



FACHADAS DINÁMICAS DE CONTROL SOLAR = EFICIENCIA ENERGÉTICA + INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Leonardo Alvarado Picón¹, María Eugenia Sosa G.², Carlos H. Hernández³.

¹ Estudiante del Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *teraucv@gmail.com*

² Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *mesosag@yahoo.es*

³ Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Correo: *carlos@grupoestran.com*

RESUMEN

Se plantea una investigación teórica-tecnológica que surge de la necesidad de estudiar y desarrollar un sistema de fachadas dinámicas de control solar alternativas al uso del *curtainwall* de alta tecnología en edificaciones de oficinas, que incluya paneles de vidrio claro corriente, que sea innovador, y que ofrezca una estrategia de diseño según orientación, para mejorar el consumo energético y el confort térmico de las edificaciones nuevas en el trópico. Identificándose todas estas como problemática que impulsan esta investigación. La proposición metodológica, se fundamenta en una construcción argumentativa positivista (Padrón, 1998), basada en la indagación, control riguroso de procesos y su validación; con la finalidad de descubrir, probar, explicar y obtener conocimientos, a través del desarrollo tecnológico. Las fachadas dinámicas abren una posibilidad que permitirá experimentar configuraciones en su estructura, diferentes tipos de materiales, que la hagan eficiente tanto constructivamente como en su utilización y garantice el confort y la durabilidad, para avalar la habitabilidad en oficinas en el trópico. Se presentarán resultados parciales de respuestas teórico-técnico a las exigencias bioclimáticas, eficiencia energética y constructiva del desarrollo de las propuestas de fachadas dinámicas.

Palabras clave: Control solar, trópico, innovación tecnológica, bioclimático, fachadas dinámicas oficinas.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se presentan los avances parciales de la tesis de Maestría en Desarrollo Tecnológico IDEC-FAU-UCV titulada *“Fachadas dinámicas de control solar. Aporte teórico-tecnológico a la habitabilidad en edificaciones de oficinas en el trópico”*.

Se planteará la problemática que justifica el trabajo de investigación y su marco conceptual, a continuación, se resume la metodología que se está utilizando y se presenta resultados parciales del sistema de fachadas dinámicas de control solar alternativo, que se deben adecuar para las condiciones climáticas, económicas y tecnológicas de Venezuela

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la entrada al escenario global de la llamada Arquitectura Internacional, se borra el estudio del diseño de fachadas en las edificaciones de oficinas según el entorno climático, urbano y cultural, estableciendo un modelo único al utilizar simplemente vidrio corrido en toda su fachada, sin importar la orientación y el tipo de clima que exista en el contexto donde es implantada la edificación. Buscando una simplificación, se genera un nuevo problema, la elevación de consumo energético de la edificación para lograr el confort térmico de sus espacios internos. El arquitecto siempre debe de buscar la solución más adecuada de control solar, basado en su estudio de las variables dadas por las coordenadas de ubicación de la edificación.

Como alcance del trabajo se busca abrir el estudio al investigador sobre fachadas dinámicas en Venezuela, que tenga como punto de partida, estudiar las estructuras transformables, que trabajen como estructura soporte del controlador solar, que tengan el potencial de adaptarse a un mercado con tecnología nueva según parámetros de lo local, también tenga la capacidad ser eficiente ante la incidencia solar, para así lograr la mejora del consumo energético de las edificaciones según las orientaciones, en este caso de oficinas, ya sean nuevas o a remodelar. E. Tedeschi (1973) destaca la importancia de una buena orientación de la edificación, para que los espacios internos, aprovechen los beneficios físicos y psicológicos de la luz solar, el sol es vida y su carencia es símbolo de tristeza, por

este motivo la importancia tanto en su aprovechamiento como en su control cuando es en exceso. Por lo tanto, el tema del sombreado en la historia siempre ha sido un tema muy importante a manejar por los arquitectos.

Se planea indagar el impacto energético actual de la intervención en fachadas en edificaciones de oficinas con vidrio, entendiendo su extensión como estilo internacional, planteándose una alternativa constructiva de control solar, que sea innovador, que ofrezca una estrategia bioclimática para mejorar la habitabilidad de los espacios interiores, utilizando la arquitectura transformable como base estructural del sistema, la cual tiene como propósito y característica principal, ser adaptable, dinámico que cambie según se requiera y manipulada por el encargado de gestionar el espacio.

Paralelamente, previo repaso del estilo internacional del uso del *curtainwall*, se permitirá la construcción paulatina de un estilo bioclimático internacional alternativo de control solar móviles en fachadas para edificaciones de oficinas, donde se incorpore el estatus corporativo y novedoso hasta ahora acuñado sólo a las fachadas corridas en vidrio.

Como todo desarrollo tecnológico en el área de sustentabilidad, debe ser evaluado antes de poderlo implementar, para determinar cuál efectivo es constructivamente y energéticamente según su orientación, y cómo se consigue mejorar el confort térmico-lumínico del espacio interno.

2. MARCO TEÓRICO

Según Silvia Arango (citado por Marina Waisman (1999)) más importante que la continuidad de la historia, son los quiebres, las interrupciones, las oportunidades de reordenar el devenir arquitectónico. Estos puntos de quiebre se consideran un momento para repensar y redirigir los postulados teóricos históricos.

La búsqueda de nuevos materiales constructivos, de nuevos procedimientos para procesar los conocidos, crea una tensión entre lo establecido y los nuevos paradigmas constructivos, en este caso hablamos del área de la arquitectura sustentable.

S. Arango afirma que es evidente una caducidad de lo establecido, se requiere un nuevo pensar, que vaya más en concordancia a los nuevos tiempos, donde el

interés por el ahorro energético ha ido en aumento, llevando a reconsiderar los protocolos estándar utilizados hasta los momentos.

Dentro del marco de competencia entre las ciudades, también existe la necesidad de que las edificaciones de oficinas, ofrezcan una imagen de excelencia frente a sus competidores, donde el uso del vidrio ha sido una constante en las últimas décadas, convirtiéndose en el sistema de cerramiento por defecto más utilizado para solventar esa necesidad de estatus y poder.

Pero al estandarizarse el cerramiento total en vidrio en las fachadas de las edificaciones de oficinas se torna repetitivo en el perfil urbano, existiendo la oportunidad de ofrecer una conformación de materialidad distinta que los haga diferenciar uno de otros.

Se puede aprovechar este cambio de paradigma para adoptar nuevas tecnologías adaptadas a lo local, donde esté en boga el manejo de los términos establecidos por la arquitectura sustentable, viéndose una oportunidad inequívoca para incorporar sistemas constructivos que puedan aportar una imagen distinta de estatus y poder, en función de establecer parámetros que ayuden a dar fuerza y sustento al cuidado del medio ambiente, al manejo óptimo de sus recursos energéticos.

La fachada cada vez con mayores metros cuadrados en vidrio, eleva la lógica preocupación paralela con la necesidad de control solar.

Al avanzar el uso de estas grandes superficies en vidrio, va creciendo la irresponsabilidad energética, parece no importarle a nadie las grandes ganancias térmicas de la edificación.

Con el tiempo ha ido mejorando la tecnología de los vidrios para controlar la incidencia solar, pero siempre existe la necesidad de depender de los equipos de climatización. Que en el caso del trópico deben ser de característica tecnológica LowE y de elevados costos en dólares por ser importados (Sosa y Siem 2013), y que actualmente, por la crisis económica del país, es difícil incorporar a la arquitectura, por lo que se deben buscar soluciones más sostenibles.

Se debe recobrar el valor arquitectónico y funcional de los "*Brise-soleil*", ajustado a los tiempos tecnológicos del siglo XXI. Dentro de los cuales está la propuesta de

desarrollar elementos de control solar móviles y adaptables, para ser utilizados en las fachadas de las edificaciones de oficinas.

3. MARCO METODOLÓGICO

Mediante la indagación en las estructuras dinámicas, se establecen unas estrategias de diseño a aprovechar para el desarrollo tecnológico del control solar. En función de la revisión de la bibliografía y antecedentes que aborden el tema de estructuras móviles, se encauza hacia su eficiencia, funcionabilidad, racionalidad de material y accesorios, instalación, modularidad, mantenimiento, durabilidad, etc., todos ellos preceptos de la Sustentabilidad.

