



PROYECTO SEMILLA PIS-15-12

"Identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética"

En la ciudad de Quito D.M., a los veinte y dos días del mes de marzo del año dos mil diecinueve, comparecen a la celebración de la presente Acta de Finalización del Proyecto de Investigación Semilla **PIS-15-12 "Identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética"**, por una parte la **Dra. Alexandra Alvarado** en calidad de **Vicerrectora de Investigación y Proyección Social** de la Escuela Politécnica Nacional, y por otra el **M.Sc. Carlos Andrés Naranjo Mendoza** en calidad de **Director del Proyecto de Investigación Semilla PIS-15-12**, al tenor de lo siguiente:

1. ANTECEDENTES:

- a) El 4 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 22, se aprueba el cronograma para la convocatoria de proyectos de investigación 2015.
- b) El 11 de mayo de 2015, al amparo de lo dispuesto por el Consejo de Investigación y Proyección Social (CIPS), mediante Resolución Nro. 32, se ratifica el calendario para los proyectos de investigación aprobado en la Resolución Nro. 22
- c) Una vez realizado el proceso de evaluación de los proyectos de investigación de la convocatoria 2015, en sesión ordinaria del 21 de septiembre de 2015 y al amparo de lo dispuesto por CIPS, mediante Resolución Nro. 53, se resuelve aprobar el informe final de los proyectos de investigación propuestos de la convocatoria 2015, entre ellos el denominado: **"Identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética"** presentado por el M.Sc. Carlos Andrés Naranjo Mendoza.

2. DATOS GENERALES DEL PROYECTO:

Código de Proyecto	PIS-15-12
Nombre del Proyecto	<i>Identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética</i>
Directora del Proyecto	NARANJO MENDOZA CARLOS ANDRES
Codirector	ORDOÑEZ MALLA FREDDY GEOVANNY



Departamento	Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)
Líneas de Investigación	Energías alternativas
Objetivo	Identificar los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética.
Duración del Proyecto	<ul style="list-style-type: none">• <i>Inicio</i>: 01 de junio de 2016• <i>Fecha de fin planeada</i>: 31 de mayo de 2017• <i>Fecha de fin prórroga ordinaria</i>: 31 de enero de 2018• <i>Fecha de fin prórroga extraordinaria</i>: 31 de julio de 2018
Entrega del Informe Final	28 de septiembre de 2018
Presupuesto asignado	\$ 15.000,00 USD (<i>Quince mil con 00/100</i>)
Presupuesto ejecutado	\$ 14.989,53 USD (<i>Catorce mil novecientos ochenta y nueve con 53/100</i>).

3. INFORME FINAL:

Con Memorando Nro. EPN-PIS-15-12-2018-0012-M del 28 de septiembre de 2018, suscrito por el M.Sc. Carlos Andrés Naranjo Mendoza, Director del Proyecto Semilla PIS-15-12, se presenta al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social - VIPS, el informe final del Proyecto Semilla PIS-15-12. La información fue recibida y revisada por la Dirección de Investigación y Proyección Social – DIPS.

Con Memorando Nro. EPN-VIPS-2019-0384-M del 6 de marzo de 2019, suscrito por la Dra. Alexandra Alvarado, Vicerrectora de Investigación y Proyección Social, se envió al M.Sc. Carlos Naranjo, Director del Proyecto Semilla PIS-15-12, las observaciones realizadas al Informe Final del Proyecto de Investigación Semilla PIS-15-12, y se solicitó que los cambios se entreguen hasta el viernes 15 de marzo de 2019, para proceder con la elaboración del acta de finalización correspondiente.

Con Memorando Nro. EPN-PIS-15-12-2019-0001-M, del 12 de marzo de 2019, el M.Sc. Carlos Naranjo, Director del Proyecto Semilla PIS-15-12, presenta al Vicerrectorado de Investigación y Proyección Social – VIPS, el Informe Final del Proyecto de Investigación Semilla PIS-15-12 con los cambios solicitados en el informe de observaciones del proyecto y con un documento de respuesta a las observaciones.

