

IMPLEMENTACIÓN DE FACHADAS PURIFICADORAS DE  
AIRE Y AGUA EN UN EDIFICIO INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

JUAN ESTEBAN ZULETA AGUDELO  
JEFERSON ALEXANDER GÓMEZ SERNA



UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA  
MEDELLÍN

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA MEDELLÍN

FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

ARQUITECTURA

MEDELLÍN

2017

IMPLEMENTACIÓN DE FACHADAS PURIFICADORAS DE  
AIRE Y AGUA EN UN EDIFICIO INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

JUAN ESTEBAN ZULETA AGUDELO  
JEFERSON ALEXANDER GÓMEZ SERNA

Trabajo de grado presentado para optar al título de Arquitecto

Asesor: Leonardo Correa, Arq.



UNIVERSIDAD DE  
SAN BUENAVENTURA  
MEDELLÍN

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA MEDELLÍN

FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

ARQUITECTURA

MEDELLÍN

2017

## Tabla de Contenido

Resumen .....	5
Introducción .....	7
1. Planteamiento del Problema.....	9
2. Justificación.....	10
3. Objetivos .....	14
3.1. Objetivo General .....	14
3.2. Objetivos Específicos.....	14
4. Marco Teórico.....	15
5. Metodología .....	19
6. Casos de estudio.....	22
6.1. Fachada - canevaflor. Hidrosym: Celdas metálicas ensambladas - modulación.....	22
6.2. Student Wall Competición 2010 Stanislaw Mlynski – fachada modulación.....	24
6.3. Hábitat 6/ IGEO (Instituto de Investigación en Diseño y Georreferenciación) Universidad de Morón .....	27
6.4. Membrana purificadora de agua. Desinfección de agua por paneles solares.....	28
6.5. Membrana purificadora de agua. Membrana autorregulable para regiones tropicales .....	30
7. Aplicación proyectual .....	32
7.1. Exigencias y respuestas OMS (NB1).....	32
7.2. Características de diseño (NB1) según la OMS .....	33
7.3. Aplicabilidad al proyecto (NB1).....	33
7.4. Exigencias y respuestas CDC (NB1) .....	34
7.5. Características de diseño (NB2) según la OMS .....	36
8. Conclusiones y resultados .....	38
Referencias .....	41

## Lista de Figuras

Figura 1. Detalle tipología de fachada (1).....	22
Figura 2. Detalles tipología de fachada (2).....	23
Figura 3. Detalle tipología de fachada (3).....	24
Figura 4. Esquema concepto fachada.....	25
Figura 5. Relación escala humana vs módulo.....	26
Figura 6. Esquema recolección y gestión de aguas.....	26
Figura 7. Esquema recolección y gestión de aguas.....	27
Figura 8. Membrana purificadora de agua.....	29
Figura 9. Desarrollo de la tecnología.....	29
Figura 10. Autorregulación de material.....	30
Figura 11. Absorción de masa térmica.....	31
Figura 12. Laboratorio típico del nivel de bioseguridad 1.....	32
Figura 13. Planta de detalle laboratorio nivel de bioseguridad 1.....	34
Figura 14. Laboratorio típico del nivel de bioseguridad 2.....	36
Figura 15. Cuadro comparativo de fachadas modelo.....	38

## Resumen

A partir del crecimiento urbano dentro del Valle de Aburrá se generan algunas consecuencias sobre la estructura natural del territorio, tanto a nivel metropolitano como de ciudad, en torno a este indicio proyectual se analiza el área de estudio: Aeropuerto Olaya Herrera y sus inmediaciones. En el análisis se estudiaron las distintas capas que componen el territorio (Fisicoespacial, Sociocultural, Socioeconómico y Ambiental) que nos permitieron arrojar conclusiones entendiendo las principales consecuencias de tener un aeropuerto inmerso en la trama urbana, entre estas se destaca la gran barrera social, fisicoespacial y natural que sugiere el vacío aeroportuario. Uno de estos escenarios es el ámbito biotecnológico, dentro del cual el edificio emplazado en un punto de intersección entre estrategia longitudinal (Eje de la memoria), estrategia transversal (permeabilidad peatonal, natural y de movilidad multimodal) responderá al entorno generando con sus líneas formales la intención de mezclarse con la ciudad y traerla a su interior tanto natural como socialmente. La arquitectura de esta intervención buscara ser el escenario para promover y enseñar la naturaleza en un sentido tecnológico, examinando como la ciencia representada en un edificio, puede ser un motor de transformación socio espacial para un sector determinado de la ciudad. En el desarrollo proyectual del edificio se seleccionan como tema a profundizar la implementación de una tipología de fachada verde, purificadora de aire y agua de acuerdo a un estudio que se realiza sobre distintos prototipos de fachadas verdes ya existentes, contribuyendo así al ambiente recreado en los laboratorios relacionados a estas.

**Palabras clave:** Autorregulación, Purificación, Articulación urbana, Bioseguridad, Tecnología.

## Abstract

From the urban growth within the Valle of Aburrá some consequences are generated on the natural structure of the territory, both at the metropolitan and city levels, around this projective point the study area is analyzed: Olaya Herrera Airport and its environs. In the analysis we studied the different layers that make up the territory (Physical, Socioeconomic and Environmental) that allowed us to draw conclusions by understanding the main consequences of having an airport immersed in the urban network, among which the great social, physical and spatial barrier And natural that suggests the airport void. One of these scenarios is the biotechnological field, in which the building located at a point of intersection between longitudinal strategy (memory axis), transversal strategy (pedestrian permeability, natural and multimodal mobility) will respond to the environment generating with its formal lines The intention of mixing with the city and bringing it to its interior both natural and social. The architecture of this intervention will seek to be the stage to promote and teach nature in a technological sense, examining how the science represented in a building can be an engine of socio-spatial transformation for a particular sector of the city. In the project development of the building are selected as a topic to deepen the implementation of a typology of green facade, purifying air and water according to a study that is performed on different prototypes of existing green facades, thus contributing to the environment recreated in the Laboratories related to these.

**Keywords:** Self-regulation, Purification, Urban articulation, Biosafety, Technology.

## Introducción

Con la oportunidad de intervenir la huella espacial del aeropuerto Olaya Herrera en Medellín se trató en la elaboración de una propuesta académica que aborda varias escalas, en las cuales se eligió un polígono de intervención en el cual se desarrolló un edificio de biotecnología y a medida que avanzaba la investigación dado el enfoque proyectual que se determinó sobre la continuidad biótica y la piel del edificio, se llegó al resultado de una fachada verde (purificadora de aire y agua). Las características generales del polígono se encuentran definidas en gran medida por la temprana implantación del aeropuerto en la ciudad, este trajo consigo la ocupación de una de las áreas más planas de la ciudad y posteriormente un fragmentación a modo de cicatriz en el territorio cuando la ciudad empezó a ocupar los bordes del vacío aeroportuario. La ocupación física que se hizo alrededor del aeropuerto se dio en gran medida por zonas industriales que ocuparon y siguen ocupando grandes extensiones de manzana y también por zonas residenciales de muy baja densidad, esta construcción horizontal de la ciudad hizo uso extensivo del suelo, dejando muy pocas zonas libres y espacios públicos para la urbe que se traducen en zonas y vacíos interbarriales fragmentados sin establecer un red de espacios públicos que garanticen mejor encuentro ciudadano.