Luego se dirige a la revisión y evaluación del control solar, utilizando el software de simulación ECOTEC, con el objeto de estudiar distintas configuraciones de diseño y material de los elementos tridimensionales que lo conforman, para así determinar cuál es el más efectivo según su orientación, horario de usos, etc., para lograr el mejor manejo del consumo energético en una edificación de oficinas en el clima del trópico, ya sean nuevas o a remodelar. Aunado al uso del ECOTEC, se realiza la evaluación de diversos cerramientos de fachada y de la propuesta, basados en el Método Paramétrico de la Prof. María Eugenia Sosa (2008) para determinar la eficiencia energética y habitabilidad del espacio.

Como todo desarrollo tecnológico se plantea presentar todo el protocolo de diseño, producción, costos, transporte, uso y mantenimiento del sistema de protección solar transformable (Tabla 1), basados en la experiencia del Grupo Estrán (Carlos H. Hernández y Nelson de Rodríguez, 2005)

Tabla 1: Objetivo general y objetivos específicos

Objetivos específicos	
Objetivo general Desarrollar un compendio teórico-técnico conceptual alternativo de elementos de cerramientos de control solar bioclimáticos, que contribuyan a la habitabilidad en edificaciones de oficinas en el trópico, bajo un enfoque de sostenibilidad.	1) Estudiar los principios y antecedentes de las fachadas dinámicas , extrayendo los planteamientos aplicables a elementos planos verticales, para desarrollar los sistemas de protección solar adaptables.
	2) Estudiar los principios y antecedentes de la relación entre el clima tropical y su respuesta arquitectónica - tecnológica . Determinar la eficiencia energética y el confort térmico de distintas configuraciones de los acabados de las fachadas dinámicas (formas y materiales que se usen en sus paneles) según su orientación (combinaciones entre los elementos (paneles) opacos, permeables ó traslucidos), para determinar con cual combinación es él más eficiente, jerarquizando luego los resultados obtenidos que potencie el ahorro energético y confort térmico - lumínico.
	3) Desarrollar y evaluar el sistema de control solar en las fachadas dinámicas a través del método paramétrico, adecuándolo a las diferentes orientaciones ó casos críticos que potencie la racionalidad energética bajo la perspectiva de sostenibilidad .
	4) Proponer el proceso de producción, montaje, uso, mantenimiento y factibilidad económica del sistema de control solar.

4. DESARROLLO CON ESTUDIO DEL CONFORT TERMICO LUMINICO Y EFICIENCIA ENERGETICA

La investigación se apoya en una construcción cuantitativa, que esté basada en la justificación a través del conocimiento acumulativo, dada por la indagación, control riguroso del proceso, posibilidad de medir o cuantificar los resultados, hasta su validación; con la finalidad de descubrir, probar, explicar y obtener conocimientos, a través del desarrollo tecnológico.

El estudio se enmarca en tres grandes variables, el área teórica, el área tecnológica-habitabilidad y área del arte, estableciendo las dimensiones reales y las operaciones a realizar para satisfacer una a la otra. (Tabla 2)

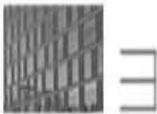
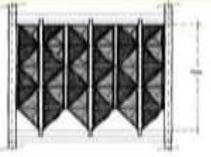
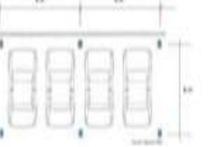
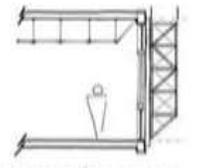
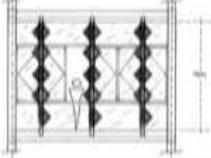
Tabla 2: Áreas que comprende la investigación



Todos estos criterios presentados en la tabla 2 interesan para saber en qué ámbito se está moviendo para el desarrollo de la propuesta. (Tabla 3)

Tabla 3: Caso de estudio

Caso de estudio – Edificación de oficinas en el trópico (nuevas o en remodelación)

- Establecimiento de las variables y/o criterios de diseño	
<p>Para la propuesta de protección solar transformable en fachada en un edificio de oficinas, se requiere precisar y acotar los criterios de diseño por donde se moverá la propuesta, entre los cuales están los siguientes:</p> <p>• Tipos de sistemas de cerramientos de oficinas</p> <p>• Cerramiento en vidrio claro corriente</p> <p>- Cierra solo entre losas - Estructura a la vista</p>  <p>• Nivel de envergadura del control de movilidad de los componentes de protección solar transformables en fachada</p> <p>- Por oficina</p>  <p>• Modelos de cerramientos de ventanas con vidrio corriente para determinar al accesibilidad parasol</p>  <p>- Ventana corrediza</p>	<p><input type="checkbox"/> Altura entre pisos de 4 metros</p> <p>• Definición de la altura entre pisos</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> Distancia entre ejes de columnas de 6 metros</p> <p>• Definición del módulo del protector solar según el ritmo estructural marcado por los estacionamientos.</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> Estructura a la vista en fachada</p> <p>• Definición del sistema entre losas</p> <p>Protector solar en volado en fachada</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> Cerramiento en fachada del 100% en vidrio corriente</p> <p><input type="checkbox"/> Propuesta del cerramiento en vidrio, donde se propone ventanas corredizas acompañadas por paños fijos de vidrio</p> <p>• Definición del área de vidrio en fachada</p>
	   

De esta forma se construye las variables que tienden a ser cuantitativa, al referirse a dimensiones, objetos tangibles, medibles, que serán puesto a prueba, evaluados, para determinar su eficiencia y reajustarlos si así lo requieran.

Estableciéndose una proposición que pueda ser verificable, donde se evidencia un conjunto de variables que son capaces de explicar los hechos durante el proceso de la investigación, permitiendo su validación.

Dentro de la construcción metodológica, está el armado teórico del trabajo de investigación que da soporte al desarrollo de la propuesta tecnológica, orientada a sombrear y tamizar las fachadas para mejorar su ganancia térmica, produciéndose la mejora en el consumo energético.

Tabla 4: Variables presentes en la relación interior – exterior a través del sistema

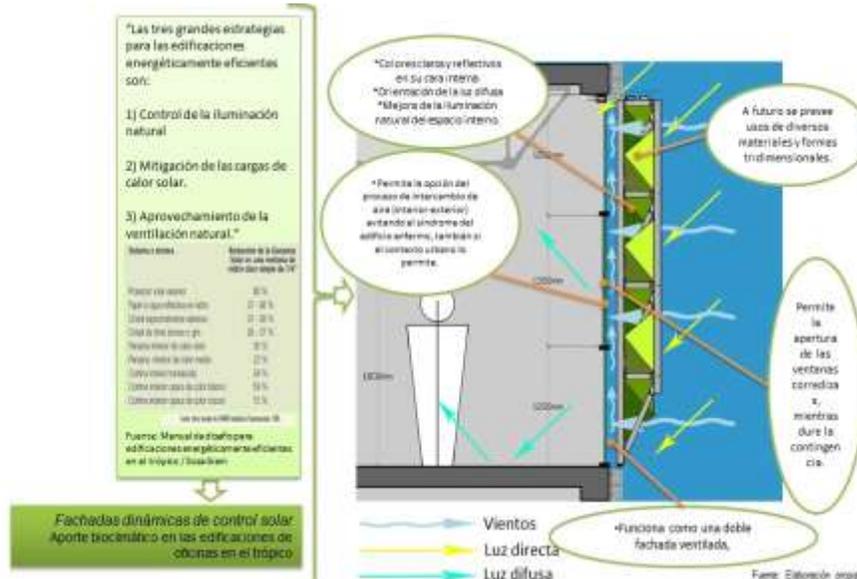
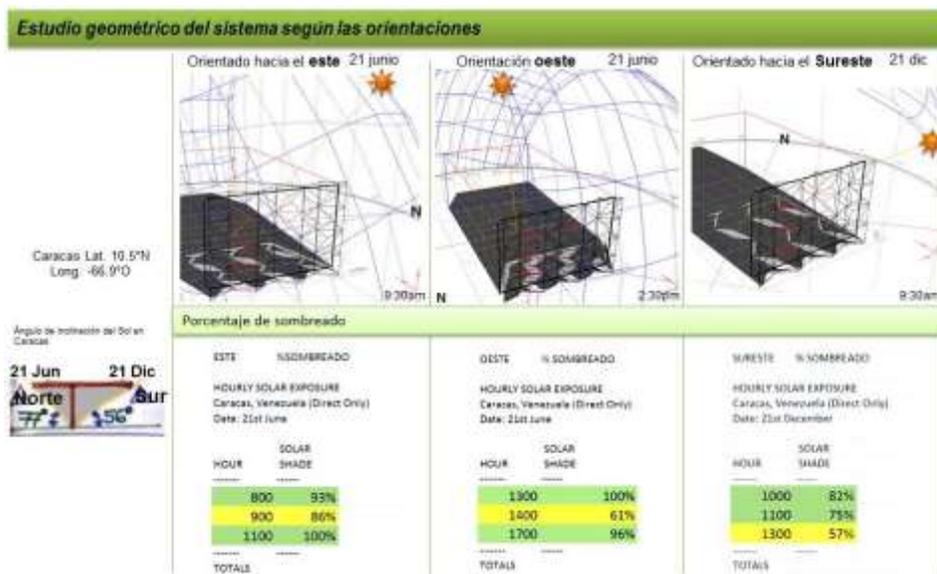


