GN. En la figura 5 se puede observar varios ciclos de licuefacción, por lo que se le llama en “cascada”.

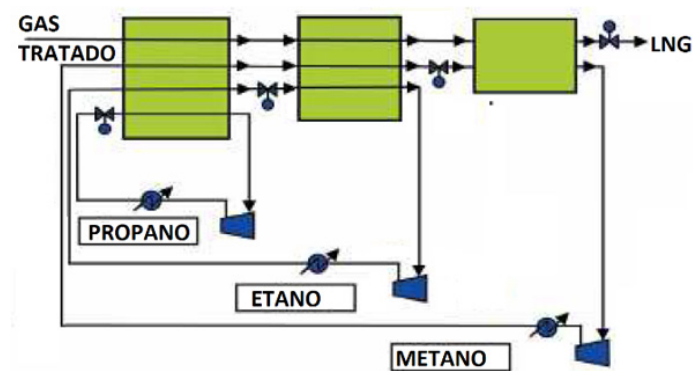


Figura 5. Proceso en cascada Phillips. Modificado de (Adaze, 2019).
Fuente: Elaboración propia.

3.6.2 Ciclo de refrigeración de refrigerante mixto.

El ciclo de refrigerante mixto (MR) involucra el enfriamiento continuo de una corriente de gas natural usando una mezcla cuidadosamente seleccionada de refrigerantes (usualmente una mezcla de hidrocarburos livianos y nitrógeno) que puede imitar la curva de enfriamiento del gas natural desde temperatura ambiente a temperatura criogénica, para que se pueda optimizar el uso de energía y el tamaño de los intercambiadores de calor.

En comparación con el proceso de tecnología en cascada, las ventajas del proceso de refrigerante mixto son una mayor proximidad a la temperatura operativa de los intercambiadores de calor; menor número de compresores y servicios de intercambiadores de calor; y su capacidad para ajustar las composiciones de refrigerante para adaptarse a los cambios en la composición del gas, el rendimiento del gas de alimentación y la presión operativa de la planta.



Por otro lado, un solo ciclo MR generalmente tiene una eficiencia térmica más baja que el ciclo en cascada más complejo porque una sola composición de refrigerante mixto no puede adaptarse de manera óptima al amplio rango de temperaturas de enfriamiento en la licuefacción del gas natural. El proceso de refrigeración también tarda más en iniciarse y alinearse debido a la necesidad de una combinación precisa de la mezcla de refrigerante. Esta es una consideración importante en un entorno en el que se esperan arranques y paradas frecuentes que requerirían un ajuste frecuente de la composición del refrigerante. El concepto MR se ha aplicado en varios procesos de licuefacción diseños de plantas (Restrepo et al., 2021).

3.6.3 Ciclo de expansión de gas

Los procesos de licuefacción de gas basados en expansión utilizan turbo expansores para producir el refrigerante para la licuefacción. El ciclo de refrigeración del turbo expansor funciona comprimiendo y expandiendo un fluido para generar refrigeración. El ciclo de expansión se ha mejorado mucho debido a los avances en los turbo expansores de alta eficiencia (típicamente más del 85%).

El proceso se puede configurar como diseños de turbo expansor simples, dobles o múltiples que pueden ser impulsados por motores eléctricos o de gas. Las curvas de calor de los procesos de licuefacción del expansor tienen una diferencia de temperatura relativamente grande entre el refrigerante y el gas refrigerante, típicamente en el extremo cálido de la curva de enfriamiento del gas natural. El refrigerante, ya sea nitrógeno o metano, es un componente volátil liviano que es un mejor refrigerante para el enfriamiento a baja temperatura en lugar del rango de alta temperatura al comienzo del enfriamiento del gas, especialmente cuando el gas de alimentación contiene cantidades significativas de componentes C3+.

Ciclo de refrigeración	Consumo de energía (kWh/kg GNL)
Cascada	0.35
Refrigerante mixto con etapa simple	0.44
Refrigerante mixto multietapa	0.37
Expansión simple	0.70
Expansión simple con preenfriamiento de propano	0.60
Doble expansión	0.60

Tabla 2. Consumo de energía de los ciclos de licuefacción. Modificado de (Restrepo et al., 2021)
Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 resume los diferentes procesos de licuefacción, pero, además. Presenta un análisis comparativo de los consumos de energía entre los diferentes procesos.

Notamos que la opción más económica es el proceso de cascada, y en el que se tiene que invertir más en el tiempo, es el proceso de expansión simple.

4. CONCLUSIONES Y/O DISCUSIONES

Se explicó el proceso de licuefacción del gas natural, en donde se eliminan las impurezas y elementos que pueden interferir en dicho proceso. Se puede decir que es un proceso limpio y amigable con el ambiente.

El gas crudo inicialmente ingresa al sistema y sufre el proceso de eliminación de gases ácidos, seguido por el de deshidratación y eliminación de mercurio. Con esta etapa de “limpieza” del GN, para al proceso de licuado.