El vacío generado por el aeropuerto sumado a la ocupación urbana han interrumpido la continuidad biótica entre la parte alta del valle (laderas) y río aburra, factor que ha creado un gran barrera para la continuidad biótica y el equilibrio ambiental, repercutiendo fuertemente en la calidad del aire y del espacio habitable, directamente relacionado con la buena salud de los ciudadanos. Cabe mencionar que el aeropuerto no solo es un gran condicionante para la continuidad biótica sino también para la continuidad peatonal y por ende de las relaciones que se pueden presentar entre colectividades, de este modo quedan relegados los espacios públicos existentes a servir a zonas muy pequeñas y con baja conexión entre ellas. La investigación se centra en cómo se pueden tejer territorios a partir de la transformación del espacio, en este caso la utopía que trabajamos busca la re naturalización del el vacío ocupado por las pistas de aterrizaje con el fin de brindar soluciones que puedan detonar nuevas relaciones interbarriales a lado y lado del aeropuerto, para esto se toman algunos bordes del el vacío en mención, que sirven como polígonos de respuesta a los equipamientos y los nuevos usos que se proponen dentro del nuevo parque, además de esto territorialmente se plantean ejes longitudinales y transversales que cruzan el vacío en mención para

hacer posibles la libre circulación peatonal al paso que se involucra y se lleva la naturaleza que se tiene en el entorno al aeropuerto.

Específicamente y a medida que se desarrolla una propuesta escalar en el que se desarrolla un edificio de biotecnología en lo que sería hoy en día el aeropuerto Olaya Herrera, se identifica una oportunidad de contribuir a la continuidad biótica y mitigar las cargas ambientales negativas que generan las edificaciones, por medio de fachadas purificadoras de aire (fachadas verdes), para el desarrollo de un prototipo de fachada se realizaron algunos estudios de caso de las tipologías y métodos de fijación de los módulos ya existentes en otros proyectos alrededor del mundo como por ejemplo la fachada verde CANEVAFLOR y la disposición de las piezas como la fachada de “Studen Wall competition 2.010 – Stanislaw Mlynski”. Determinando cual es la implementación de fachada verde adecuada para los espacios de laboratorio y aprendizaje que se desarrollan en el edificio.

## 1. Planteamiento del Problema

Frente al territorio estudiado se parte del Aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín, como un lugar re naturalizado a través de una propuesta utópica en la cual predominan aspectos ambientales y paisajísticos que tejen con nuevas dinámicas la vocación del sector, en una ciudad de servicios como Medellín. El aeropuerto como cicatriz urbana se presenta como un potencial receptor de actividades científicas, aspecto que es muy importante y que puede dar gran desarrollo a la ciudad de Medellín, de allí se identifica el siguiente cuestionamiento desde la Utopía:

¿Qué intervención arquitectónica se puede implementar sobre las edificaciones de un clima templado como el que se presenta en la ciudad de Medellín, para contribuir a la continuidad biótica, mitigación del cambio climático y que contribuya en la experiencia de confort de los usuarios dentro de las edificaciones propuestas en el actual aeropuerto Olaya Herrera?

Como premisa para abordar este cuestionamiento se parte del aeropuerto como cicatriz urbana, en la que se presenta la carencia de una articulación natural en el polígono de estudio y del potencial que tienen las pieles de los edificios para generar dicha articulación, para tal efecto y en síntesis el problema proyectual se centrara, en la manera en, como una intervención arquitectónica puntual sobre las fachadas de las edificaciones puede ser un detonante sociocultural.

## 2. Justificación

El desarrollo económico, social, tecnológico y agroindustrial al que se somete el planeta, detonan un impacto ambiental negativo, altamente contaminante debido a la concentración de gases, producción de residuos sólidos y orgánicos, así también de otros factores tales como el vertimiento de sustancias químicas en las fuentes hídricas, ocasionadas en gran medida por el trabajo industrial, tal como la industria el sector de la construcción tiene una responsabilidad no menor a esta, ejerciendo cargas ambientales nocivas sobre su territorio.

La degradación de los recursos naturales se puede ver afectada por diversos factores que reflejan la realidad humana y que según “Manfred Neef es el estado actual del mundo, donde existe una convergencia entre,-El cambio climático inducido - El fin de la energía barata - La burbuja especulativa - La disminución de recursos fundamentales como el agua, bosques, suelos, entre otros” (Max-Neef, 2009). Todos los factores anteriores son el resultado del crecimiento desmesurado de los asentamientos humanos conllevando a un uso irracional de sus recursos naturales ligados a la “promoción del consumismo” siendo este parte de los mayores efectos nocivos en el planeta y que trata no solo los temas ambientales, al ejercer presión sobre la construcción sobre su producción, sino también trascendiendo en temas sociales, económicos y políticos, donde las corporaciones buscando un bien particular deshacen y pasan por encima de culturas en países ajenos a ellas, imponiendo sus modelos económicos, garantizando así su permanencia en el mercado.

El control y uso razonable de los recursos naturales es una necesidad que se viene fortaleciendo en la actualidad, debido a los cambios negativos que presenta la tierra. Manfred habla sobre algunas claves fundamentales para superar estas angustiosas situaciones, estas son: - La superación de la codicia - la acumulación innecesaria – La solidaridad y volver a mirar hacia adentro. Aunque las define también como imposibles de lograr, se nos dan palabras esperanzadoras, como el cambio que cada uno de nosotros puede lograr ya sea como individuos o formando parte de un colectivo que busca el bien en general. Aún existe la oportunidad de tomar conciencia y generar buenas prácticas ambientales y culturales que no degrade nuestro entorno.

Dichas prácticas se pueden traducir en la implementación de tecnologías que ayuden a ahorrar energía para purificar y sanar el territorio que contribuyan a lograr una efectiva reutilización de los recursos naturales. Por esto desde la propuesta urbana planteada en el aeropuerto Olaya Herrera en la ciudad de Medellín se plantean edificaciones sanadoras soportadas en la ciencia y la tecnología, permitiendo que la ciudad logre una participación mucho más fuerte de escenarios que propician el mejoramiento de vida de los habitantes.

Es importante que la ciudad desarrolle más escenarios a nivel de ciencia y tecnología, porque actualmente se generan desarrollos significativos en estas áreas que se presentan como factores diferenciadores en el crecimiento íntegro de las ciudades. Algunos datos estadísticos demuestran que Medellín requiere potenciar escenarios para la educación y la investigación. Según la Asociación Nacional de Instituciones Financieras (ANIF) ([link](#)), “Colombia se viene desindustrializando desde 1975 debido al bajo valor agregado de las materias primas. Hace tres décadas la producción industrial contribuía con el 24 por ciento del PIB mientras que para el período 2012-2020, si la tendencia sigue igual, esa contribución estaría entre 9 y 12 por ciento. Este efecto se ve reflejado directamente en la disminución del empleo”. El crecimiento sostenible de Colombia y su desarrollo económico y social se puede lograr si tenemos una industria competitiva y particularmente innovadora. Para alcanzar este tipo de industria es necesario fortalecer las capacidades de generación de nuevo conocimiento, condición necesaria para la innovación, la cual a su vez nos abrirá el camino para competir globalmente con productos y servicios de alto valor agregado.

Al ser esta una propuesta que le apunta primordialmente al mejoramiento integral de las condiciones de vida de los habitantes no solo del lugar sino también de la ciudad, a partir de estrategias de intervención que resaltan en todo momento la importancia de los estructuran tés naturales y sus recursos naturales que estos proveen. La convierte en un aporte positivo para las proyecciones urbanas y arquitectónicas que se diseñan en torno a la sostenibilidad urbana y el habitar del ser humano en el territorio, para reducir el impacto en el medio ambiente que este genera en el planeta.

Como planteamiento de una posible incursión de Colombia en una economía que cada vez toma más fuerza a nivel global, dentro de las edificaciones propuestas se cuenta con un centro biotecnológico con el que se pretende tratar los temas mencionados en una escala aun mayor del producto final pero que repercute también en el mismo, todo esto apuntando a que en el país ya se empieza a hablar del tema, según PROCOLOMBIA (portal oficial de inversión de Colombia) “Para el 2032, Colombia busca ser reconocida como líder en el desarrollo, producción, comercialización y exportación de productos de alto valor agregado derivados del uso sostenible de la biodiversidad” . Lo que puede conllevar a que Medellín se torne participe de esta economía a la que le apunta la nación, aprovechándose de la huella que dejara el Aeropuerto Olaya Herrera para la dinamización económica de la región entorno a la sostenibilidad, desde la biotecnología. Brindando la posibilidad de que Colombia se especialice en otros cultivos biotecnológicos o cultivos transgénicos fuera de los que cosecha hoy.