Tabla 5: Interacción del sistema de fachada dinámica con diferentes orientaciones (sombreado)



Fuente: Elaboración propia (2017) utilizando software “ECOTECH”

Dentro del estudio geométrico que se realiza a la propuesta, se confronta con tres de las orientaciones en la época del año más desfavorable para determinar su eficiencia al sombrear, precisando los aspectos necesarios para estudiar y cambiar su morfología. (tabla 5)

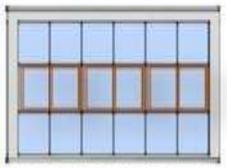
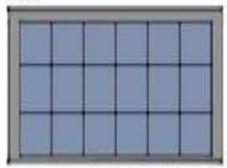
En esta evaluación, se puede observar, que la propuesta de fachada dinámica posee un alto porcentaje de eficiencia en sombreado. Existe la posibilidad de combinar diferentes formas y materiales y mejorarlo aún más.

Tabla 6: Cuadro comparativo del estudio entre sistemas de cerramientos en fachada (comportamiento térmico y eficiencia energética)

Comparación entre un Cerramiento en vidrio corriente, un Curtain Wall y un Sistema de Protección Solar transformable + Cerramiento en vidrio corriente en una edificación de oficinas en el clima del trópico.

Del trabajo doctoral de la Profesora Sosa (2008), se toma una edificación referencial de oficinas con las siguientes características para la evaluación de la eficiencia energética:

- *20° a *26° A/A
- *26 personas por piso
- *Horario de 7am a 7pm
- *Área de planta: 20m x 20m
- *Altura entrepiso de 4m

	Sólo cerramiento en vidrio corriente	Curtain Wall (con carga propia para el trópico)	Sistema Protector Solar Transformable + Cerramiento en vidrio corriente
	 100% Ventana Vidrio Simple Claro 6 mm.	 Ventana Vidrio Low-e de 6 mm.	
Fachada este	Transferencia calor ventanas (rad. directa) Wh/día Consumo por Carga de enfriamiento kWh/m ² /año	14495 20.62	9031 12.48
Fachada oeste	Transferencia calor ventanas (rad. directa) Wh/día Consumo por Carga de enfriamiento kWh/m ² /año	26294 19.75	6224 12.8

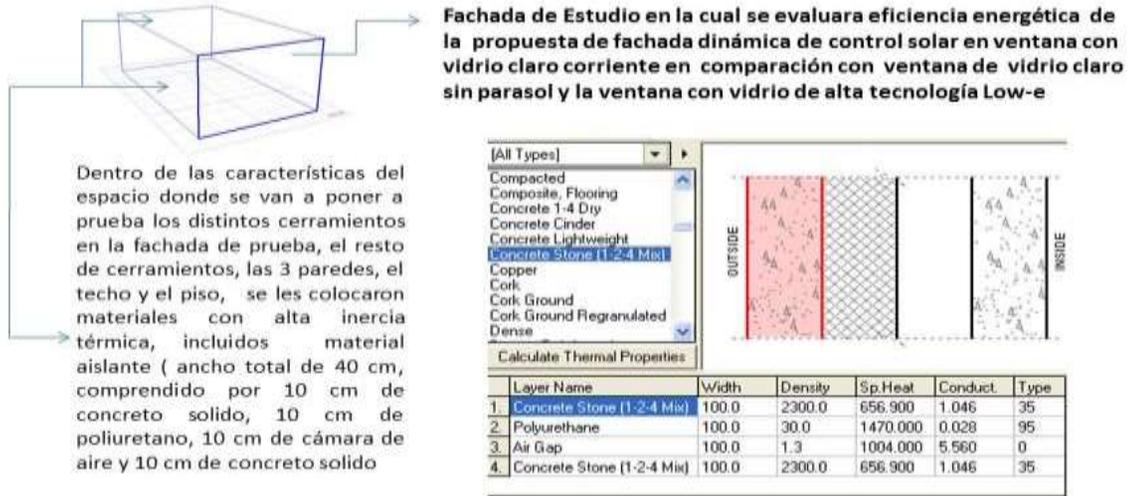
Observaciones: Valores para simulaciones con datos climáticos Caracas

Nota: Se está montando las simulaciones con geometría del protector solar transformable se estima disminuciones menores a curtain wall.

Fuente: Elaboración propia (2017) utilizando software “ECOTECT y basados en el método paramétrico (Sosa, 2008)

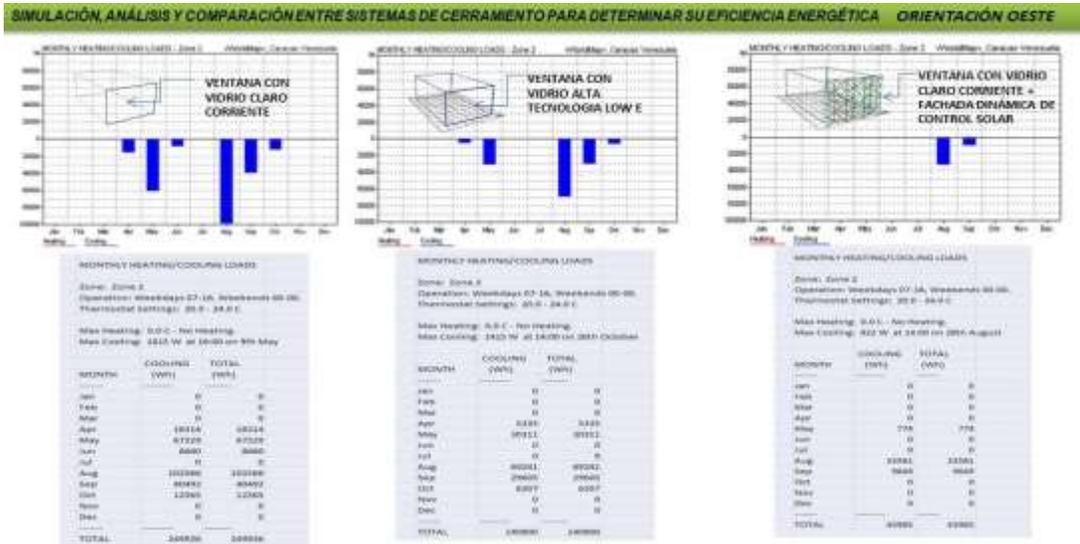
Se realiza la evaluación de diversos cerramientos de fachada y de la propuesta con el Método Paramétrico de la Prof. María Eugenia Sosa (2008) de la habitabilidad del espacio, comprobar en cuanto al confort térmico, el confort lumínico, la eficiencia energética, etc., determinándose el estatus de eficiencia energética produciéndose la mejora en el consumo energético. (Tabla 6)

Tabla 7: Simulación, análisis y comparación entre sistemas de cerramiento para determinar su eficiencia energética