La documentación entregada por el director del proyecto PIS-15-12 se anexa a la presente acta y forma parte integrante de la misma, cuyas conclusiones, recomendaciones y productos generados son:

CONCLUSIONES:

- En el presente proyecto semilla se planteó como objetivo general la identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden el comportamiento térmico de viviendas en la ciudad de Quito. De manera general se puede concluir que los principales parámetros constructivos que inciden en el comportamiento térmico de las viviendas en Quito dependerán de la tipología constructiva de las viviendas. Así, cuando las viviendas se encuentran adyacentes a otras edificaciones, el material de las paredes es el parámetro



determinante. La forma en que se puede reducir el índice de discomfort térmico es mediante la mejora en los componentes constructivos de las paredes de las viviendas. Otras variables son relevantes como el porcentaje de acristalamiento y la infiltración. El porcentaje de acristalamiento no debería superar el 80% ya que generaría un comportamiento térmico muy oscilatorio por la falta de materiales de masa térmica. Asimismo, la infiltración a pesar de ser un parámetro menos relevante, influye mucho en el caso de viviendas con componentes térmicos adecuados en paredes. Por lo que la mejora en la hermeticidad de la construcción es muy importante.

- Para viviendas aisladas y/o de techo expuesto, se determinó que el techo es el elemento crítico de este tipo de configuración y que la mayor parte de calor se pierde a través de este elemento. Por lo que es muy importante mejorar en el uso de materiales de techo mediante uso de aislante para evitar pérdidas de calor excesivas en horas de la noche. De las variables meteorológicas se pudo comprobar mediante simulación y mediciones experimentales, que, con la configuración actual de viviendas, el comportamiento térmico de las viviendas es dominado por la temperatura ambiente.
- Como objetivos específicos se planteó determinar los rangos aceptables de confort térmico para ambientes residenciales en la ciudad de Quito. Durante el desarrollo de este proyecto se pudo determinar que los rangos de confort son prácticamente constantes a lo largo del año si se utiliza el modelo de confort térmico adaptativo. Sin embargo, es importante mencionar que los rangos de confort térmico son variables según la fisiología, edad, género y para tener una mayor precisión se necesita realizar estudios experimentales.
- Se desarrolló un modelo genérico de simulación energética para diferentes tipos de configuraciones de edificios que típicamente se encuentran en la ciudad de Quito. Se pudo demostrar que el modelo representa adecuadamente el comportamiento térmico de las viviendas típicas de Quito. El modelo fue validado experimentalmente con errores menores al 10%. No obstante, el modelo debe ser comparado con edificaciones de mayores superficies de planta. El modelo actual se enfocó en las dimensiones típicas de las viviendas sociales (menor a 80m²) por lo que las conclusiones de este proyecto no son totalmente extrapolables a edificaciones de superficies mayores o a edificaciones de usos diferentes que residenciales.
- Mediante simulación energética se pudo determinar que existen parámetros que son poco relevantes en el comportamiento térmico de viviendas como la orientación, o el tipo de ventana (simple o doble). Asimismo, se determinó que los parámetros con mayor incidencia son los de la envolvente térmica (paredes y techos). En viviendas con techo expuesto, el techo es el principal parámetro que afecta al comportamiento térmico de viviendas y en caso de realizar mejoras constructivas en este tipo de viviendas es de suma importancia modificar los materiales de techo con el fin de reducir el coeficiente de transferencia de calor del mismo. El uso de materiales aislantes es recomendado en el techo principalmente. Trabajo futuro se enfocará en determinar el uso adecuado de aislante sin un incremento excesivo en el costo de construcción de la vivienda.



RECOMENDACIONES:

- De acuerdo a los principales resultados y conclusiones del presente proyecto de investigación se recomienda dar continuidad a este tipo de estudios con fin de abrir una línea sólida de investigación en el área. Este tipo de estudios es de suma importancia no solamente en Quito sino en todo el país, principalmente en regiones con climas más extremos. Por lo que es muy importante se generen vínculos con otras entidades del país para extender este tipo de investigación a diferentes regiones del Ecuador.
- Es recomendable realizar estudios posteriores que se determinaron gracias a los resultados de esta investigación. Estos estudios deben enfocarse en el uso de diferentes materiales aislantes principalmente en el techo de edificaciones expuestas. Por otro lado, es importante que se amplíe el estudio a edificaciones de usos distintos a los residenciales como edificaciones de oficinas y comerciales.
- Es importante que se propongan estudios experimentales de confort térmico que permitan determinar los rangos adecuados de confort térmico para todo el país basado en experimentaciones.