A nivel mundial la biotecnología, y la investigación relacionada con la generación de alimentos transgénicos, se han vuelto importantes por el aumento poblacional de distintas zonas del mundo y la necesidad de abastecimiento alimenticio de estos. Según AGRO - BIO (Asociación de Biotecnología vegetal Agrícola), Colombia ocupa el puesto número 18 en países que comercializan productos biotecnológicos con 0.05 millones de ha (hectáreas) sembradas de algodón y clavel, que pueden verse aumentadas y diversificadas con los nuevos hallazgos que propicien las investigaciones desarrolladas en el nuevo parque científico de Medellín, beneficiándose económicamente de la falta de estos cultivos que se ven en los demás países, como en Asia y África que no cuentan con esta producción de alimentos derivados de la biotecnología, precisamente siendo estos los países con mayor población y mayor necesidad de comestibles.

En una escala mucho más detallada y acoplada al centro biotecnológico se plantea la incorporación de módulos de fachadas verdes purificadoras de aire y agua que contribuyen con esta incursión en la innovación desde las tecnologías ecológicas y la arquitectura a la articulación natural y mitigación del cambio climático donde se pretende abordar un tema social de sanación de la edificación como detonante sociocultural. Volviendo esto módulos de fachadas purificadoras replicables en cualquier tipo de edificación sin importar sus usos y destinos empleados por el ser humano se pretende impactar positivamente en un ámbito sociocultural donde se generan

beneficios ambientales y energéticos en las construcciones. Este tipo de módulos son propicios para la racionalización de alimentos vegetales en los hogares al poderse variar técnicamente. Con las oportunidades que se presentan en cuanto a variaciones y usos de los módulos de fachadas verdes se dispone a dar respuesta a problemas de hábitat y mejoramiento de las condiciones de confort de la sociedad emplazada específicamente en el trópico donde la variedad de plantas no solo ornamentales si no también comestibles y el nuevo producto transgénico pueden aprovecharse por sus condiciones climáticas y de suelo.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Implementar un prototipo de fachada purificadora de aire y agua para edificaciones en climas tropicales aplicable a una edificación de tipo institucional (científico) en la ciudad de Medellín.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Levantar documentación relacionada con las fachadas purificadoras de aire y agua en otros contextos similares a la ciudad de Medellín, donde se estudiaran la variabilidad de usos y fijación del mismo.
- Estudiar el aprovechamiento de las condiciones climáticas en la ciudad de Medellín para optimizar y adaptar el funcionamiento lumínico, solar y térmico en las fachadas de los laboratorios a diferentes condiciones.
- Verificar el funcionamiento de los elementos compositivos y constructivos para un edificio de biotecnología

#### 4. Marco Teórico

El aumento de la conciencia por la protección del medio ambiente viene en consecuencia del reconocimiento de las afectaciones que los elementos o las infraestructuras producidas por el hombre causan sobre el territorio o el lugar inmediatamente cercano en donde se desarrolla o donde quedan implantadas. Este entendimiento genera el reconocimiento de los profesionales y diseñadores involucrados en el gremio de la arquitectura para lograr un encuentro equilibrado entre las actividades que se desarrollan en un edificio y el entorno que los acoge, ya sea natural o artificial. De esta manera el diseño y la construcción se han centrado en los últimos años en el interés por hacer energéticamente eficiente lo que se diseña y lo que se construye, con el fin de reducir las emisiones contaminantes que se dan en el proceso de acondicionamiento de un espacio para el uso humano.

En este proceso, la implementación y diseño de pieles vegetales que cubren los edificios (jardines verticales, techos verdes) adquieren un carácter especial por la capacidad estética, técnica y espacial para garantizar un equilibrio natural y artificial entre el edificio y su entorno. El concepto de equilibrio entre los factores internos y externos de un edificio es muy bien desglosado por Gernot Minke en su libro techos verdes argumentando que los sistemas de techos y fachadas verdes: “En las zonas de climas fríos calientan, puesto que almacenan el calor de los ambientes interiores; y en los climas cálidos enfrían, ya que mantienen aislados los espacios interiores de las altas temperaturas del exterior. En los techos o fachadas, la vegetación junto con la tierra moderan extraordinariamente las variaciones de temperatura”. En los conceptos planteados por Minke la piel de un edificio puede asemejarse al vestuario de una persona en el sentido de que cuando un individuo busca compensar la temperatura de su cuerpo vs la del entorno que habita, su atuendo le puede brindar la protección necesaria para enfrentarse a climas a veces extremos o a temperaturas bastante cálidas. La piel o fachada de los edificios deberían cumplir analógicamente con estas características pero de una manera más colectiva y permanente ya que no solo cubren el edificio sino que también se le atribuyen otras funciones que pueden suplir las demandas internas y de funcionamiento del edificio como por ejemplo: la purificación del aire viciado que sale de su interior o la limpieza de aguas en descomposición a partir de la exposición de estas a la radiación solar.

Según Ángela Díaz Botero magister en hábitat sustentable y eficiencia energética lo ideal para la piel de un edificio es:

Que las edificaciones tuvieran las mismas posibilidades de protección cambiante ante las variables del clima del lugar de asentamiento de la construcción, tal y como ocurre con la ropa que se utiliza a lo largo del año y que demuestra qué es lo que hace falta para alcanzar el confort, por lo que se compensa a través de esta. Sin embargo, la visión que prima en la arquitectura es la de diseñar las edificaciones a partir del momento más extremo o incomodo del año, para a partir de ahí crear soluciones que minimizan este impacto, aun cuando en otro momento se puedan presentar incomodidades que hacen necesario la utilización de complementos, ya sea para enfriar, calentar o ventilar para lograr una óptima habitabilidad (Díaz, 2013).

La implementación de sistemas de fachada versátiles para el edificio que no solo estén diseñados desde momentos especiales del año con condiciones climáticas particulares se convierte en una posibilidad para explorar la modulación entre paneles fijos y densos con vegetación, vs paneles ligeros que permitan restar o adicionar, ya sea iluminación o ventilación dependiendo de la condición climática del año y en casos muy singulares, del día. Lo que significa esto es que no se asume las condiciones ambientales del edificio como una cuestión que afecta negativamente el edificio sino más bien como un factor del cual se pueda beneficiar aprovechándose de esto en la medida que la función interna y externa de la obra lo permita. En resumidas palabras lo que representa esto es una elevada cantidad y calidad de interacción entre la nueva construcción y su entorno. El concepto de interacción, fachada – entorno es apoyado por Andrea Pérez Mejía en su tesis para obtener especialización en ingeniería de la construcción en la universidad de Medellín, planteando lo siguiente:

Dos situaciones relacionadas con el cerramiento exterior de las edificaciones, la primera la concepción de la fachada como el limite tajante entre exterior e interior que genera hermeticidad, ambientes interiores artificiales y la negación absoluta de

la realidad exterior; La segunda es la membrana interactiva que establece interacción entre las condiciones exteriores e interiores y logra mediar entre ambas hasta lograr un equilibrio (Pérez, 2013).