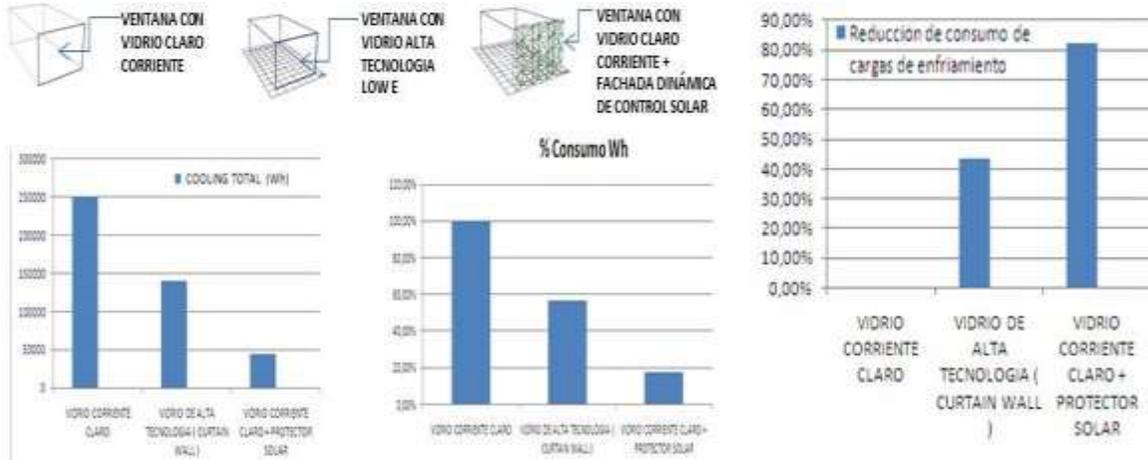
Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 8: Tabla comparativa entre sistemas de control solar en fachadas para determinar su eficiencia energética.



Fuente: Elaboración propia (2017)

Tabla 9: Tabla comparativa entre sistemas – Consumo por cargas de enfriamiento con aire acondicionado (Wh)



Fuente: Elaboración propia (2017)

Resultados parciales: Mediante la simulación y análisis de los sistemas de cerramientos en fachada en el programa de Ecotect, se pueden especificar su nivel de eficiencia ante la radiación solar, dando como resultado que la ventana con vidrio Alta Tecnología Low-e, reduce un 43,67% el consumo por cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado, en relación a la ventana con vidrio claro sin sistema de control solar.

Favorablemente la propuesta de cerramiento con vidrio corriente claro aunado al sistema de fachada dinámica de control solar, precisa una reducción mucho mayor del 82,41% del consumo anual de cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado. Asimismo, para las orientaciones más críticas estudiadas se pudo comprobar tamizado o sombreado de la radiación solar entre 57 y 100% en horas picos.

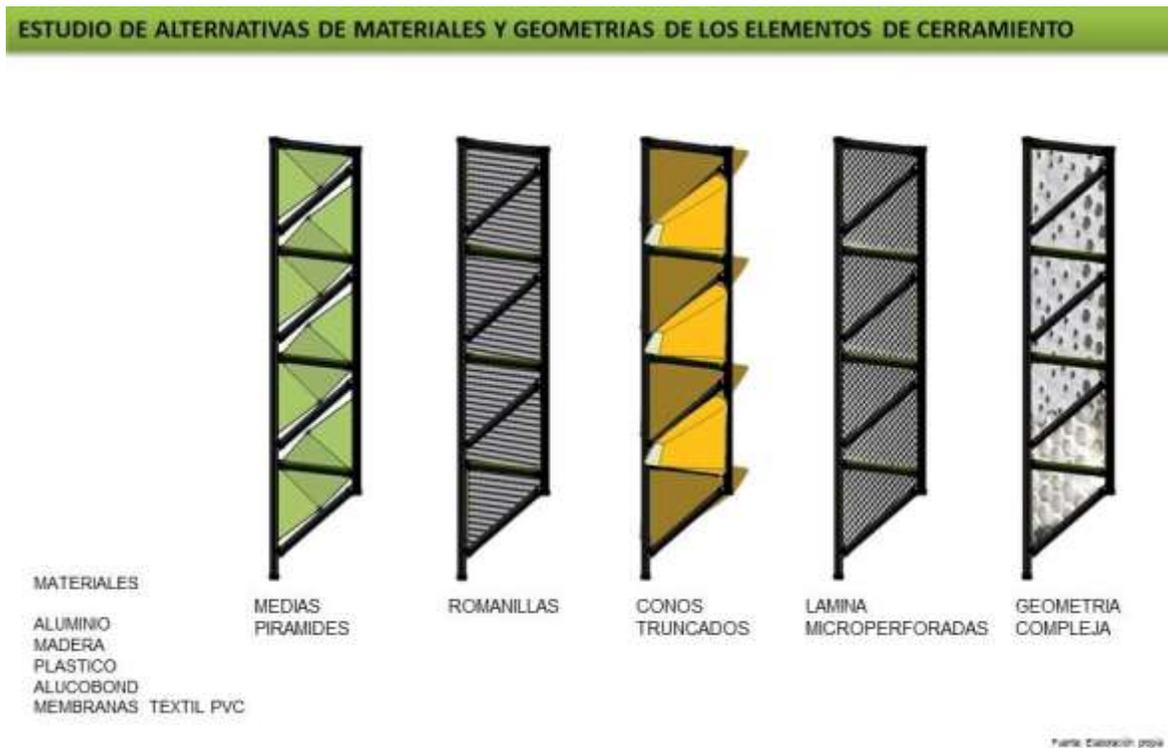
Recomendaciones: se continuará evaluando cada una de las orientaciones para ir optimizando la propuesta, asimismo se probará con otras formas y materiales.

5. DESARROLLO TECNOLÓGICO

Se está realizando el estudio de la posibilidad de que los elementos que contenga la cerchas, puedan tener alternativas de materiales y morfológicas, estas serán siempre debidamente evaluadas y reconfiguradas según el estudio con las

orientaciones para lograr sombreado total, parcial ó tamizado, dependiendo de los requerimientos del proyecto. (Tabla 10)

Tabla 10: Cuadro de diversas posibilidades de formas y acabados al sistema de control solar



Con la entrada poco a poco al escenario global de un estilo innovador basado en estructuras móviles de control solar en fachadas para su uso en edificaciones, se va estableciendo un modelo a revisar, que va de acuerdo al contexto donde está implantada, que pueden ser utilizadas como potencial tecnológico de estudio, indagación, que establezcan parámetros base con su reingeniería (Tabla 11)

Tabla 11: Reingeniería en fachadas dinámicas



6. CONCLUSIONES

El sistema de control solar movible, permite experimentar configuraciones en su estructura, diferentes tipos de materiales, que la hacen eficiente tanto constructivamente, como económicamente, mediante un gasto mínimo de material como en su utilización sea lo más eficiente energéticamente posible y garantice el confort y la durabilidad, para avalar la habitabilidad en oficinas en el trópico.

Con esta investigación, se está en vía de lograr un diseño adecuado de fachadas dinámicas adaptado a las condiciones climáticas, tecnológicas, sociales y económica para Venezuela, que permitan en edificios de oficinas, utilizar criterios de grandes áreas de vidrio corriente, que con estas fachadas dinámicas de control solar, permitan tamizar la luz natural, la eficiencia energética, las visuales, y a la vez sean económicamente y tecnológicamente accesibles, seguras, durables, y en definitiva sustentables.

7. AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a mis tutores por la dedicación, entusiasmo y paciencia que han tenido para conmigo.

8. REFERENCIAS

Rodríguez, Nelson (2005). "Diseño de estructura transformable por deformación de una malla plana en su aplicación a un refugio de rápido montaje" Tesis Doctoral en la Universidad Politécnica de Catalunya - Escuela técnica superior de arquitectura de Barcelona – Escuela técnica superior de arquitectura del Valle. Barcelona – España.

Rosales, Luis (2015). "Control Solar" – Guía de la asignatura "Física de las Edificaciones" – IDEC/FAU/UCV. Caracas. Venezuela.