PRODUCTOS:

1. Artículo publicado: *Sensitivity analysis of the variables affecting indoor thermal conditions on unconditioned dwellings in equatorial high-altitude regions from an experimentally validated model*; Ordoñez, F.; Jácome, F.; Castro, P.; Naranjo, C.; *Advances in Building Energy Research (Q2)*; marzo 2019; DOI: <https://doi.org/10.1080/17512549.2019.1582437>.
2. Artículo aprobado para publicación: *Building energy simulation to assess unconditioned buildings in equatorial latitude and high altitude regions*; Ordoñez, F.; Naranjo, C.; Jácome, F.; Castro, P.; *eSIM2018 Conference Proceedings*.
3. Conferencia: *Building energy simulation to assess unconditioned buildings in equatorial latitude and high - altitude regions*; Freddy Ordoñez; *eSIM 2018: Building simulation to support building sustainability*; mayo de 2018; Montreal, Canadá.
4. Poster: *Parámetros que influyen en el comportamiento térmico de una vivienda en Quito*; Freddy Ordoñez, Francisco Jácome, Paul Castro, Carlos Naranjo; *Feria Congreso de Aplicaciones de Ingeniería Mecánica en Edificaciones*; marzo de 2018; Quito, Ecuador.
5. Difusión a la comunidad politécnica: *Estudio sobre la movilidad humana y confort en las viviendas*; Freddy Ordoñez; Facultad de Ingeniería Mecánica; mayo 2018.
6. Difusión a la comunidad politécnica: *Parámetros que influyen en el comportamiento térmico de una vivienda en Quito*; Francisco Jácome; *Feria congreso de aplicaciones de ingeniería mecánica en edificaciones*; marzo 2018.
7. Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: *Estudio de sensibilidad de las características constructivas para edificios residenciales en Quito mediante simulación*; Paulo Renato Castro Da Silva; mayo 2017; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17262>.



8. Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: *Estudio de sensibilidad de los parámetros que influyen en el comportamiento térmico de una vivienda de Quito con ganancias internas usando simulación energética*; Francisco José Jácome Llerena; septiembre 2018; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19743>.
9. Proyecto de titulación de Ingeniería Mecánica: *Estudio experimental del comportamiento térmico de una vivienda en Quito situada en el barrio La Vicentina*; Jeannette Elizabeth Muñoz Carrillo, Inés Alexandra Prado Pozo; enero 2018; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19121>.
10. Plan de titulación aprobado: *Estudio de modelos de confort térmico en zonas de altitud en la región de los andes ecuatorianos*; Adriana Cuenca.
11. Plan de titulación aprobado: *Evaluación experimental del comportamiento térmico de distintas tipologías de viviendas para clima templado*; Alex Toasa.
12. Tesis de maestría: *Estudio de la influencia del factor de forma sobre la temperatura operativa de edificaciones en la ciudad de Quito, mediante simulación en EnergyPlus*; Edwin Javier Cárdenas Ramos, Daniel Efraín Fernández Jiménez; diciembre 2017; <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18988>.

4. LIQUIDACIÓN ECONÓMICA:

El Proyecto Semilla PIS-15-12 contó con asignación presupuestaria del VIPS de \$15.000,00 USD (quince mil dólares americanos con 00/100), y se ejecutó \$14.989,53 USD (Catorce mil novecientos ochenta y nueve con 53/100).

5. FINALIZACIÓN:


Con la presente Acta se declara finalizado y cerrado el Proyecto de Investigación Semilla PIS-15-12: "**Identificación de los principales parámetros constructivos y meteorológicos que inciden en el comportamiento térmico de una edificación residencial en Quito mediante simulación energética**".

Para constancia de lo ejecutado y por estar de acuerdo con el contenido de la presente Acta, las partes libre y voluntariamente suscriben la misma, en tres ejemplares de igual contenido, tenor y valor legal.

Dado en la ciudad de Quito, D.M. a los veinte y dos días de marzo del año dos mil diecinueve.


Dra. Alexandra Alvarado
Vicerrectora de Investigación
y Proyección Social

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Y PROYECCIÓN SOCIAL


M.Sc. Carlos Naranjo
Director del Proyecto Semilla
PIS-15-12

cr/cc