Lo trascendental de que exista una interacción de las fachadas de un edificio con su ambiente exterior es que no involucra necesariamente la delimitación del interior con respecto al entorno si no que plantea la posibilidad de que la piel funcione como una transición para lograr una simbiosis entre la construcción y su entorno. Las investigaciones encontradas y que se han generado a partir del análisis de las relaciones existentes entre interior y exterior de edificios proponen el uso de materiales para la construcción que desempeñen y cumplan características de bastante porosidad y transpirabilidad así como el uso de vegetación. El fondo de estos trabajos resulta ser el diseño de espacios confortables, ecológicos, ergonómicos y autosuficientes, de manera que para la investigación motivo de la presente búsqueda es valioso tomar conceptos y técnicas de sostenibilidad y bioclimática que contribuirán al desarrollo, diseño e implementación de un módulo de fachada que disminuya la carga ambiental y funcione interactivamente con su entorno, principalmente para su aplicación en edificios institucionales. Según las recomendaciones de Gernot Minke la construcción sostenible y con técnicas bioclimáticas de pieles vegetales que facilitan la interacción natural y artificial del edificio con su medio ambiente, trae consigo las siguientes ventajas:

**Reducción de las superficies pavimentadas:** Debido al excesivo incremento de las superficies selladas, surgen en las zonas de aglomeración urbana influencia negativas en la calidad del aire y el microclima, podría mejorarse esencialmente a través de un aumento de superficies verdes, fundamentalmente enjardinando edificios.

**Producción de oxígeno y absorción de CO<sub>2</sub>:** la vegetación de las cubiertas verdes toma como todas las plantas CO<sub>2</sub> del aire y libera oxígeno. Esto sucede en el proceso de la fotosíntesis – Mientras las hojas verdes aumenten se genera oxígeno y se consume CO<sub>2</sub>.

Filtración de partículas de polvo y suciedad del aire: Las plantas pueden filtrar polvo y partículas de suciedad. Estas quedan adheridas a la superficie de las hojas y son arrastradas después por la lluvia hacia el sustrato.

Reducción de las variaciones de temperatura en el ciclo día – noche: El colchón de aire encerrado hace el efecto de una capa de aislante térmico. Cuanto más denso y grueso sea este, mayor es el efecto.

Disminución en las variaciones de humedad en el aire: Las plantas también reducen las variaciones de humedad. Particularmente cuando el aire está seco evaporan una cantidad considerable cantidad de agua y elevan así la humedad relativa del aire, las plantas también pueden disminuir la humedad con la formación de rocío (Gernot, 2004, pp. 9–13).

Todas la valoraciones anteriores dependerán de los materiales y por ende de la cantidad y calidad que se apliquen para crear envolventes arquitectónicas transicionales entre interior y exterior que dignifiquen las funciones del edificio frente a su emplazamiento, así como también la posibilidad de brindar calidades espaciales y de utilidad para el edificio mismo bastante altas. Para determinar la función específica y el confort de la envolvente que se aplicara para el edificio de la presente investigación se analizara factores como la regulación de la temperatura, la incidencia solar, y el control acústico necesarios en el edificio, esto nos permitirá determinar cuál será la modulación, los materiales y la cantidad con los cuales se elabora la envolvente interactiva de acuerdo a la necesidades específicas y a la posibilidad de crear un fachada flexible y adaptable a los cambios a veces impredecibles del clima en el trópico.

## 5. Metodología

El proyecto ha contemplado varias fases investigativas, en primera instancia, se ha tomado la investigación aplicada como parte fundamental del desarrollo proyectual, y esto en gran medida por que se han utilizado conocimientos previos para analizar el polígono sobre el cual se plantearan las intervenciones y por qué las soluciones que se pretenden presentar serán un resultado medible y perceptible por lo menos a escala proyectual. La primera fase se ha desarrollado dentro del método inductivo obtenido conclusiones generales a partir de premisas particulares, este proceso se ha llevado a cabo mediante unos pasos predeterminados que estableció el grupo de profesores para lograr encontrar los elementos que nos permitan determinar las áreas que podrían intervenir así como el tipo de edificio que se requeriría. El primer paso está dado por la observación de los hechos y las capas que componen los sistemas urbanos en las inmediaciones del aeropuerto, pero siempre haciendo relación con la escala de ciudad y sobre el significado de estas capas tanto para el territorio como para el sector. Estas capas de análisis se dividieron en varios grupos que las desarrollarían, las capas fueron las siguientes:

- Normativa.
- Urbanismo.
- Historia y sociedad.
- Arquitectura.
- Medio ambiente.

Con esta forma de abordar el análisis del territorio y mediante diversas observaciones de los sucesos se llegó a una conclusión general que nos arrojó un problema proyectual y el pie a un objetivo general para la investigación y por ende la consecuencia para los objetivos secundarios y específicos. El problema se abordó para ser resuelto desde la categoría ambiental a partir de una serie de intervenciones que dejaran resulta la característica general del problema proyectual, estas intervenciones se tomaron como ámbitos para contribuir a una gran macro propuesta, los ámbitos son los siguientes:

- Hospitalario.
- Biomédico.
- De la memoria.
- Biotecnología.
- Centro deportivo.

Dentro del ámbito biotecnológico la investigación se aborda en primer momento desde el entendimiento del lugar y el emplazamiento del edificio científico educativo inmerso en la propuesta general para dar respuesta a esta y al entorno inmediato del polígono de intervención. Este proceso es ayudado por el concepto proyectual el cual se toma como premisa para dar validez tanto al lugar de implantación del edificio como a la forma que adoptara el volumen para acoger el programa del mencionado edificio. Luego de una recopilación de todos y análisis en las diferentes dimensiones y de determinada edificación (Edificio de Biotecnología), se procedió a la documentación de los datos en fichas de investigación con el propósito de acceder de manera rápida y fácil a la información, donde esta metodología fue clave para la documentación de normas y exigencias internacionales para proyectar los laboratorios exigidos en el edificio. En las fichas de investigación se procedió a clasificar los laboratorios según las categorías habladas en el Manual de Bioseguridad de la Organización Mundial de la Salud (2005) donde se definen por niveles:

- Nivel de Bioseguridad 1 (NB1).
- Nivel de Bioseguridad 2 (NB2).
- Nivel de Bioseguridad 3 (NB3).
- Nivel de Bioseguridad 4 (NB4).

Cada nivel de bioseguridad cuenta con determinadas especificaciones en cuanto al acceso a estos y el manejo de algún mobiliario o aparatos requeridos por su complejidad, por lo que se graficaron fichas en las cuales se evidencian los siguientes aspectos:

1. Accesibilidad.
2. Ubicación estratégica de los determinados niveles de bioseguridad por piso.
3. Necesidades del personal.

4. Seguridad.

5. Relación coherente y funcional de los espacios.

6. La tecnología más relevante en cuanto a aparatos y otros para el funcionamiento de determinados laboratorio.

Luego de realizar la documentación mencionada por medio de las fichas, se procedió a implementar ensayos bioclimáticos con sensor en maquetas de estudio sobre dos propuestas de fachada donde se analizaron dos factores:

- Térmico.
- Radiación solar.