Sosa, María, Eugenia (2008) Desarrollo de Método Paramétrico para determinar Índices de Eficiencia Energética para Estrategias Arquitectónicas de Fachadas en Edificios con Acondicionamiento Activo. Caso estudio: Edificios oficinas en Caracas y Maracaibo. Tesis Doctoral en Doctorado de FAU - UCV Caracas.

Sosa, María Eugenia (2013). "Impacto energético de estrategias arquitectónicas en fachadas de oficinas en clima cálido húmedo. Caso: orientación-proporción. "Memorias de las XXXI Jornadas de investigación IDEC - Ediciones FAU 2013. Caracas. Venezuela.

Sosa Griffin, María Eugenia (2011). "Método paramétrico para evaluar estrategias arquitectónicas en fachadas de edificios de oficinas en función del clima, la orientación y el consumo eléctrico del sistema aire acondicionado y de iluminación. Ciudades de estudio: Caracas y Maracaibo, Venezuela" Memorias correspondientes a la Trienal de Investigación FAU -UCV 2011, Ediciones FAU. Ambiente y Sostenibilidad. AS13 <http://www.fau.ucv.ve/trienal2011/cd/documentos/as/AS-13.pdf>

Sosa Griffin, María Eugenia; Siem, Giovanni (2013). "Manual de diseño para Edificaciones energéticamente eficientes en el trópico". Ediciones FAU-UCV. Caracas.

Tedeschi, Enrico (1973) "Teoría de la arquitectura". Ed. Nueva Visión. Buenos Aires-Argentina.

Waisman, Marina (1999) "La Arquitectura Descentrada". Ed. Escala – Bogotá – Colombia.

APÉNDICE (Presentación)



FACHADAS DINÁMICAS DE CONTROL
SOLAR = EFICIENCIA ENERGÉTICA +
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Arq. Leonardo Alfonso Alvarado Picón,
Dra Arq. María Eugenia Sosa G., Dr. Carlos Hernández.
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC)

Objetivo general

Desarrollar un compendio teórico-técnico conceptual alternativo de elementos dinámicos en fachada como cerramiento de control solar bioclimático, que contribuyan a la habitabilidad en edificaciones de oficinas en el trópico, bajo un enfoque de sostenibilidad.

Objetivos específicos

Marco conceptual

- 1) Estudiar los **principios y antecedentes** de las fachadas dinámicas, extrayendo los planteamientos aplicables a elementos verticales, para desarrollar el sistema de control solar adaptable.
- 2) Estudiar los principios y antecedentes de la **relación entre el clima tropical y su respuesta arquitectónica - tecnológica**. Determinar la eficiencia energética y el confort térmico de distintas configuraciones, acabados, formas y materiales que se usen en el sistema.

Marco metodológico

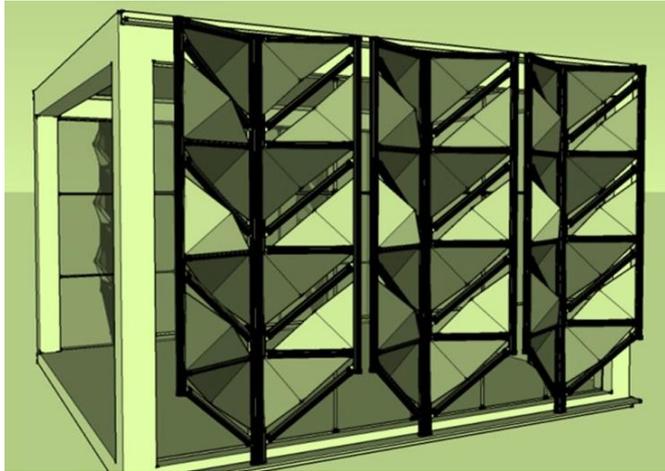
- 3) **Desarrollar y evaluar el sistema** de control solar en las fachadas dinámicas a través del método paramétrico (M.E. Sosa 2008), adecuándolo a las **diferentes orientaciones** ó casos críticos que **potencie la racionalidad energética** bajo la **perspectiva de sostenibilidad**.
- 4) **Proponer el proceso de producción, montaje, uso, mantenimiento y factibilidad económica** del sistema de control solar.

XXXVI Jornadas de Investigación IDEC 2, 3 y 4 de julio de 2018



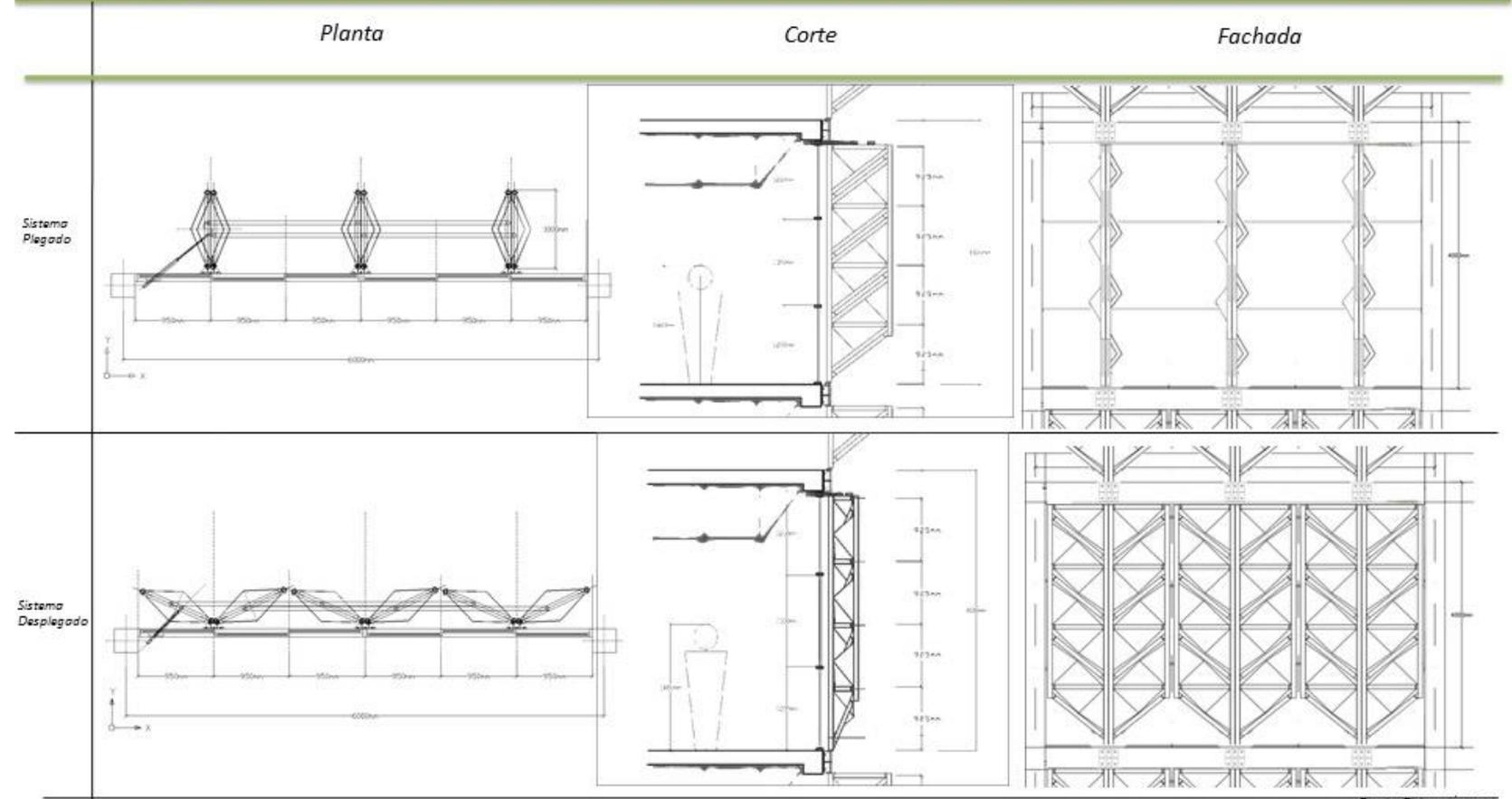
Áreas que comprende la investigación





**SISTEMA DE
FACHADA
DINAMICA DE
CONTROL SOLAR**

Planimetría



Caso de estudio – Edificación de oficinas en el trópico (nuevas o en remodelación)