Pero la etapa más importante de este proceso es propiamente la licuefacción del GN, en donde se pueden emplear ciclos en cascada, ciclo de refrigeración del refrigerante mixto y ciclos de expansión del gas, siendo el más económico en consumo de energía, el de cascada.

6. REFERENCIAS

Adaze, E. vanessa. (2019). *A comparative study of Philips optimized cascade APCI propane pre-cooled mixed refrigerant LNG liquefaction process.*

Almeida-Trasvina, F., & Smith, R. (2023). *Design and optimisation of novel cascade mixed refrigerant cycles for LNG production – Part II: Novel cascade configurations.* *Energy*, 266(May 2022), 126404. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126404>

Atienza-Márquez, A., Ayou, D. S., Bruno, J. C., & Coronas, A. (2020). *Energy polygeneration systems based on LNG-regasification: Comprehensive overview and techno-economic feasibility.* *Thermal Science and Engineering Progress*, 20(February), 100677. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100677>



- Bp, & International Gas Union. (2011). *Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality*. Secretary, 6, 154. [http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality](http://www.igu.org/sites/default/files/node-page-field_file/Guidebook%20to%20Gas%20Interchangeability%20and%20Gas%20Quality%2023Aug10.pdf), August 2011.pdf%5Cn[http://www.igu.org/igu-publications-2010/Guidebook to Gas Interchangeability and Gas Quality 23Aug10.pdf](http://www.igu.org/igu-publications-2010/Guidebook%20to%20Gas%20Interchangeability%20and%20Gas%20Quality%2023Aug10.pdf)
- Cooper, J., Balcombe, P., & Hawkes, A. (2021). The quantification of methane emissions and assessment of emissions data for the largest natural gas supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 320(October 2020), 128856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128856>
- Foretich, A., Zaimes, G. G., Hawkins, T. R., & Newes, E. (2021). Challenges and opportunities for alternative fuels in the maritime sector. *Maritime Transport Research*, 2(August), 100033. <https://doi.org/10.1016/j.martra.2021.100033>
- Ghorbani, B., Hamed, M. H., & Amidpour, M. (2016). Development and optimization of an integrated process configuration for natural gas liquefaction (LNG) and natural gas liquids (NGL) recovery with a nitrogen rejection unit (NRU). *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 34, 590–603. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2016.07.037>
- Lin, W., Zhang, N., & Gu, A. (2010). LNG (liquefied natural gas): A necessary part in China's future energy infrastructure. *Energy*, 35(11), 4383–4391. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.04.036>
- ONU. (2015). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Qyyum, M. A., Long, N. V. D., Minh, L. Q., & Lee, M. (2018). Design optimization of single mixed refrigerant LNG process using a hybrid modified coordinate descent algorithm. *Cryogenics*, 89(December 2017), 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2017.12.005>
- Qyyum, M. A., Qadeer, K., Minh, L. Q., Haider, J., & Lee, M. (2019). Nitrogen self-recuperation expansion-based process for offshore coproduction of liquefied natural gas, liquefied petroleum gas, and pentane plus. *Applied Energy*, 235(October 2018), 247–257. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.127>
- Restrepo, A., Saldarriaga Cortés, C. A., Salazar Isaza, H., López Restrepo, J. C., & Tibaquirá Giraldo, J. E. (2021). *Gas Natural Licuado: Una opción para la transición energética en Colombia*. In *Gas Natural Licuado: Una opción para la transición energética en Colombia*. <https://doi.org/10.22517/9789587225921>
- Rioux, B., Galkin, P., Murphy, F., Feijoo, F., Pierru, A., Malov, A., Li, Y., & Wu, K. (2019). The economic impact of price controls on China's natural gas supply chain. *Energy Economics*, 80(2019), 394–410. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.12.026>
- Sierra, F., & Fajardo, G. (2011). *Licuefacción Del Gas Natural: Una importante alternativa energética* (U. N. Asociación de Ingenieros Mecánicos de la AIMUN (ed.); Primera, Issue March). Universidad Nacional de Colombia.
- Sun, C., Li, Y., Han, H., Zhu, J., & Wang, Y. (2017). Sensibility Analysis of Pre-cooling Cold Box Pipeline Blockage in DMR Liquefaction Process. *Energy Procedia*, 142, 3276–3281. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.457>
- Wu, J., He, T., & Ju, Y. (2018). Experimental study on CO2 frosting and clogging in a brazed plate heat exchanger for natural gas liquefaction process. *Cryogenics*, 91(June 2017), 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2018.03.001>
- Zhang, J., Meerman, H., Benders, R., & Faaij, A. (2020). Comprehensive review of current natural gas liquefaction processes on technical and economic performance. *Applied Thermal Engineering*, 166(August 2019), 114736. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114736>