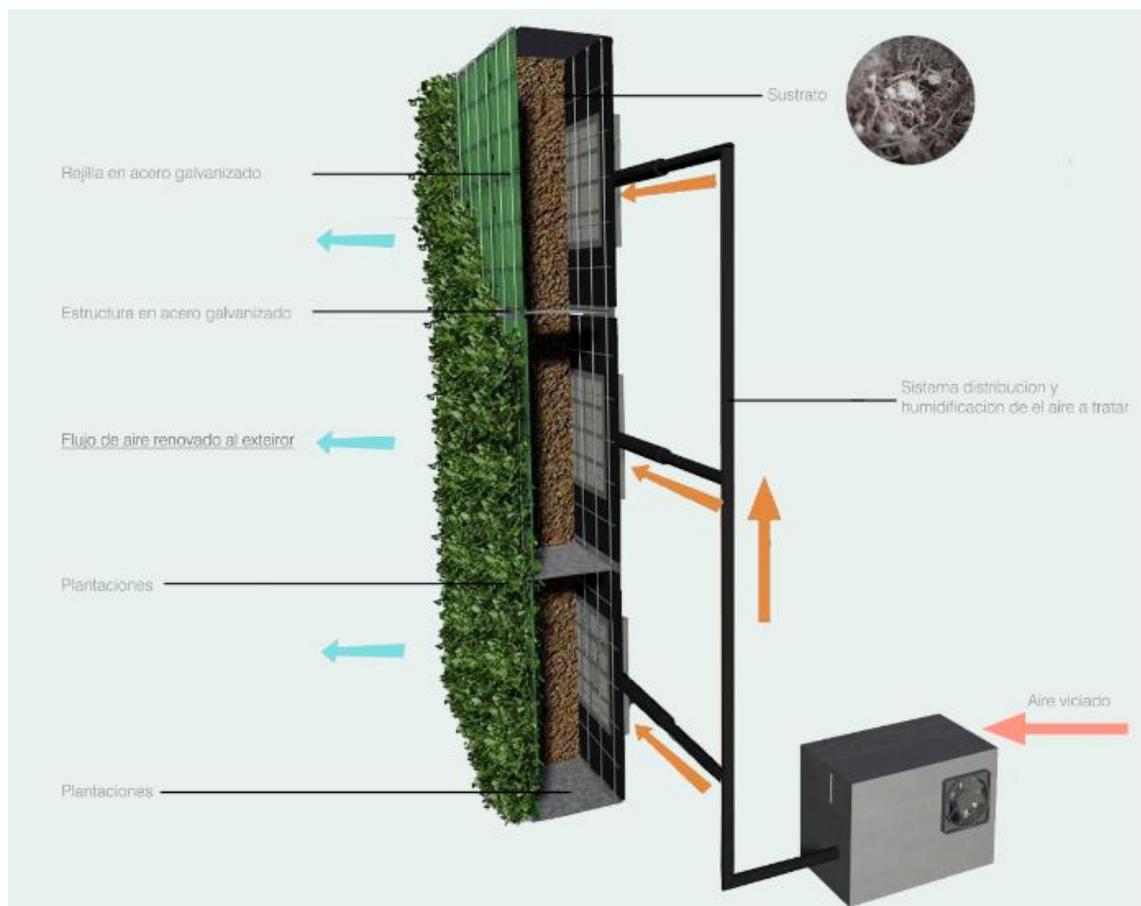
Con los descubrimientos lanzados por el estudio bioclimático se escogió una de las modulaciones de la fachada que se creía más adecuada para el aporte de luz natural que se buscaba darle a los laboratorios, con esta selección se procede posteriormente a la proyección y representación gráfica en la totalidad de los detalles de esta implementación de fachada.

## 6. Casos de estudio

Se exponen acá distintos referentes que servirán para buscar una implementación adecuada de fachada vegetales en edificios institucionales que tengan la función de contribuir con la limpieza del agua y el aire viciado que pueda producir un edificio.

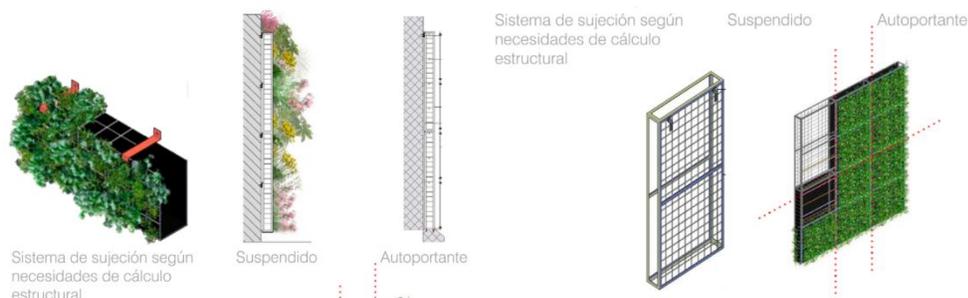
### 6.1. Fachada - canevaflor. Hidrosym: Celdas metálicas ensambladas - modulación

Figura 1. Detalle tipología de fachada (1)



Estos módulos de fachada consisten en la utilización de un sustrato amplio que facilita el crecimiento de las plantas para limpiar el aire viciado que produce la utilización del edificio por las personas, esto se logra humidificando el aire y entregándolo al sustrato de las plantas brindándoles un sistema de riego automatizado permitiendo una gestión óptima del agua y del aire.

**Figura 2. Detalles tipología de fachada (2)**



## Principales características



### Térmico

El muro intensivo instalado en la fachada de un edificio permite regular su temperatura. Se han elevado hasta 12°C de amplitud térmica entre el interior y el exterior de un edificio con jardín vertical (Plataforma Arquitectura, 2014).

### Acústico

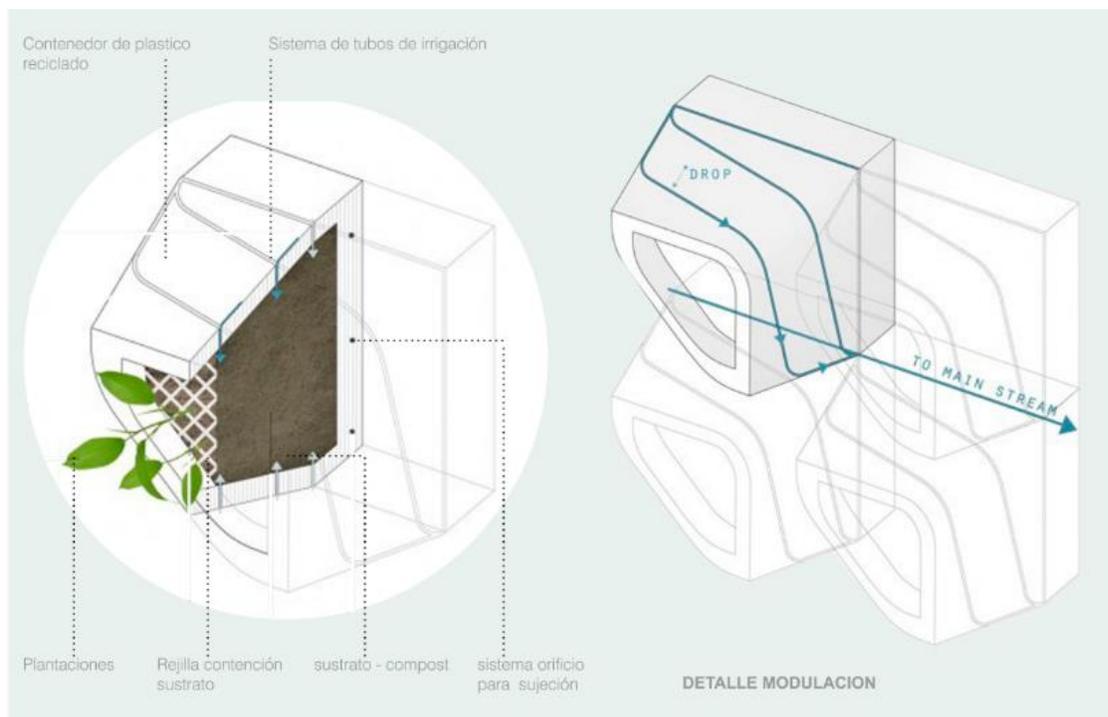
Reducción de hasta un 75% de las cualidades sonoras del exterior con respecto al interior de un edificio (Plataforma Arquitectura, 2014).

## Descontaminante

Sistema de bio filtración, con sistema de circulación de aire, que logra reducir entre el 70% y el 99% la contaminación producida por los gases de escape y otros contaminantes (Plataforma Arquitectura, 2014).

### 6.2. Student Wall Competición 2010 Stanislaw Mlynski – fachada modulación

Figura 3. Detalle tipología de fachada (3)



Esta propuesta de fachada generadora del tercer puesto en el concurso “student wall competition 2010” busca la optimización de los recursos. A partir del reciclaje de plástico para la producción de un dispositivo modulable en fachada que funciona como un mini compost a la vez que tiene la capacidad contener vegetación.