- Establecimiento de las variables y/o criterios de diseño

Para la propuesta de protección solar transformable en fachada en un edificio de oficinas, se requiere precisar y acotar los criterios de diseño por donde se moverá la propuesta, entre los cuales están los siguientes:

• Tipos de sistemas de cerramientos de oficinas

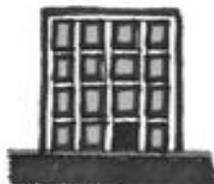
-Cerramiento en vidrio claro corriente

-Cierre solo entre losas
-Estructura a la vista



• Nivel de envergadura del control de movilidad de los componentes de protección solar transformables en fachada

- Por oficina



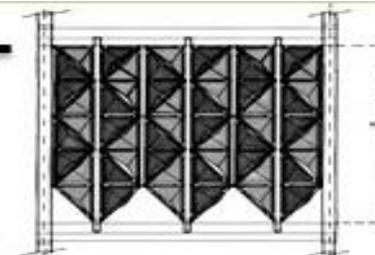
• Modelos de cerramientos o ventanas con vidrio corriente para determinar accesibilidad al parasol



- Ventana corrediza

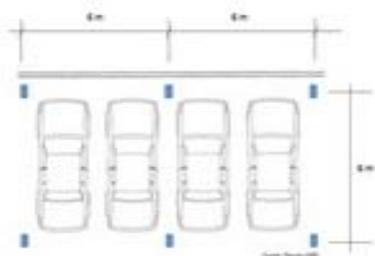
Altura entre pisos de 4 metros

• Definición de la altura entre pisos



Distancia entre ejes de columnas de 6 metros

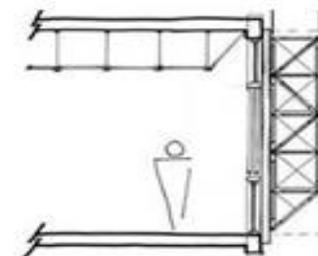
• Definición del módulo del protector solar según el ritmo estructural marcado por los estacionamientos.



Estructura a la vista en fachada

• Definición del sistema entre losas

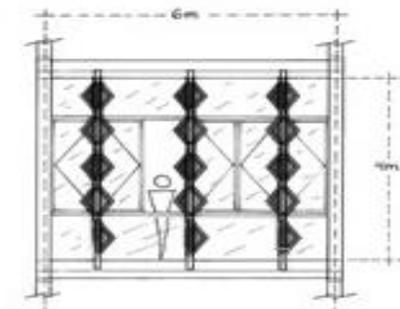
Protector solar en volado en fachada



Cerramiento en fachada del 100% en vidrio corriente

Propuesta del cerramiento en vidrio, donde se propone ventanas corredizas acompañadas por paños fijos de vidrio

• Definición del área de vidrio en fachada



Variables presentes en la relación interior – exterior a través del sistema de fachada dinámica

“Las tres grandes estrategias para las edificaciones energéticamente eficientes son:

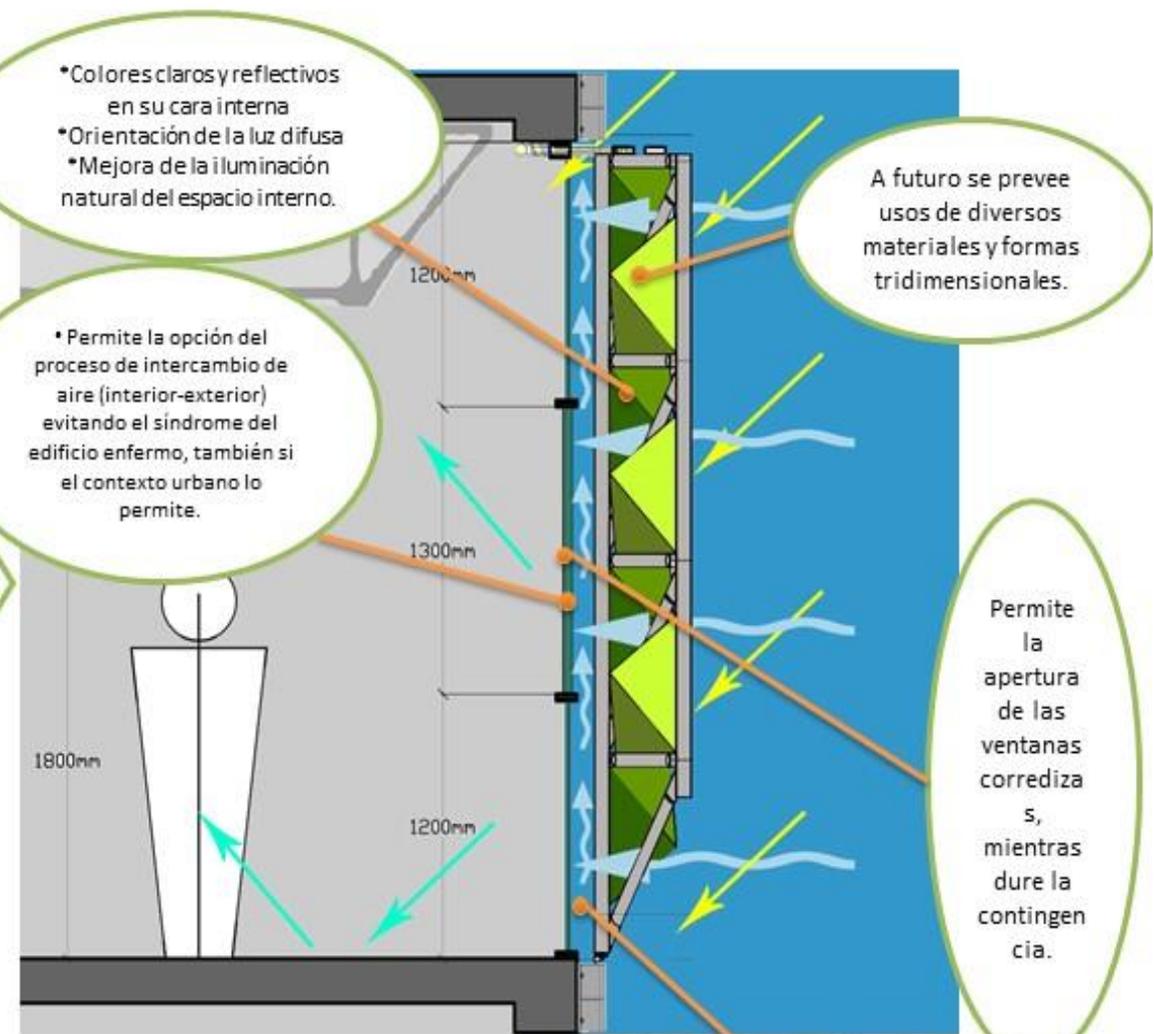
- 1) Control de la iluminación natural
- 2) Mitigación de las cargas de calor solar.
- 3) Aprovechamiento de la ventilación natural.”

Sistema o técnica	Reducción de la Ganancia Solar vs. una ventana de vidrio claro simple de 1/4"
Protector solar exterior	80 %
Papel o capa reflectiva en vidrio	37 - 68 %
Cristal espectralmente selectivo	37 - 58 %
Cristal de tinte bronce o gris	26 - 37 %
Persiana interior de color claro	30 %
Persiana interior de color medio	22 %
Cortina interior translúcida	54 %
Cortina interior opaca de color blanco	59 %
Cortina interior opaca de color oscuro	15 %

Fuente: Datos tomados de ASHRAE Handbook of Fundamentals, 1991

Fuente: Manual de diseño para edificaciones energéticamente eficientes en el trópico / Sosa-Siem

Fachadas dinámicas de control solar
Aporte bioclimático en las edificaciones de oficinas en el trópico



Vientos
 Luz directa
 Luz difusa

•Funciona como una doble fachada ventilada,

A futuro se prevee usos de diversos materiales y formas tridimensionales.

Permite la apertura de las ventanas corredizas, mientras dure la contingencia.

Estudio geométrico del sistema según las orientaciones

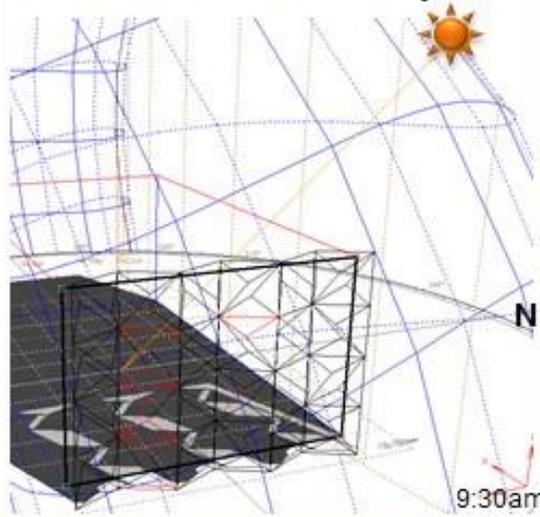
Interacción del sistema de fachada dinámica con diferentes orientaciones (sombreado)

Caracas Lat. 10.5°N
Long. -66.9°O

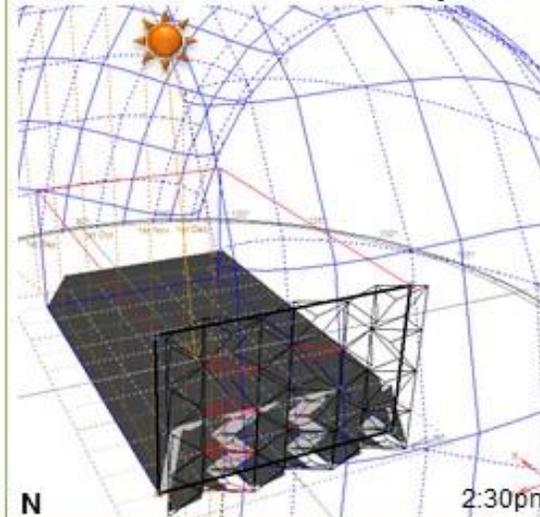
Ángulo de inclinación del Sol en Caracas



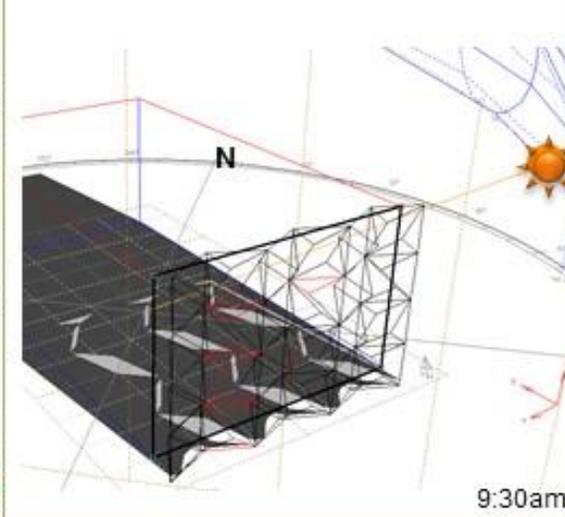
Orientado hacia el **este** 21 junio



Orientación **oeste** 21 junio



Orientado hacia el **Sureste** 21 dic



Porcentaje de sombreado

ESTE %SOMBREADO
HOURLY SOLAR EXPOSURE
Caracas, Venezuela (Direct Only)
Date: 21st June

HOUR	SOLAR SHADE
800	93%
900	86%
1100	100%

TOTALS	-----

OESTE % SOMBREADO
HOURLY SOLAR EXPOSURE
Caracas, Venezuela (Direct Only)
Date: 21st June

HOUR	SOLAR SHADE
1300	100%
1400	61%
1700	96%

TOTALS	-----

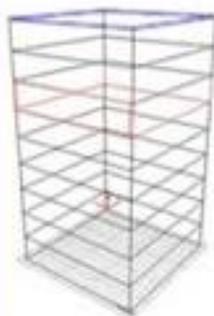
SURESTE % SOMBREADO
HOURLY SOLAR EXPOSURE
Caracas, Venezuela (Direct Only)
Date: 21st December

HOUR	SOLAR SHADE
1000	82%
1100	75%
1300	57%

TOTALS	-----

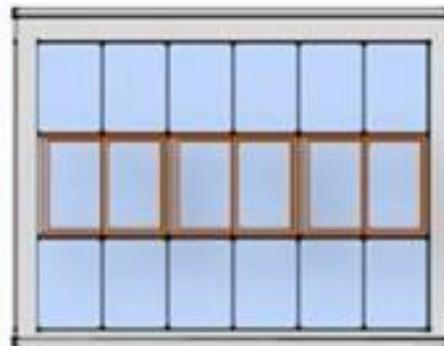
Comparación entre un Cerramiento en vidrio corriente , un Curtain Wall y un Sistema de Protección Solar Transformable + Cerramiento en vidrio corriente en una edificación de oficinas en el clima del trópico.

Del trabajo doctoral de la Profesora Sosa (2008), se toma una edificación referencial de oficinas con las siguientes características para la evaluación de la eficiencia energética



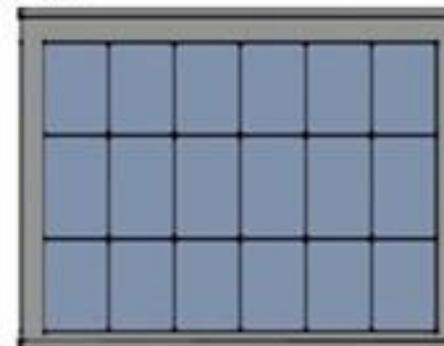
- *20° a *25° A/A
- *25 personas por piso
- *Horario de 7am a 7pm
- *Área de planta: 20m x 20m
- *Altura entrepiso de 4m

Sólo cerramiento en vidrio corriente



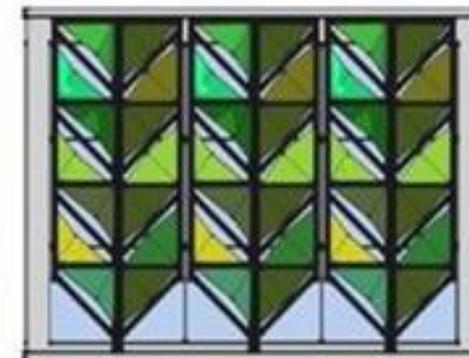
100% Ventana Vidrio Simple Claro 6 mm,

Curtain Wall (con caract. propias para el trópico)



Ventana Vidrio Low-e de 6 mm

Sistema (Protector Solar Transformable + Cerramiento en vidrio corriente)



Fachada este	Transferencia calor ventanas (rad directa) Wh/día	14495	9031	Se esta montando las simulaciones con geometria del protector solar transformable se estima disminuciones menores a curtain wall
	Consumo por Carga de enfriamiento kWh/m ² /año	20.62	12.48	
Fachada oeste	Transferencia calor ventanas (rad directa) Wh/día	26294	6224	
	Consumo por Carga de enfriamiento kWh/m ² /año	19.75	12.8	

Observaciones: Valores para simulaciones con datos climáticos Caracas

Cuadro comparativo del estudio entre sistemas de cerramientos en fachada (comportamiento térmico y eficiencia energética)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y COMPARACIÓN ENTRE SISTEMAS DE CERRAMIENTO PARA DETERMINAR SU EFICIENCIA ENERGÉTICA ORIENTACIÓN OESTE



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS		
Zone: Zone 2		
Operation: Weekdays 07-16, Weekends 00-00.		
Thermostat Settings: 20.0 - 24.0 C		
Max Heating: 0.0 C - No Heating.		
Max Cooling: 1815 W at 16:00 on 9th May		
MONTH	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0
Feb	0	0
Mar	0	0
Apr	18314	18314
May	67329	67329
Jun	8660	8660
Jul	0	0
Aug	102566	102566
Sep	40492	40492
Oct	12565	12565
Nov	0	0
Dec	0	0
TOTAL	249926	249926