## Principales características y beneficios

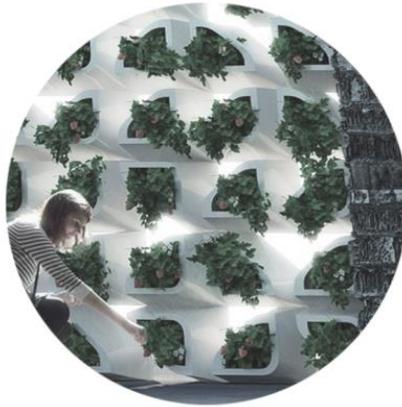
- Contenedor para residuos + compostaje.
- Reutilización (reciclaje) de materiales plásticos.
- Modulación - sistema de fácil reproducción.
- Reducción del Co2 - mejoramiento calidad del aire.
- Recolector de aguas a reutilizar (Franco, 2011).

**Figura 4. Esquema concepto fachada**



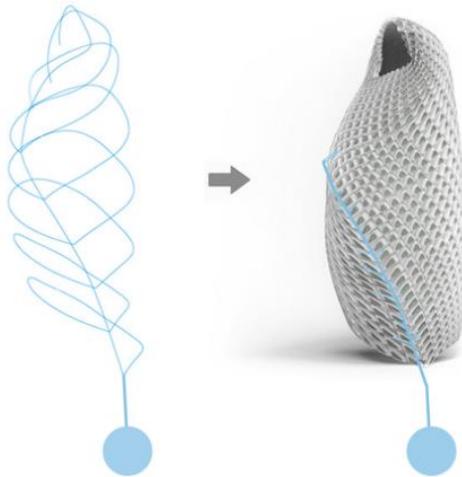
La generación de residuos orgánicos son casi el 40% de la basura en el mundo, el compostaje es potencial para reducirlo y una de las maneras más fáciles y baratas de reciclar. El diseñador propone un sistema de recogida de estos residuos, como el pasto recién cortado, bolsas de té, cartones, cáscaras de frutas y muchos otros, los que al llenar cada contenedor transformarán los desechos residuales en tierra para conformar la estructura ecológica y la posibilidad del crecimiento de vegetación.

**Figura 5. Relación escala humana vs módulo**



La forma de cada módulo es el resultado de combinar dos funciones: contenedor para estos residuos y el elemento de construcción del edificio. Este muro y sus plantas permiten la reducción de la cantidad de CO<sub>2</sub>, y logran generar una influencia positiva sobre el clima.

**Figura 6. Esquema recolección y gestión de aguas**



Sistema de gestión y recolección de agua para posterior tratamiento

### 6.3. Hábitat 6/ IGEO (Instituto de Investigación en Diseño y Georreferenciación) Universidad de Morón

El uso de plantas en las fachadas verdes introduce el color y variedad en las ciudades a la vez que proporciona beneficios para la biodiversidad, la eficiencia energética de los edificios y mejora en entorno urbano reduciendo la polución ambiental y absorbiendo ruidos. El uso de estas fachadas verdes proporciona un hábitat para los insectos, que a su vez sirven como alimento para aves insectívoras y murciélagos. También pueden proporcionar un corredor de tránsito para la vida silvestre entre el hábitat a nivel del suelo y el establecido en un techo verde.

**Figura 7. Esquema recolección y gestión de aguas**



El mundo contemporáneo nos plantea la re conceptualización de algunos temas en relación con la arquitectura y todo lo que involucra. Hoy no podemos referirnos a una casa desde una mirada unidireccional, solo como el contenedor que da cobijo y confort al hombre, así como no podemos pensar en un sitio, separando a la arquitectura de su entorno; cuando queremos hablar de esto nos referimos a un paisaje, una conjunción equilibrada o no, entre natural y artificial con un resultado que solo puede ser el fruto de esa particular conjunción (Aunque esta idea se base todavía en cuestiones superficiales, domina el campo de la teoría arquitectónica) (Asociación Española de Cubiertas Verdes y Ajardinamientos Verticales, 2016).

Dentro de las funciones que se busca con estas modulaciones de fachadas, presta los beneficios de control bioclimático y barrera anti ruido dentro de las edificaciones, con la vegetación. “Las plantas reducen el ruido mediante la absorción (transformación de la energía sonora en energía en movimiento y calórica), reflexión y deflexión (dispersión).

#### **6.4. Membrana purificadora de agua. Desinfección de agua por paneles solares**

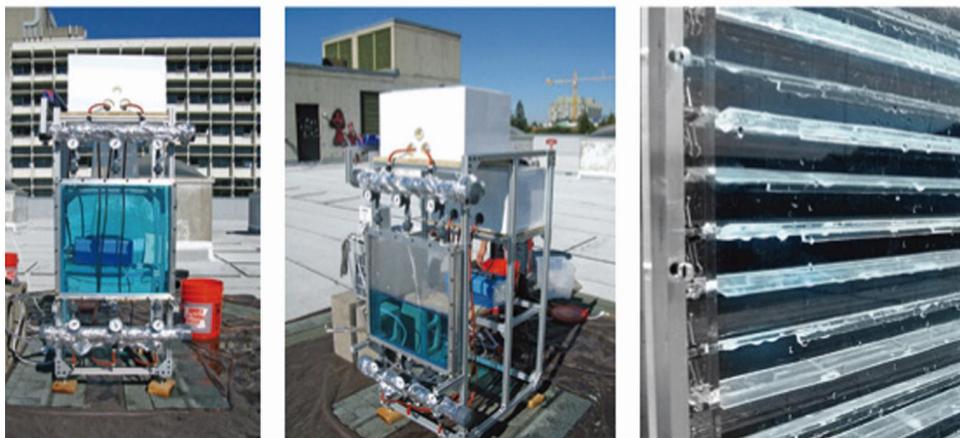
“La investigadora y catedrática de la universidad Berkeley en California Paz Gutiérrez y su grupo crearon un sistema integrado de filtración, desinfección y remoción de componentes orgánicos en pequeños espacios (delgadas paredes exteriores de los edificios). La invención usa paneles activos solares basados en cristales para el reuso de aguas grises con control térmico integrado. El sistema aprovecha la luz del sol para la desinfección del agua, y también puede actuar como masa térmica para control los cambios de temperatura absorbiendo calor durante el día y liberándolo durante la noche” (Plataforma Arquitectura, 2014).

**Figura 8. Membrana purificadora de agua**



El sistema se compone de microlentes de acrílico dentro de un panel típico de acrílico por donde discurre el agua. Estos microlentes están cubiertos con óxido de titanio y otros componentes que se activan a través de la luz, con lo cual la desinfección es catalítica. Recogemos las aguas grises que se exponen a la luz solar en zonas de fachada, desinfectamos los patógenos de esta agua previamente filtrada y como subproducto del sistema esta se calienta. Entonces en la noche cuando se necesita calefacción, esta agua se reconduce a una losa radiante y es nuevamente utilizada. Es una tecnología que no tiene mecánica ni robótica y genera conservación de agua, procesamiento de desecho y además generación térmica. Ha sido desarrollada para climas áridos.

**Figura 9. Desarrollo de la tecnología**

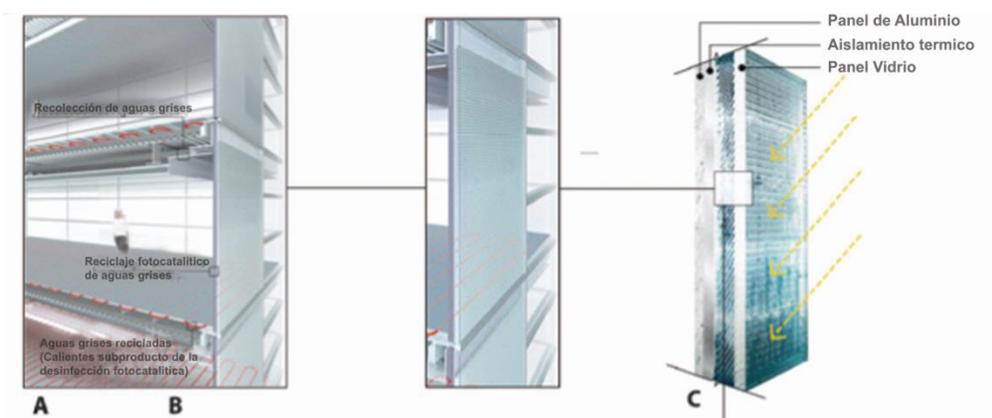


Siendo una investigadora preocupada por el tema del deterioro ambiental y de cómo la arquitectura y la tecnología pueden contribuir a generar un equilibrio en cuanto al desgaste de los recursos naturales, María Paz Gutiérrez piensa que, “la construcción sustentable no solo debe entenderse en el contexto urbano. Las condiciones de construcción y de sistemas de conducción en estos locales, aunque sean de pequeña escala, están dentro de enclaves naturales y es fundamental que también sean incorporadas dentro de la sostenibilidad crítica de la construcción”. Comenta también que es fundamental avanzar en el desarrollo tecnológico de punta, para lograr dicho equilibrio.

### 6.5. Membrana purificadora de agua. Membrana autorregulable para regiones tropicales

Esta membrana posee la capacidad de autodetectar las variaciones que existen en la humedad como la luz, el calor y la temperatura, y abrir o cerrar sus poros para generar un aumento o disminución de la ventilación de la velocidad del aire. Según María Paz Gutiérrez “Si se aumenta la ventilación a esta temperatura, aumenta el confort térmico porque se trabaja con baja transpiración” (Plataforma Arquitectura, 2014).

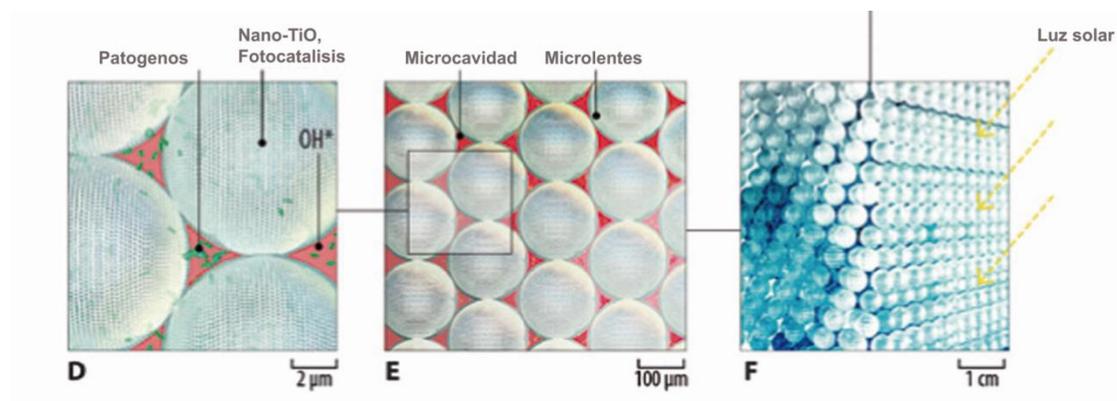
**Figura 10. Autorregulación de material**



Con esta membrana la investigadora planea conseguir la autorregulación del material, al estar expuesta a distintos agentes naturales por su disposición en las fachadas de los edificios, por esto uno de los mayores desafíos es su réplica a gran escala con una eficiencia de costos. Respecto a esto la Arquitecta comenta que “Entonces parte de mi investigación también ha sido producir

sistemas nuevos de fabricación eficiente, y eso ha llevado a desarrollar nuevos sistemas de impresión 3D para materiales flexibles” (Proyecta, 2014). Para el ejercicio proyectual, se decide adoptar estas nuevas tecnologías de las que habla la Arquitecta María Paz, como la absorción de masa térmica por medio de materiales que permitan “el control de los cambios de temperatura, absorbiendo el calor durante el día y liberándolo durante la noche” (Proyecta, 2014).

**Figura 11. Absorción de masa térmica**



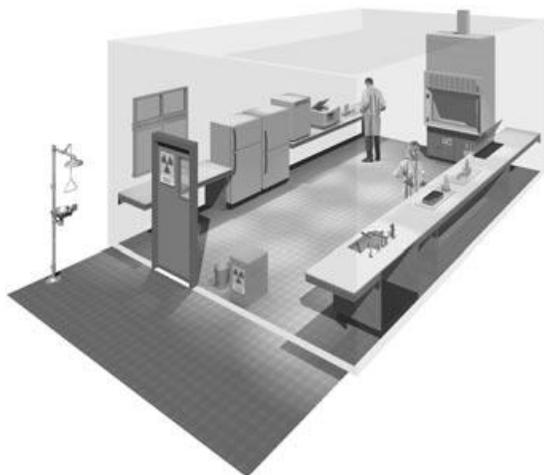
## 7. Aplicación proyectual

En la documentación y estudio que se realizó a lo largo del trabajo se presentaban prerequisites en cuanto al funcionamiento e interpretación de la norma para dar con el funcionamiento más acertado de los espacios, que luego repercutiría en el buen desarrollo del proyecto tanto en su generalidad como en su particularidad. Uno de los prerequisites mencionados era la asimilación o estudio de la norma de los laboratorios según las exigencias de la OMS (Organización mundial de la salud) y el CENTRO DE CONTROL Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES (CDC) para la proyección de estos espacios según sus niveles de bioseguridad para verificar la funcionalidad técnica del edificio y darle más veracidad a la proyección de este. En el manual de la OMS sobre niveles de bioseguridad se clasifican los laboratorios desde el nivel 1 al 4 según el riesgo biológico que se trate o trabaje allí, así mismo se manejó la clasificación en el programa empleado en el edificio de biotecnología en el cual se cumplió según este manual, con las siguientes características de diseño:

### 7.1. Exigencias y respuestas OMS (NB1)

#### Laboratorio – Nivel de Bioseguridad 1 (NB1)

Figura 12. Laboratorio típico del nivel de bioseguridad 1



Tomado de CUH2A, Princeton, NJ (EE.UU.)

## **7.2. Características de diseño (NB1) según la OMS**

1. Se dispondrá de espacio suficiente para realizar el trabajo de laboratorio en condiciones de seguridad y para la limpieza y el mantenimiento.
2. Las paredes, los techos y los suelos serán lisos, fáciles de limpiar, impermeables a los líquidos y resistentes a los productos químicos y desinfectantes normalmente utilizados en el laboratorio. Los suelos serán antideslizantes.
3. Las superficies de trabajo serán impermeables y resistentes a desinfectantes, ácidos, álcalis, disolventes orgánicos y calor moderado.
4. La iluminación será adecuada para todas las actividades. Se evitarán los reflejos y brillos molestos (Organización Mundial de la Salud, 2005).

## **7.3. Aplicabilidad al proyecto (NB1)**

Se cuenta con circulaciones amplias. Los acabados elegidos son lisos como la baldosa en granito pulido, pisos en vinilo y muros compuestos por – revoque + estuco + pintura epóxica color blanco Cuenta con vanos en los costados, siendo algunas ventanas fijas y otras con abertura al exterior cumpliendo exigencia del manual de la CDC donde en la Sección III – Equipos de seguridad (Barreras Secundarias) - #6 de la página 14 dice que: Si el laboratorio tiene ventanas que se abren hacia el exterior, están provistas de mosquiteros. También en la fachada principal donde se implementaría la fachada verde purificadora de aire y agua permite el ingreso de luz en un 50% de su superficie.



laboratorio no está necesariamente separado de los patrones de tránsito generales en el edificio. No es necesario el uso de equipos de contención especiales y en general no se los utiliza (Centro de Control y Prevención de Enfermedades, n.d.).

En este mismo manual (CDC) en la Sección III - Punto A - #2: “Las personas se lavan las manos luego de manipular materiales viables, luego de quitarse los guantes y antes de retirarse del laboratorio” (Centro de Control y Prevención de Enfermedades, n.d., p. 13).

Por lo que se ubica la zona de lavado inmediatamente a un costado del acceso al laboratorio.

- CDC –Sección III – Equipos de seguridad (Barreras Primarias) - #2 y 4:
  2. Se recomienda el uso de ambos, delantales o uniformes.
  4. Se debe utilizar protección ocular para los (Centro de Control y Prevención de Enfermedades, n.d., p. 14).

Como respuesta al igual que la zona de lavado, se ubica a un costado del acceso un gabinete para el almacenamiento de vestuario y utensilios de protección ocular.

- CDC –Sección III – Equipos de seguridad (Barreras Secundarias) - #1,3,4,5 y 6 de la página 14 dice:
  1. Los laboratorios deben tener puertas para el control de acceso.
  3. El laboratorio ha sido diseñado para que su limpieza sea sencilla.
  4. Las superficies de las mesas de trabajo son impermeables al agua.
  5. Los muebles de laboratorio deben tener la capacidad de soportar cargas y usos previstos.
  6. Si el laboratorio tiene ventanas que se abren hacia el exterior, están provistas de mosquiteros (Centro de Control y Prevención de Enfermedades, n.d., p. 14).

El laboratorio con nivel de bioseguridad nivel 1 cuenta con una puerta de acceso a este que lo separa de la circulación principal. Los acabados son lisos y no se usa ningún tipo de alfombra, el



- 10.** En cada sala del laboratorio habrá lavabos.
- 11.** Las puertas irán provistas de mirillas y estarán debidamente protegidas contra el fuego.
- 12.** En el nivel de bioseguridad 2 se dispondrá de una autoclave u otro medio de descontaminación.
- 13.** Los sistemas de seguridad deben comprender medios de protección contra incendios y emergencias eléctricas.
- 14.** Hay que prever locales o salas de primeros auxilios.
- 15.** Habrá que prever un sistema mecánico de ventilación que introduzca aire del exterior sin recirculación.
- 16.** Es indispensable contar con un suministro regular de agua de buena calidad.
- 17.** Debe disponerse de un suministro de electricidad seguro y de suficiente capacidad (Organización Mundial de la Salud, 2005).

## 8. Conclusiones y resultados

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones hechas con el luxómetro fueron los siguientes:

Mediciones de iluminancias realizadas para Medellín con cielo descubierto. Entre las 10:00 am y 12:30 pm. Datos en Lux. Lux: “iluminancia o cantidad de energía luminosa que incide sobre una superficie se mide en lux (= 1 lumen/m<sup>2</sup>). Aunque el ojo humano puede apreciar iluminancias comprendidas entre 3 y 100.000 lux, para poder desarrollar cómodamente una actividad necesita entre 100 lux y 1.000 lux” (Universidad Veracruzana, 2014, p. 6).

**Figura 15. Cuadro comparativo de fachadas modelo**



Modelo Elementos Verticales



		Modelo rectangulares	Modelo verticales
Cerca de la fachada	Norte	230	270
	Oriente	950	1140
	Sur	1700	1800
	Occidente	1600	3800
Fondo del espacio	Norte	110	120
	Oriente	310	350
	Sur	460	640
	Occidente	190	300

**Nota: Modelo Elementos rectangulares - Cuadro comparativo de fachadas modelo.**

Con los datos obtenidos podemos comparar la iluminancia que se obtiene si se implementa alguna de las dos fachadas, estos datos se analizaron teniendo en cuenta los datos que según ministerio de minas y energía en su reglamento técnico de iluminación y alumbrado público. (Retilap) la iluminación adecuada para espacios de laboratorio son: “Mínimo 300 lx - Medio 500 lx - Max 750 lx” (Colombia. Ministerio de Minas y Energía, 2010, p. 4). Los datos que suministra el documento están dados en luxes.

- De las dos fachadas la que menos adquiere valores de iluminancia en todas las orientaciones es la de elementos rectangulares ya que sus superficies son más amplias y su modulación es más densa, en cambio en la fachada de elementos verticales al ser las superficies menos amplias y menos densa permite que la iluminación transite más fácil al interior del espacio.
- A pesar de ser más cerrada la fachada de rectángulos se mantiene entre los estándares de iluminancia que plantea el (Retilap) más sin embargo cuando se observan los resultados a la profundidad del espacio en tan solo 4.50 m los rangos están por debajo del índice de iluminancia requerido para laboratorios.
- La fachada de elementos verticales se mantiene en un rango de iluminancia muy alto por encima de los estándares de calidad para laboratorios, más sin embargo al fondo del espacio (4.50 m) si cumple con el mínimo de luxes para la iluminación del espacio.
- De Las orientaciones (norte, oriente, sur, occidente) sobre las que se midió para determinar la cantidad de luxes, la que más obtiene luminancia es la occidental, esto da un indicio específico para determinar la ubicación de las fachadas con respecto a una ganancia de incidencia solar para las plantaciones verticales que se incluirán en la fachada.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se opta por la fachada de elementos verticales pero modificando y reduciendo en por lo menos un 40 % de aberturas, para de este modo garantizar un disminución racional frente a la cantidad de luxes que se proyectan sobre el espacio y un equilibrio permanente entre la parte interior del laboratorio más lejana de la fachada y el espacio del laboratorio más cercano a el exterior.
- Las áreas de trabajo de los laboratorios proyectados contarán con mejor iluminación y ventilación natural si se utiliza la fachada de elementos verticales ya que por sus características físicas en relación al movimiento que el sol hace sobre el trópico, las aberturas verticales

pueden aprovechar la trayectoria solar para mantenerse iluminados naturalmente la mayor parte del tiempo.

- Con la actuación directa y analítica sobre la proyección de las fachas del edificio se garantizara una reducción de los niveles de consumo energético y de la contaminación ambiental al tiempo que se ofrece un mejor calidad espacial gracias a el equilibrio que se genera entre el tamaño de los laboratorios y la cantidad de luxes en el lugar.

## Referencias

- Asociación Española de Cubiertas Verdes y Ajardinamientos Verticales. (2016). Sitio web ASESCUVE. Recuperado de <http://www.asescuve.org/>
- Centro de Control y Prevención de Enfermedades. (n.d.). *Bioseguridad en laboratorios de microbiología y biomedicina*. Atlanta, Georgia: Centro de Control y Prevención de Enfermedades.
- Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Díaz, A. B. (2013). *Análisis del comportamiento térmico y lumínico de una fachada compuesta por múltiples capas textiles aplicada en Cali, Colombia*. Cali: Universidad Del Bío-bío.
- Franco, J. T. (2011). Re-cell / Stanislaw Mlynski. Recuperado de <https://goo.gl/3udqjn>
- Gernot, M. (2004). *Techos verdes: planificación, ejecución, consejos prácticos*. Montevideo, Uruguay: Fin del Siglo.
- Max-Neef, A. M. (2009). El mundo en rumbo de colisión. In *Luzes Diálogo*. Huelva: Universidad Internacional de Andalucía.
- Organización Mundial de la Salud. (2005). *Manual de bioseguridad en el laboratorio*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Pérez, A. (2013). *Fachadas como membranas interactivas: características técnicas, diseño y construcción*. (Trabajo de grado Especialización en Ingeniería de la Construcción). Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería, Medellín.
- Plataforma Arquitectura. (2014). Materiales: muros verdes / descontaminantes, acústicos y térmicos. Recuperado de <https://goo.gl/1fscso>
- Proyecta. (2014). Microingeniería para zonas de bajos recursos. *Proyecta: Arquitectura, Ingeniería Y Tecnología Para La Construcción*, 5(28), 68–71. Recuperado de <https://goo.gl/kAVTBu>
- Universidad Veracruzana. (2014). *Evaluación de los niveles de iluminación en las áreas de trabajo del Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa (LATEX): en cumplimiento a la NOM-025-STPS-2008*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.