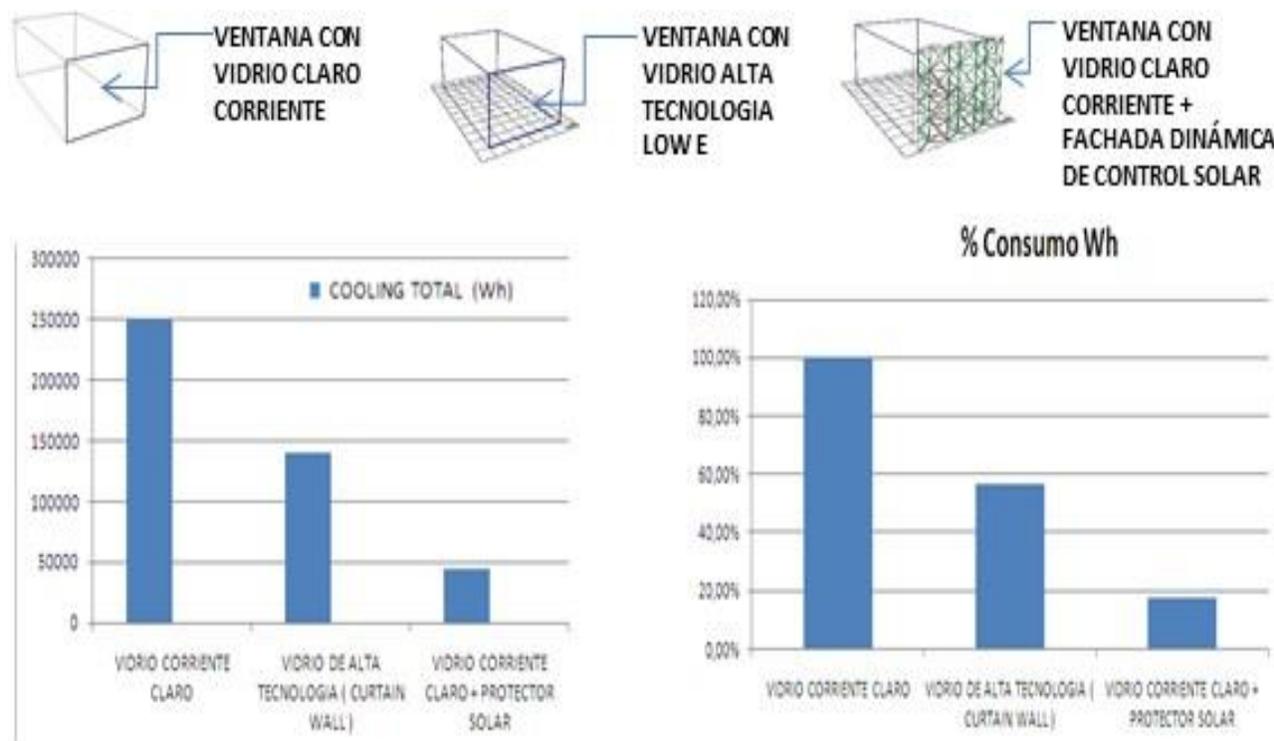
MONTHLY HEATING/COOLING LOADS		
Zone: Zone 2		
Operation: Weekdays 07-16, Weekends 00-00.		
Thermostat Settings: 20.0 - 24.0 C		
Max Heating: 0.0 C - No Heating.		
Max Cooling: 1415 W at 14:00 on 26th October		
MONTH	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0
Feb	0	0
Mar	0	0
Apr	5335	5335
May	30311	30311
Jun	0	0
Jul	0	0
Aug	69241	69241
Sep	29605	29605
Oct	6307	6307
Nov	0	0
Dec	0	0
TOTAL	140800	140800



MONTHLY HEATING/COOLING LOADS		
Zone: Zone 2		
Operation: Weekdays 07-16, Weekends 00-00.		
Thermostat Settings: 20.0 - 24.0 C		
Max Heating: 0.0 C - No Heating.		
Max Cooling: 822 W at 14:00 on 28th August		
MONTH	COOLING (Wh)	TOTAL (Wh)
Jan	0	0
Feb	0	0
Mar	0	0
Apr	0	0
May	774	774
Jun	0	0
Jul	0	0
Aug	33561	33561
Sep	9649	9649
Oct	0	0
Nov	0	0
Dec	0	0
TOTAL	43985	43985

Tabla comparativa entre sistemas de control solar en fachadas para determinar su eficiencia energética.

Tabla comparativa entre sistemas – Consumo por cargas de enfriamiento con aire acondicionado (Wh)



ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE MATERIALES Y GEOMETRIAS DE LOS ELEMENTOS DE CERRAMIENTO

DESARROLLO TECNOLOGICO

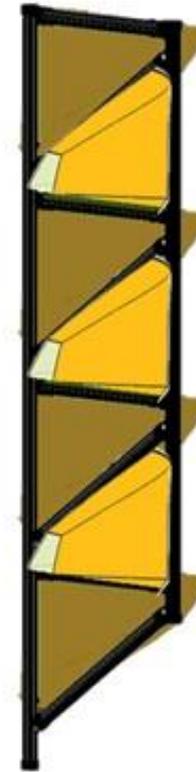
Cuadro de
diversas
posibilidades
de formas y
acabados al
sistema de
control solar



MEDIAS
PIRAMIDES



ROMANILLAS



CONOS
TRUNCADOS



LAMINA
MICROPERFORADAS

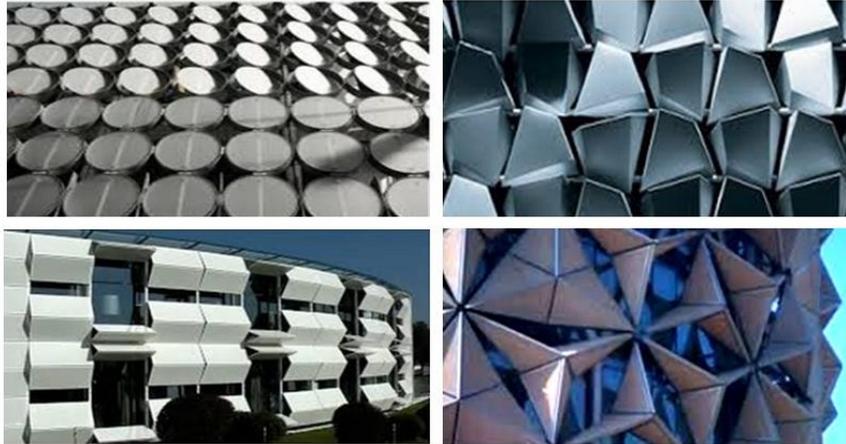


GEOMETRIA
COMPLEJA

MATERIALES

ALUMINIO
MADERA
PLASTICO
ALUCOBOND
MEMBRANAS TEXTIL PVC

HACIA A DÓNDE APUNTA LA INVESTIGACIÓN



Fuente: Fotos referenciales

**FACHADAS: ADAPTATIVAS – TRANSFORMABLES –
MÓVILES – CINÉTICAS – DINÁMICAS – ADAPTABLES AL
CLIMA**

Reingeniería en
fachadas dinámicas

CONCLUSIONES

1. Favorablemente la propuesta de cerramiento con vidrio corriente claro aunado al sistema de fachada dinámica de control solar, precisa una reducción mayor del 82,41% del consumo anual de cargas de enfriamiento del sistema de aire acondicionado.
2. Asimismo para las orientaciones más críticas estudiadas se pudo comprobar tamizado o sombreado de la radiación solar entre 57 y 100% en horas picos.
3. El sistema de control solar movable, permite experimentar configuraciones en su estructura, diferentes tipos de materiales, que la hacen eficiente tanto constructivamente, como económicamente, mediante un gasto mínimo de material como en su utilización sea lo más eficiente energéticamente posible y garantice el confort y la durabilidad, para avalar la habitabilidad en oficinas en el trópico.
4. Son resultados parciales se continuara realizando ajustes ambientales y tecnológicos hasta propuesta final.



¡ GRACIAS POR SU ATENCIÓN !

FACHADAS DINÁMICAS DE CONTROL SOLAR =
EFICIENCIA ENERGÉTICA + INNOVACIÓN
TECNOLÓGICA

Arq. Leonardo Alfonso Alvarado Picón,
Dra Arq. María Eugenia Sosa G., Dr. Carlos Hernández.
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEIC)