



## Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)

**DESARROLLO DE INSUMOS PARA UNA PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN Y/O AJUSTE DEL CAPÍTULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN: NEC-HS-EE**

16.10.2023



## **INFORME 4: CONSOLIDACION DEL ESTUDIO**

*El presente estudio fue encargado por el consorcio del proyecto CEELA dentro de las actividades del “Outcome 3.- Marco regulatorio”. El contenido de este, así como sus conclusiones, son el resultado del análisis realizado por los autores.*

### **Autores**

Guillermo Soriano

Andrea Lobato

José Macías

Frank Porras

Pamela Zhindon

### **Supervisión general**

EBP Chile

### **Contraparte técnica**

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI)

## Índice

---

1.	Resumen ejecutivo	3
2.	Revisión y análisis de mecanismos de control, verificación y aplicación de la NEC-HS-EE.	4
3.	Definición de mecanismos de verificación y control del cumplimiento (GADs municipales)	4
3.1.	Herramienta de verificación de cumplimiento NEC-HS-EE	4
3.2.	Características de la Herramienta.	6
3.2.1.	Arquitectura de la aplicación	6
3.2.2.	Frameworks utilizados para el desarrollo de la aplicación	6
3.2.3.	Módulos de la aplicación	7
3.3.	Código Fuente y Ambiente de Prueba.	11
4.	Estrategias de verificación y control a medio y largo plazo.	12
4.1.	Laboratorios para verificación de propiedades térmicas de materiales de construcción	12
4.2.	Profesionales acreditados para verificación de cumplimiento (Inspectores)	13
4.3.	Definición de mecanismos para la supervigilancia desde MIDUVI	13
4.3.1.	Creación de una autoridad competente	13
4.3.2.	Acreditación de profesionales	14
4.3.3.	Sanciones y Penalizaciones	15
5.	Capacitaciones y presentaciones de los productos de la consultoría.	16
Anexo 1:		30

---

## 1. Resumen ejecutivo

El presente informe se centra en la definición de mecanismos de verificación y control del cumplimiento de la normativa NEC-HS-EE por parte de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) municipales en Ecuador y a nivel de Ministerio (MIDUVI).

Como mecanismo inicial para el cumplimiento de la normativa se propone el uso de una herramienta de verificación sobre la aplicación de la NEC-HS-EE. La misma que deberá utilizarse en la etapa de diseño, donde los desarrolladores deben autoevaluar si su proyecto cumple o no con los requisitos de la normativa vigente. Los resultados se envían a las organizaciones de control para su verificación previo a la emisión del permiso de construcción.

La Herramienta se constituirá de una aplicación en línea que permite al usuario ingresar de manera sencilla el detalle de la composición de la envolvente de la vivienda y verificar si el diseño cumple con las prescripciones mínimas establecidas en la NEC-HS-EE. Adicionalmente, la herramienta cuantifica la mejora en el desempeño energético de la vivienda, comparando contra una tipología de edificación caracterizada en los productos previos de esta consultoría. Otra característica relevante de la herramienta, es su potencial para almacenar información de los diseños y los resultados del desempeño de cada proyecto.

Además, se propone la inclusión de otras medidas de mediano y largo plazo, tales como la implementación de laboratorios que permitan el control de calidad sobre los productos de la construcción y profesionales acreditados para evaluar el cumplimiento de los requisitos de la norma a través de soporte documental o inspecciones en sitio.

El Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) juega un papel crucial en la supervisión y cumplimiento de la normativa. Se propone que a mediano o largo plazo se establezca una autoridad específica para controlar y supervisar el trabajo de inspectores acreditados, así como un programa de acreditación profesional con requisitos claros, exámenes y estándares éticos.

Finalmente, se enfatiza la necesidad posterior de implementar mecanismos de sanción en caso de incumplimiento de los requisitos de la normativa. Para este propósito se estima pertinente implementar un proyecto para fortalecer el marco regulatorio y permitir que los GADs municipales generen ordenanzas locales. Estos mecanismos son esenciales para garantizar el cumplimiento de la normativa y promover la eficiencia energética en la construcción en Ecuador.

## 2. Revisión y análisis de mecanismos de control, verificación y aplicación de la NEC-HS-EE.

A través de los productos previos de la consultoría y con ayuda de la participación de los actores clave en el marco de la aplicación de la NEC-HS-EE, se concluye que la normativa vigente presenta limitaciones concernientes a sus mecanismos de monitoreo, verificación y aplicación, evaluación de impacto regulatorio, indicadores de desempeño y procedimientos de mejora continua.

Por otro lado, la normativa no se encuentra adecuadamente articulada con las políticas energéticas actuales (Ley Orgánica de Eficiencia Energética - LOEE y Contribuciones Nacionales Determinadas - NDCs), las cuales fueron emitidas posterior a la emisión de la NEC-HS-EE. Estas limitaciones dificultan el uso de la regulación y no permiten la mejora continua de la misma.

Aunque la NEC es de cumplimiento obligatorio, no existen mecanismos que aseguren que las construcciones cumplan con los estándares indicados en el capítulo NEC-HS-EE. En un primer nivel de control (monitoreo y aplicación) la competencia es de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) o municipios, sin embargo, estos no han desarrollado capacidades y ordenanzas para la evaluación de su cumplimiento y articulación con las realidades locales. En un segundo nivel no existen mecanismos para que a través del MIDUVI se regule la funciones de los GADs respecto al control del cumplimiento de la NEC-HS-EE.

Por otro lado, la construcción de capacidades a nivel nacional (verificación) implica la creación de redes de laboratorios acreditados para medición de propiedades térmicas de los materiales, con lo cual se pueda certificar las características técnicas ofrecidas por los fabricantes y el cumplimiento de estándares mínimos detallados en la normativa. Además, sirven para asegurar al consumidor final la calidad buscada, generando confianza para el mercado de edificaciones sostenibles. Actualmente en Ecuador existe un laboratorio para medición de propiedades térmicas regentado por el Instituto de Investigación Geológico y Energético IIGE y la ESPOL. Sin embargo, no existen aspectos vinculantes que obliguen la certificación de propiedades térmicas de materiales de construcción, dentro del contexto de la NEC.

## 3. Definición de mecanismos de verificación y control del cumplimiento (GADs municipales)

### 3.1. Herramienta de verificación de cumplimiento NEC-HS-EE

En la etapa de diseño, los desarrolladores deben autoevaluarse, ya sea utilizando su propio personal o un tercero acreditado, para ver si su proyecto cumple con los requisitos de la

NEC-HS-EE. Los resultados de los cálculos y los criterios utilizados para calcular el rendimiento energético mínimo deben enviarse a las autoridades locales para su verificación de cumplimiento antes de que se puedan emitir los permisos de construcción. Las autoridades locales revisarán los planos, los resultados de los cálculos (incluidos los supuestos considerados) y los informes de pruebas relacionados con los materiales de construcción. El objetivo es comprobar si los planos y materiales de construcción presentados para los permisos de construcción cumplen con los requisitos de la normativa vigente. La Figura 1-1. muestra este proceso y los actores involucrados. La verificación de cumplimiento en esta etapa se enfoca en el uso de una aplicación online (Herramienta NEC-HS-EE). Este mecanismo es una propuesta que se centra en fomentar de manera masiva el hábito de uso de la normativa, por esta razón, focaliza su diseño en la simplicidad y adaptabilidad de su uso.

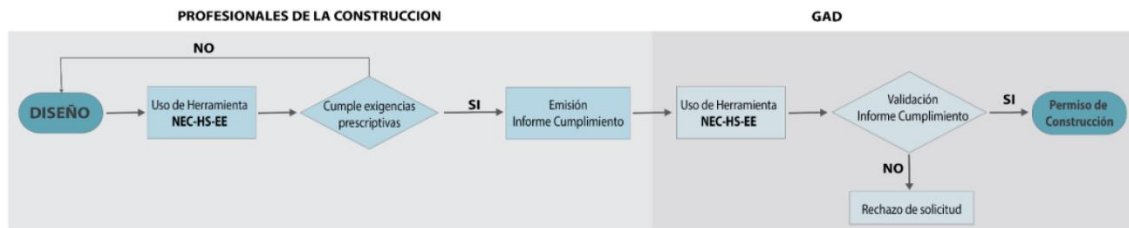


Figura 3-1: Diagrama de flujo para aplicación de la NEC-HS-EE

La herramienta de verificación de cumplimiento NEC-HS-EE es un software online de cálculo basado en una metodología definida en la propuesta de actualización de la NEC-HS-EE. La herramienta se utiliza para comprobar el cumplimiento de los requerimientos prescriptivos de la normativa. Las principales funciones de esta aplicación online son:

- i. Verificación de cumplimiento
- ii. Cuantificar el desempeño energético de la edificación
- iii. Cuantificar horas de confort
- iv. Recopilar y almacenar la información de cumplimiento

Es importante mencionar que inicialmente esta aplicación tiene que ser de uso gratuito para todos los profesionales o personas interesadas. Además, la información almacenada se puede utilizar para realizar un seguimiento del estado de implementación de la NEC-HS-EE en cada GAD municipal. El uso de esta herramienta se soporta en los criterios recogidos de las siguientes partes interesadas:

- Profesionales de la construcción para probar y validar sus diseños
- Departamentos/oficinas de control municipal para verificar el cumplimiento de la normativa

- Academia para evaluar los impactos de la normativa en la sociedad

Se propone que el alojamiento de esta aplicación se encuentre en servidores dentro de la academia. Esto por un lado puede servir para reducir los costos de actualización y desarrollo de la herramienta, y por otro para facilitar el acceso de la información y promover el desarrollo de estudios de impacto regulatorio con el fin de tener información para futuras actualizaciones de la normativa de construcción.

### 3.2. Características de la Herramienta.

#### 3.2.1. Arquitectura de la aplicación

La aplicación recibe los parámetros de la vivienda que ingresa el cliente por el frontend. Luego esa información es enviada al backend para realizar la simulación en el motor de simulación. En la base de datos se almacenan los catálogos de las opciones de la aplicación y los parámetros de la vivienda que se usaron en la simulación.

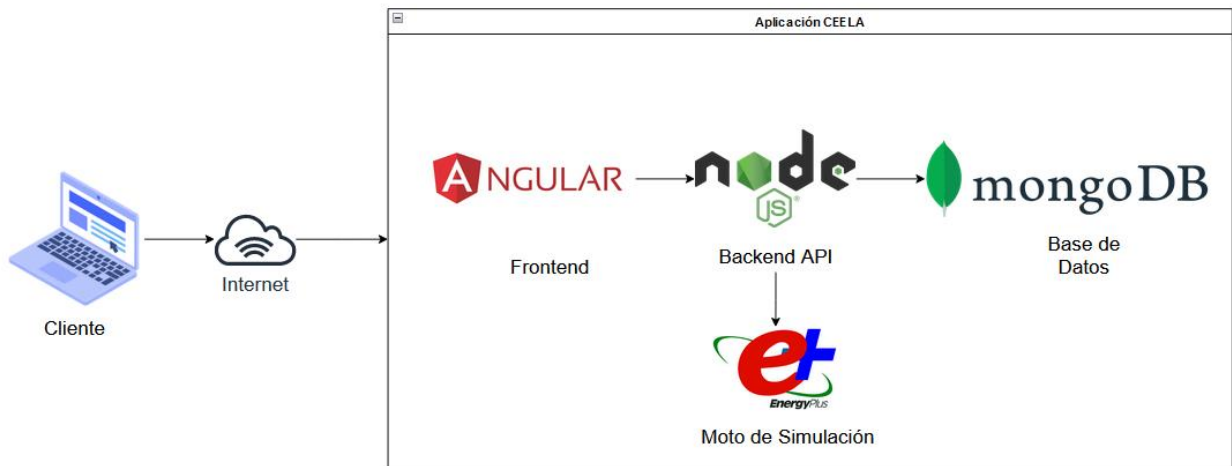


Figura 3-2: Arquitectura para la herramienta de aplicación de la NEC-HS-EE.

#### 3.2.2. Frameworks utilizados para el desarrollo de la aplicación

Framework del frontend:

- Angular

Framework del backend:

- NodeJS

Base de Datos:

- MongoDB

Motor de simulación:

- EnergyPlus

### 3.2.3. Módulos de la aplicación

#### Proyecto

En este módulo se ingresan los datos de propietario, responsable técnico y la ciudad donde está ubicado el proyecto. El sistema automáticamente sugiere la zona climática en base a la ciudad seleccionada.

Simulador Simular

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta 4. Techo expuesto 5. Piso en contacto con terreno 6. Ventana expuesta 7. Resultado

Nombre  
Nombre del proyecto

PROPIETARIO

CI/RUC  
CI/RUC

Nombre  
Nombre

TÉCNICO

CI/RUC  
CI/RUC

Nombre  
Nombre

UBICACIÓN

País  
Ecuador

Ciudad  
Machala

Zona climática  
Húmeda muy calurosa

Figura 3-3: Pantalla de inicio de proyecto de la herramienta NEC-HS-EE.

#### General

En este módulo se ingresa el tipo de vivienda y las dimensiones de la vivienda. El sistema calcula automáticamente el área de la vivienda.

## Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)

Simulador Simular

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta 4. Techo expuesto 5. Piso en contacto con terreno 6. Ventana expuesta 7. Resultado

**Tipo de vivienda**

Planta única    Dos Plantas    En Altura

Planta única  
 Dos plantas  
 En Altura

**Dimensiones**

Longitud Referencial en Fachada Frontal [m]  
Longitud Referencial en Fachada

Longitud Referencial en Profundidad [m]  
Longitud Referencial en Profundidad

Área Referencial [m2]  
Área Referencial

Altura Referencial [m]  
Altura Referencial

Figura 3-3: Pantalla de parámetros generales de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

### Pared expuesta

En este módulo se ingresa la materialidad de las paredes de la vivienda. El sistema calcula automáticamente el valor U por cada pared.

Simulador Simular

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta 4. Techo expuesto 5. Piso en contacto con terreno 6. Ventana expuesta 7. Resultado

**Pared Frontal** Valor U: 5.14 [W/m2-K]

[Agregar capa](#)

CAPA	MATERIAL	ESPESOR [CM]	K [W/M-K]	DENS. [KG/M3]	CP [J/KG-K]
Capa 1	Adobe 1600 kg/m3	2	0.95	1600	920

**Pared Posterior** Valor U: 0.0 [W/m2-K]

**Pared Izquierda** Valor U: 0.0 [W/m2-K]

**Pared Derecha** Valor U: 0.0 [W/m2-K]

Figura 3-4: Pantalla de pared expuesta de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

### Techo expuesto

En este módulo se ingresa la materialidad del techo de la vivienda. El sistema calcula automáticamente el valor U y SRI.

Simulador Simular

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta **4. Techo expuesto** 5. Piso en contacto con terreno 6. Ventana expuesta 7. Resultado

Agregar capa

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	K[W/M-K]	DENS. [KG/M3]	CP [J/KG-K]	ABS. SOL. [-]
Capa 1	Hormigón Armado (normal) 2400 Kg/m3	1.0	0,3	1400.0	1000.0	0.7

Valor U [W/m2-K]

SRI[-]

Figura 3-5: Pantalla de techo expuesto de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

### Piso en contacto con terreno

En este módulo se ingresa la materialidad del piso en contacto con el terreno de la vivienda. El sistema calcula automáticamente el valor U.

Simulador Simular

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta 4. Techo expuesto **5. Piso en contacto con terreno** 6. Ventana expuesta 7. Resultado

Agregar capa

CAPA	MATERIAL	ESPESOR	K[W/M-K]	DENS. [KG/M3]	CP [J/KG-K]
Capa 1	Hormigón Armado (normal) 2400 Kg/m3	1.0	0,3	1400.0	1000.0

Valor U [W/m2-K]

Figura 3-6: Pantalla de piso expuesto de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

### Ventana expuesta

En este módulo se ingresa el tipo de ventana de la vivienda para cada una de las paredes. El sistema calcula automáticamente el valor U y el SHGC por cada ventana.

## Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)

Simulador

1. Proyecto 2. General 3. Pared expuesta 4. Techo expuesto 5. Piso en contacto con terreno 6. Ventana expuesta 7. Resultado

Simular

Fachada Frontal	Valor U: 0.0 [W/m2-K]	SGHC 0.00 [-]
Fachada Posterior	Valor U: 0.0 [W/m2-K]	SGHC 0.00 [-]
Fachada Izquierda	Valor U: 0.0 [W/m2-K]	SGHC 0.00 [-]
Fachada Derecha	Valor U: 0.0 [W/m2-K]	SGHC 0.00 [-]

Figura 3-6: Pantalla de ventanas expuestas de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

## Resultados

En este módulo se muestran los resultados de la simulación.

**Datos del proyecto**

Nombre del Proyecto	---		
País	Ecuador		
Ciudad	Machala		
Propietario	Técnico		
CI/RUC	-	CI/RUC	-
Nombre	-	Nombre	-

**Tipología del proyecto**

Tipología	-		
Área Total	0.0 [m2]		
Zona Climática	Húmeda muy calurosa		

**Resumen de requisitos prescriptivo**

Techo		Piso	
Valor U	0.0 [W/m2-K]	Valor U	0.0 [W/m2-K]
SRI	0.0		
Ventana		Pared	
Frontal / Valor U	0.0 [W/m2-K]	Frontal / Valor U	5.14 [W/m2-K]
Posterior / Valor U	0.0 [W/m2-K]	Posterior / Valor U	0.0 [W/m2-K]
Izquierda / Valor U	0.0 [W/m2-K]	Izquierda / Valor U	0.0 [W/m2-K]

**Resultados del proyecto**

Su proyecto (cumple satisfactoriamente/no cumple) los requisitos prescriptivos de la NEC-HS-EE

El rendimiento del proyecto está XX% sobre el rendimiento de los métodos de construcción tradicionales.

**Imprimir resultado**

Figura 3-7: Pantalla de resultados de proyecto en la herramienta NEC-HS-EE.

### 3.3. Código Fuente y Ambiente de Prueba.

El código fuente generado para la implementación de la herramienta ha sido generado acorde a la arquitectura propuesta en la sección 3.2.1 del presente informe. El mismo ha sido entregado a través del siguiente enlace:

[https://drive.google.com/file/d/1YrjYx3yiDu8rNyCDFHIA0 - sUNB7Avz/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/1YrjYx3yiDu8rNyCDFHIA0 - sUNB7Avz/view?usp=share_link)

Finalmente, para la familiarización de los técnicos de la contraparte se habilitó un ambiente de pruebas de la herramienta a través de la siguiente IP:

[http://143.198.69.86:8080/eficiencia\\_energetica](http://143.198.69.86:8080/eficiencia_energetica)

### 4. Estrategias de verificación y control a medio y largo plazo.

Con la finalidad de incrementar gradualmente los mecanismos de control y verificación de la normativa y además evitar disrupciones de mercado, a continuación, se proponen algunas medidas para robustecer el marco regulatorio actual de la NEC-HS-EE.

#### 4.1. Laboratorios para verificación de propiedades térmicas de materiales de construcción

Dentro del contexto de la normativa es importante contar con capacidades nacionales de medición de propiedades térmicas de materiales de construcción. Esto con el fin de corroborar que los certificados de cumplimiento y las características indicadas en las fichas técnicas de los fabricantes/proveedores efectivamente cumplan con lo que especifican, garantizando al consumidor productos de calidad; y por otro lado permitiendo a los fabricantes tener una alternativa a nivel local para certificar y medir las propiedades de sus materiales, lo cual podría ser más económico que realizarlo en el exterior. En específico se requiere medir las siguientes propiedades:

- Conductividad térmica
- Reflectividad solar
- Emisividad solar

Además de la medición de propiedades térmicas de los materiales de construcción, los laboratorios deberían tener capacidades para determinar el valor de la transmitancia térmica (valor U) de los “paquetes constructivos”; permitiendo de esta forma que un determinado paquete pueda ser certificado acorde a los valores prescritos por la NEC-HS-EE. El valor U puede ser determinado mediante simulación por elementos finitos o empleando un método de cálculo normalizado. Actualmente la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) y el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) en conjunto cuentan con el único laboratorio a nivel nacional con estas capacidades; sin embargo necesita ser potenciado para incluir emisividad solar.

Es importante mencionar que los laboratorios para la verificación de propiedades térmicas de materiales de construcción tiene que estar acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) y que las pruebas y metodologías empleadas tienen que estar estandarizadas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), ambas entidades están adscritas al Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca (MPCIP). En la actualidad no se tienen laboratorios acreditados por el SAE y es necesario desarrollar un programa de certificación de materiales complementario.

Debido a esta carencia de capacidades se recomienda que de forma inicial se solicite que los fabricantes/proveedores realicen estas pruebas e incluyan la información de las propiedades térmicas antes mencionadas para poder verificar y demostrar el cumplimiento con la normativa. Específicamente se requiere que los fabricantes incluyan en sus fichas técnicas valores de Reflectividad solar, Emisividad solar, Conductividad térmica, Índice de reflectancia solar (SRI), Coeficiente de Ganancia de Calor Solar (SHGC) según sea el caso; además, es necesario que dispongan de información sobre las pruebas desarrolladas para determinar estos valores para fines de control del ente competente en este caso el INEN.

### 4.2. Profesionales acreditados para verificación de cumplimiento (Inspectores)

En la etapa de construcción se recomienda que la verificación sea desarrollada mediante terceras partes acreditadas (ver Figura 1-2); debido a que los recursos de los GADs municipales pueden ser limitados para ejecutar las distintas actividades de verificación de cumplimiento, las cuales son: revisión de fichas técnicas y certificados de materiales de construcción, auditoría in-situ para verificar que los materiales indicados se encuentren instalados, y finalmente la elaboración de un informe de cumplimiento y recomendación para la emisión de un permiso de ocupación.

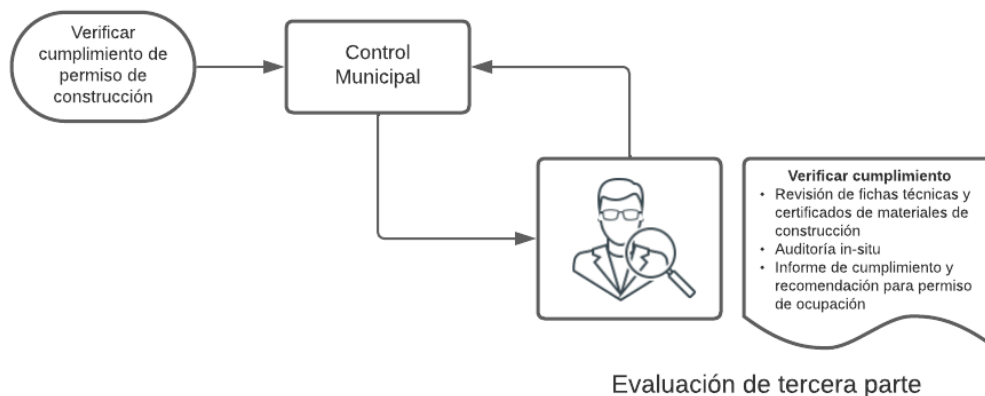


Figura 1-2: Control Municipal en la etapa de construcción de las edificaciones

Se recomienda que la incorporación de este mecanismo de control sea progresiva y se inicie mediante un proyecto piloto antes de su implementación a gran escala. Esto con el fin de generar normativa local complementaria como por ejemplo los permisos de ocupación, ganar apoyo y aceptación de los GADs, evaluar su impacto y mejorar procesos. De forma general, un programa piloto podría desempeñar un papel crucial en la planificación y ejecución de normativas, ya que proporciona un espacio para aprender, adaptar y validar enfoques antes de llevar a cabo implementaciones a gran escala. Esto ayuda a maximizar el éxito, minimizar riesgos y fomentar la innovación.

### 4.3. Definición de mecanismos para la supervigilancia desde MIDUVI

#### 4.3.1. Creación de una autoridad competente

El MIDUVI designa una autoridad específica que se encargue de supervisar y hacer cumplir la NEC-HS-EE. Esta entidad debe contar con el personal y los recursos necesarios. Se propone que este organismo desarrolle las siguientes actividades:

- Controlar y supervisar el trabajo de los inspectores. Los inspectores empleados para Verificación de cumplimiento deben estar acreditados por el organismo encargado de hacer cumplir la ley para garantizar controles de cumplimiento de buena calidad y limitar la corrupción.
- Desarrollar y mantener un catálogo de inspectores (CI), la Figura 1-3 muestra el procedimiento para la inclusión de profesionales a dicho catálogo
- Monitoreo de la implementación de la NEC-HS-EE
- Evaluación de la normativa

### 4.3.2. Acreditación de profesionales

Un programa de acreditación profesional debe diseñarse cuidadosamente para garantizar que los inspectores cumplan con los estándares necesarios y demuestren su competencia en el ejercicio de su profesión. Los componentes clave son:

- Requisitos de elegibilidad: Establecer criterios claros que los candidatos deben cumplir para ser elegibles para la acreditación. Esto podría incluir la educación formal, la experiencia laboral, la formación adicional, la membresía en una organización profesional y otros requisitos específicos del campo.
- Examen de certificación: Diseñar un examen que evalúe la competencia y el conocimiento del candidato.
- Documentación de la experiencia: Los candidatos pueden necesitar proporcionar evidencia de su experiencia laboral en el campo, como registros de trabajo, cartas de recomendación, carteras de proyectos o cualquier otra documentación relevante.
- Formación y educación continua: Establecer requisitos de educación continua para garantizar que los profesionales certificados sigan actualizándose en su campo y mantengan sus habilidades y conocimientos actualizados.
- Código de ética y estándares profesionales: Establecer un código de ética y estándares profesionales que los candidatos deben aceptar y seguir como parte de la acreditación. Esto promueve la ética y la conducta profesional en el campo.
- Tarifas de solicitud y examen: Establecer tarifas para la solicitud de acreditación y la realización del examen. Estas tarifas pueden ayudar a financiar el programa de acreditación y garantizar que los candidatos tengan un compromiso económico en el proceso.

## Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)

- Comité de revisión y supervisión: Designar un comité de expertos en el campo para revisar y supervisar el programa de acreditación, incluida la elaboración de exámenes, la evaluación de solicitudes y la toma de decisiones sobre la acreditación.
- Emisión de certificados y registro: Desarrollar un sistema para emitir certificados a los candidatos que cumplan con los requisitos y para mantener un registro actualizado de profesionales acreditación.
- Divulgación pública: Hacer públicos los nombres de los profesionales acreditación, lo que brinda a los empleadores y al público en general la posibilidad de verificar el estado de acreditación de un profesional.
- Evaluación y mejora continua: Continuar evaluando y mejorando el programa de certificación en función de los comentarios de los candidatos, los cambios en las mejores prácticas del campo y los avances en la industria.
- Colaboración con organizaciones profesionales: Trabajar en colaboración con organizaciones profesionales en el campo para garantizar la coherencia entre la acreditación estatal y los estándares de la industria.

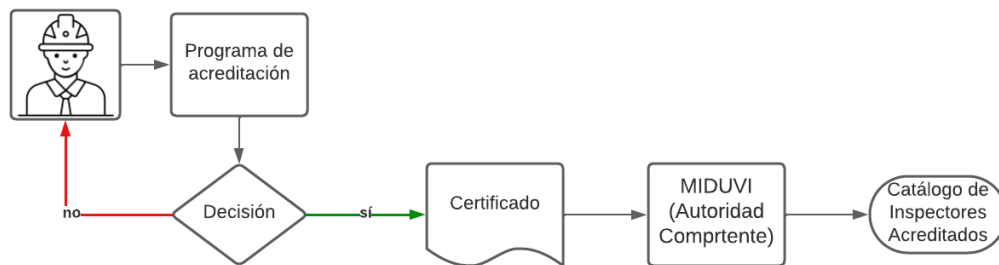


Figura 1-3: Flujograma para la inclusión de profesionales al catálogo de inspectores acreditados

### 4.3.3. Sanciones y Penalizaciones

Las sanciones en caso de incumplimiento de la normativa tienen que incluir multas, subsanación de inconformidades, y denegación de permisos de ocupación de edificios. Este tipo de acciones no están estipuladas en el marco normativo de la NEC-HS-EE por tanto es necesario elaborar un Proyecto de Fortalecimiento del Marco Regulatorio para que las incluya. De esta forma los GADs municipales se pueden apalancar para generar sus ordenanzas locales.

## 5. Capacitaciones y presentaciones de los productos de la consultoría.

Como parte de los productos del trabajo, durante el proceso de conformación de la herramienta de verificación de la NEC-HS-EE se realizaron sesiones de trabajo con el equipo técnico de la contraparte interesada MIDUVI, atendiendo inquietudes sobre el establecimiento de los nuevos requisitos propuestos para la normativa y mostrando el funcionamiento de la nueva herramienta propuesta. Las figuras a continuación muestran evidencias de las sesiones de capacitación y presentaciones realizadas.

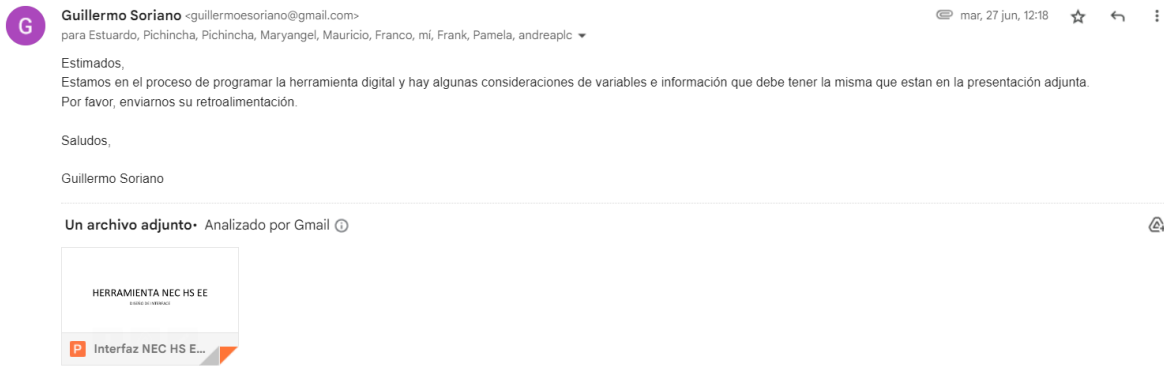


Figura 5-1.- Evidencia de las sesiones de trabajo con el equipo técnico del MIDUVI.



Figura 5-2.- Presentación de los resultados de la consultoría.

Adicionalmente, se presentan los resultados de comentarios y revisiones generadas a partir de reuniones con MIDUVI y sus colaboradores sobre la propuesta de actualización de NEC

### **Revisión del informe 3: propuesta de ajustes y actualización a la NEC-HS-EE**

En referencia al documento titulado “COMENTARIOS GENERALES DE LOS ESPECIALISTAS DE LA ACADEMIA 20 DE JULIO DE 2023” realizados al Informe 3, de la consultoría cuyo objetivo principal “es generar insumos técnicos que permitan actualizar/ajustar el capítulo de eficiencia energética de la NEC y disponga de mecanismos de verificación y control de su debido cumplimiento”, se considera de gran valor las sugerencias hechas a este informe. Por lo que, se realizó una atenta lectura a los comentarios de los especialistas en donde se identificaron aspectos que posiblemente se omitieron involuntariamente, al momento de solicitar la emisión de los comentarios; pero que resultan indispensables para puntualizar el contexto y atender a sus observaciones.

Entre los aspectos sobre los que se deben ampliar detalles están: los tiempos para ejecución, el alcance y carácter de la consultoría. Considerando que el documento base es la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Habitabilidad y Salud – Eficiencia Energética (NEC-HS-EE), disponible en la página web del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

En relación a los tiempos para ejecución de la consultoría, fueron asignados 365 días aproximadamente a partir de octubre de 2022. Tiempo en el cual se han llevado a cabo actividades con actores clave, incluyendo a la academia, con la intención de contar con sus valiosos aportes, todo esto coordinado a través de MIDUVI. Además, se entregaron informes previos de los avances hasta la fecha, además del informe 3. Este antecedente ayuda a delimitar la consultoría y responde a las sugerencias de los especialistas sobre profundizar estudios especializados que efectivamente contribuyen con la NEC-HS-EE, pero que no son realizables a corto plazo.

Con respecto al alcance, además de lo expuesto es importante mencionar que como resultado del análisis del estado actual de norma y de las actividades con actores clave se identificó que la NEC-HS-EE de obligatorio cumplimiento y vigente desde 2018, no está siendo aplicada. Dejando en evidencia que la principal debilidad de la Norma es su nula aplicación, particular que fue validado por el MIDUVI, quien está a cargo del desarrollo y actualización de la misma. Por otro lado, el desarrollo de capacidades formativas y de investigación dentro del contexto de la NEC-HS-EE, es competencia de las Instituciones de Educación Superior (IES). Las IES estructuran, aprueban y ejecutan planes educativos y de investigación a largo plazo, los cuales pueden ser promovidos a través de este tipo de consultorías.

Mediante el carácter técnico de la NEC-HS-EE se establecen “criterios y requisitos mínimos a ser considerados en el diseño y construcción de las nuevas edificaciones y remodelaciones de uso residencial a nivel nacional, con el fin de optimizar el consumo energético, asegurando el confort térmico de los usuarios en función del clima de la localidad” diferente a evaluar el desempeño de una edificación modelo, lo que resultaría limitante para el ajuste de la normativa. Sin embargo, gracias a este provechoso intercambio de criterios con

expertos de la academia, se propondrá incluir una agenda de investigación involucrando el rol clave de la academia para acompañar el proceso de fortalecimiento continuo de la normativa.

Si bien la aplicación de la normativa es de carácter obligatorio, parte de su incumplimiento tiene que ver con la complejidad de sus requerimientos prescriptivos y ambigüedad en su esquema de cumplimiento. Es por esto que se busca generar insumos técnicos que respondan a la realidad nacional y permitan promover la aplicabilidad de la NEC-HS-EE a través de condiciones favorables para iniciar su adopción y masificar su uso.

A continuación, se da respuesta a los comentarios de los especialistas:

### USFQ – Rafael Soria

- **No concuerdo en la forma de argumentarlo, especialmente en el informe ejecutivo, se sugiere bajar el nivel de exigencia. Debería ser reformulado. Justamente la política busca reducir brechas, pero incrementando el uso de la norma, no reduciendo la exigencia. Seguro lo pueden reformular de otra forma, destacando la viabilidad real y la forma de control.**

Atendiendo a la sugerencia se reescribió el resumen ejecutivo. Además, en las Tablas 4-2 a 4-5 del Informe 3 se añade con mayor detalle una comparación entre los valores prescriptivos actuales y los propuestos, facilitando el contraste entre los mismos y mostrando que el ajuste representa una mejora a los niveles de exigencia vigentes.

Los ajustes propuestos responden a los valores de las propiedades térmicas en los productos encontrados en el mercado local (Sección 3.1), y se determinan de acuerdo a un análisis paramétrico (Sección 3.3). La sección 3.2 describe la metodología para la evaluación de rendimiento de exigencias prescriptivas de la envolvente de la edificación.

Cabe indicar que el propósito de ajustar los valores prescriptivos de la NEC-HS-EE contribuye con la promoción del cumplimiento de la norma, puesto que el esquema actual presenta cierto nivel de ambigüedad y su cumplimiento no está siendo efectivo dentro del contexto local.

- **En algunos casos pienso que el término "transmitancia térmica" debe ser revisado, eventualmente se lo usa como sinónimo de "transferencia de calor" o "Transferencia de energía térmica por unidad de tiempo", es decir "potencia térmica" en Watios. En otros casos, se lo usa como sinónimo de coeficiente global de transferencia de calor. Sugiero usar "transferencia de calor".**

En la NEC-HS-EE vigente ya se encuentra una definición para el término transmitancia térmica (valor U), esta misma definición se emplea en el Informe 3. Se coloca la referencia para esta definición: ISO 6946:2007 Building Components and Building Elements – Thermal Resistance and Thermal Transmittance – Calculation Method y la ASHRAE 90.2 Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings.

Se añade un glosario de términos fundamentado en las definiciones de la NEC-HS-EE vigente y se unifican términos, usando transmitancia térmica (valor U).

- **Sugiero también adicionar algunas referencias de trabajos similares realizados en universidades de la Sierra.**

Se añadieron al informe las siguientes referencias:

- Miño-Rodríguez, Isabel, Carlos Naranjo-Mendoza, and Ivan Korolija. "Thermal assessment of low-cost rural housing—A case study in the Ecuadorian Andes." *Buildings* 6.3 (2016): 36.
- Romero Espinosa, Hugo Sebastián, et al. "Thermal comfort evaluation in a building with phase change materials in different ecuadorian climatic zones." *Innovation and Research: A Driving Force for Socio-Econo-Technological Development* 1st. Springer International Publishing, 2021.
- **Entendí que se usó 3 tipologías constructivas para todo el país. Pero la idea sería incentivar una tipología diferente adecuada al contexto Costa, sin replicar las tipologías de Sierra. Creo que eso se podría mejorar.**

Se identificaron tres tipologías de vivienda en base a datos oficiales disponibles en las Estadísticas de Edificaciones (ESED). Es necesario indicar que para ajustar los valores prescriptivos de la NEC-HS-EE, el alcance de la consultoría propone metodológicamente analizar el impacto de los materiales y elementos de la envolvente sobre el desempeño de la vivienda. La forma de vivienda o los criterios de diseño arquitectónico, deberán ser resueltos por los profesionales a cargo y su propietario.

Consideramos que formalmente una vivienda puede resolverse arquitectónicamente casi en infinitas formas y que no sería conveniente en este momento “incentivar una tipología diferente” para cada zona climática dentro de la NEC-HS-EE.

Esta explicación se coloca como nota al pie en la Tabla 3-6: Tipologías de Vivienda y sus características.

- **Finalmente, si bien la NEC es una norma, se deja completamente fuera el tema de capacitación a quienes usan la norma: arquitectos, maestros mayores y maestros. En algún lugar de la norma se debería sugerir el componente de capacitación para un uso apropiado.**

Coincidimos plenamente que la capacitación es clave y en conjunto con el Ministerio rector de vivienda se debe implementar un programa de formación continua en donde se incluya a los GADs, profesionales de la construcción, academia, entre otros. Esta observación es atendida con lo propuesto en la Tabla 4-7.- Actividades propuestas para facilitar la adopción de la NEC-HS-EE actualizada.

- **Pienso que la eliminación del condicionante a y b mejora la normativa, sin embargo, la eliminación de los condicionantes b y d restan posibilidades a la norma. En cuanto a la condición acondicionada/no acondicionada, esta diferenciación es fundamental principalmente en climas cálidos (ZC1 y ZC2), en donde una vivienda acondicionada debe tener un alto aislamiento para reducir entradas de calor (aire acondicionado), mientras que una vivienda no acondicionada no lo necesita (enfriamiento nocturno, protección solar). Así mismo, tener una restricción en el coeficiente global de la envolvente limita el excesivo uso del vidrio común en la envolvente que puede llegar a significar altas ganancias solares que deberán ser canceladas con aire acondicionado.**

**En lo referente a eliminar la diferenciación entre espacios climatizados y no climatizados para el ajuste de requerimientos mínimos de propiedades térmicas de materiales:**

Se propone definir una categoría única para espacios habitables, en donde se establecen requisitos mínimos que mejoren el desempeño de la vivienda. La NEC-HS-EE actual genera un criterio ambiguo al momento de elegir un camino de cumplimiento, ya que el profesional a cargo del diseño puede definir su categoría de espacio libremente y elegir el camino de menor exigencia (requerimientos para espacios no climatizados), esto no beneficia la aplicación de la normativa.

El Informe 3 en su sección 4.1 resuelve esta debilidad proponiendo un ajuste de requisitos mínimos que toda vivienda debe de cumplir en su envolvente, ya sea que esté climatizada o no. Esto es una práctica común en normativas internacionales como **ASHRAE 90.2 Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings**, donde se definen requisitos mínimos para viviendas sin diferenciar entre espacios climatizados y no climatizados. En la NEC-HS-EE vigente la separación de requerimientos prescriptivos entre espacios climatizados y no climatizados proviene de los lineamientos de la **ASHRAE 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**; por lo tanto, el equipo consultor concluye conveniente ajustar el enfoque de aplicación de requisitos mínimos, para promover el uso de la normativa.

A esto se debe sumar que actualmente la definición de espacio climatizado o no climatizado no está regulado por las Ordenanzas Municipales, las cuales definen únicamente espacios habitados o no habitados. Por otro lado, no existe ninguna regulación a nivel residencial que obligue a realizar una verificación de espacios in-situ. En este sentido existe una brecha por atender entre las herramientas regulatorias.

Además, la práctica común en Ecuador para el uso de aires acondicionados a nivel residencial es definido en la etapa de ocupación de la vivienda por el propietario y no en el proyecto arquitectónico objeto de la NEC-HS-EE. Esta diferenciación de espacios climatizados y no climatizados requeriría que la decisión se considere una reforma mayor y contar con los permisos adecuados para cumplimiento de la norma.

**En referencia al coeficiente global de transferencia de calor del edificio (G):**

En el informe 3, en su tabla 4-1: Diagnóstico y acciones propuestas para el conjunto de exigencias prescriptivas de la NEC-HS-EE, el equipo consultor resuelve eliminar este mecanismo alternativo de cumplimiento, ya que también genera ambigüedad en la aplicación de las exigencias. Además no representa una mejora en la flexibilidad del diseño, más bien, lo limita a mejorar únicamente la transmitancia térmica (valores U), sin diferenciar otros parámetros críticos como el SHGC en acristalamientos o SRI en superficies (sección 3.1.1 del informe 3).

Es necesario aclarar que no existe “una restricción en el coeficiente global de la envolvente que limite el excesivo uso del vidrio común en la envolvente que puede llegar a significar altas ganancias solares que deberán ser canceladas con aire acondicionado”, ya que el (G) únicamente plantea un camino alternativo de cumplimiento mediante  $G_{calculado} \leq G_{base}$ . Para el  $G_{base}$  se usan los valores indicados por las exigencias prescriptivas de la norma.

La NEC-HS-EE vigente en su sección 4.2 Coeficiente Global de Pérdida por Transmisión plantea el uso de un “coeficiente global de transferencia de calor del edificio (G)”, cuya obtención está dada mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{\sum U_m \times S_m + \sum U_t \times S_t + \sum U_p \times S_p + \sum U_v \times S_v}{V_T}$$

Donde:

$U_m$  = coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores,  $W/m^2K$

$U_t$  = coeficiente global de transferencia de calor de techo,  $W/m^2K$

$U_p$  = coeficiente global de transferencia de calor de piso,  $W/m^2K$

$U_v$  = coeficiente global de transferencia de calor de ventanas,  $W/m^2K$

$S_m$  = superficie total de muros exteriores,  $m^2$

$S_t$  = superficie total del techo,  $m^2$

$S_p$  = superficie total del piso,  $m^2$

$S_v$  = superficie total de ventanas,  $m^2$

$V_T$  = volumen interior total de la edificación,  $m^3$

Como se puede observar, la expresión toma en cuenta únicamente las transmitancias térmicas (valores U) para muros exteriores, techo, piso y ventanas, dándoles un peso equitativo en su influencia y descartando acciones de mejora en SHGC o SRI.

Uno de los insumos a ser entregados para la actualización de la NEC-HS-EE propone una ruta de cumplimiento alterna en base al desempeño que otorgue flexibilidad en el diseño de edificaciones y permita la adopción de prácticas pasivas de construcción.

- **Los consultores también proponen cambiar los valores umbrales de los coeficientes U, SHGC y SRI de la envolvente. Este punto es el más sensible del estudio. Para tener indicadores de qué valores son convenientes el equipo consultor primero compara los valores que se obtienen con la construcción tradicional en Ecuador (que se debería modificar) y lo que prescribe la normativa. Luego realizan un estudio paramétrico simplificado para obtener valores de referencia. Aquí cabe indicar que obtener valores acertados requiere de un trabajo sistemático y largo, ya que la cantidad de variables**

**que influyen sobre el comportamiento térmico de una vivienda y su interrelación es altamente compleja. En este sentido los valores obtenidos deben ser contrastados y afinados. Por ahora, los valores sugeridos por el equipo consultor no son más representativos que los que ya estaban en la norma. Hacen falta más estudios locales.**

En la sección 3.1 del Informe se presentan las brechas identificadas en el contexto local, una de ellas es la gran diferencia entre exigencias prescriptivas y las propiedades térmicas de los productos del mercado local. En la sección 3.3 se realiza un análisis paramétrico para evaluar el impacto de estas exigencias prescriptivas y plantear una propuesta de ajustes factible al contexto local. Por tanto concluimos que la propuesta de ajuste del Informe 3 representa una mejora a la NEC-HS-EE vigente; en todo caso es importante indicar que las normativas necesitan un proceso de mejora continua para que sean efectivas, este trabajo representa un paso inicial para este proceso.

Como parte de las actividades del presente estudio se han realizado talleres para el reconocimiento de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la NEC-HS-EE vigente, donde las partes interesadas concuerdan que existen varios factores estructurales que limitan la aplicación de la NEC-HS-EE, estos son: esquema de cumplimiento ambiguo, brechas entre el contexto local y las exigencias prescriptivas de la normativa, y falta de mecanismos de control; y por lo tanto es necesario actuar lo antes posible para reducir estas limitaciones.

En el contexto actual urge tomar acciones que no vayan en detrimento de las personas más vulnerables. En este sentido las limitaciones identificadas se pueden reducir mediante el planteamiento de un esquema que promueva la adopción de la NEC-HS-EE, con prescripciones acorde a las realidades del mercado local.

Aunque la NEC-HS-EE es de obligatorio cumplimiento, es bien conocido por las partes interesadas que la norma nunca se llegó a aplicar o a evaluar de manera efectiva. En este sentido estamos de acuerdo en promover estudios de campo que aporten información sobre el desempeño de la norma. Para ello una de las acciones propuestas en la Tabla 4-7 del Informe 3 es la construcción de casas modelo para promover y evaluar los impactos de la norma. Coincidimos que estudios sistemáticos, a mediano y largo plazo deben ser parte de esta mejora continua. Por otro lado, es importante que la academia, el gobierno y la empresa privada generen una agenda de investigación conjunta como parte de la hoja de ruta de la política en mejora de sostenibilidad en el ambiente construido. Sin embargo los estudios que señala el revisor están fuera del alcance de la presente consultoría.

- **Así mismo, hacen falta más estudios que indiquen los valores de resistencia térmica de los materiales usados localmente.**

Concordamos con este comentario, replicando lo mencionado anteriormente sobre los tiempos que estos requieren y salen fuera de los establecidos en esta consultoría.

Asimismo, parte de los mecanismos de Monitoreo, Verificación y Aplicación a ser propuestos consideran el fortalecimiento de la infraestructura del país con relación a laboratorios con capacidades de medición de propiedades térmicas.

- **Como lo mencionan los consultores, es importante contar con una herramienta simplificada de verificación de cumplimiento de la norma. Esta herramienta debe ser de fácil utilización, tanto para ingenieros, arquitectos, funcionarios que verifiquen el cumplimiento, etc. En este sentido, mi recomendación es que esta herramienta use correlaciones, inteligencia artificial u otra aproximación para evitar motores de simulación complejos. La academia puede aportar con este componente. Existen grupos de investigación trabajando en este tema en varias universidades y en varias ciudades del país y que podríamos trabajar en este desarrollo.**

Es importante mencionar que la herramienta propuesta es una versión inicial, que atiende a las necesidades de proveer un instrumento que viabilice la aplicación de la norma, la cual puede mejorarse progresivamente como cualquier software, añadiendo capacidades en función del interés nacional. Consideramos de gran valor el aporte de la academia en las etapas de pruebas, aplicación, validación y futuros desarrollos de esta herramienta pues estamos seguros que la madurez tecnológica permitirá ampliar la interacción con machine learning para la evaluación de regulaciones y políticas energéticas del sector de la construcción. Actualmente el uso de IA, tiene aspectos de diferente índole (legal, autoría, control, etc.) que podrían comprometer la intención de establecer parámetros de control sobre los procesos del uso eficiente de energía en edificaciones.

Cabe recalcar que el motor de cálculo de la herramienta propuesta es EnergyPlus y es de código abierto (está disponible bajo el tipo de licencia BSD-3-like), lo que significa que puede ser redistribuido y usado en forma de código fuente y binaria, con o sin modificación. EnergyPlus está basado en principios fundamentales de equilibrio térmico, permitiendo un análisis dinámico, y está probado bajo los lineamientos del Método Estándar de Prueba para la Evaluación de Programas Informáticos de Análisis Energético de Edificios ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 y además cumple con ISO 52016-1:2017 Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures.

- **Finalmente, dentro de la ruta planteada debería contemplarse un componente formativo que ayude a la comprensión de los conceptos de transferencia de calor dentro de las viviendas y de las técnicas constructivas nuevas que son necesarias para cumplir con la normativa, tanto para profesionales como para obreros de la construcción.**

Coincidimos plenamente que la capacitación es clave y en conjunto con el Ministerio rector de vivienda se debe implementar un programa de formación continua en donde se incluya a los GADs, profesionales de la construcción, academia, entre otros. Esta observación es atendida con lo propuesto en la Tabla 4-7.- Actividades propuestas para facilitar la adopción de la NEC-HS-EE actualizada.

- **La normativa se enfoca en eficiencia energética, es decir en un modo de reducir el consumo energético asociado a viviendas. Las viviendas de mayor consumo energético se centrarán en la ZC1 y ZC2, las cuáles (en muchos casos) cuentan con sistemas de aire acondicionado. Es justamente sobre esas viviendas que los esfuerzos deben ser centrados para la reducción de consumo de energía de los equipos activos. Por otro lado, poner requerimientos de bajo coeficiente de transferencia de calor a viviendas que no son o no serán acondicionadas generará un incremento en el desconfort por retención de calor. Mi sugerencia es mantener por separado los requerimientos de viviendas acondicionadas y no acondicionadas.**

**En lo referente a eliminar la diferenciación entre espacios climatizados y no climatizados para el ajuste de requerimientos mínimos de propiedades térmicas de materiales:**

Se propone definir una categoría única para espacios habitables, en donde se establecen requisitos mínimos que mejoren el desempeño de la vivienda. La NEC-HS-EE actual genera un criterio ambiguo al momento de elegir un camino de cumplimiento, ya que el profesional a cargo del diseño puede definir su categoría de espacio libremente y elegir el camino de menor exigencia (requerimientos para espacios no climatizados), esto no beneficia la aplicación de la normativa.

El Informe 3 en su sección 4.1 resuelve esta debilidad proponiendo un ajuste de requisitos mínimos que toda vivienda debe de cumplir en su envolvente, ya sea que esté climatizada o no. Esto es una práctica común en normativas internacionales como **ASHRAE 90.2 Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings**, donde se definen requisitos mínimos para viviendas sin diferenciar entre espacios climatizados y no climatizados. En la NEC-HS-EE vigente la separación de requerimientos prescriptivos entre espacios climatizados y no climatizados proviene de los lineamientos de la **ASHRAE 90.1 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**; por lo tanto, el equipo consultor concluye conveniente ajustar el enfoque de aplicación de requisitos mínimos, para promover el uso de la normativa.

A esto se debe sumar que actualmente la definición de espacio climatizado o no climatizado no está regulado por las Ordenanzas Municipales, las cuales definen únicamente espacios habitados o no habitados. Por otro lado, no existe ninguna regulación a nivel residencial que obligue a realizar una verificación de espacios in-situ. En este sentido existe una brecha por atender entre las herramientas regulatorias.

Además, la práctica común en Ecuador para el uso de aires acondicionados a nivel residencial es definido en la etapa de ocupación de la vivienda por el propietario y no en el proyecto arquitectónico objeto de la NEC-HS-EE. Esta diferenciación de espacios climatizados y no climatizados requeriría que la decisión se considere una reforma mayor y contar con los permisos adecuados para cumplimiento de la norma.

- **No me es claro cómo se calculó el coeficiente U para cada tipo de vivienda. Según la normativa ASHRAE 90.1 este coeficiente se diferencia del R-value por considerar las resistencias de convección interiores y exteriores. En el documento no es claro sobre**

**esta consideración. Si no se lo hizo así es probable que los valores U propuestos sean más bajos en la realidad.**

Sección 3.1.1, nota al pie 17. Los valores U calculados consideran las resistencias superficiales estándar, método de referencia ISO 6946:2007 Building Components and Building Elements – Thermal Resistance and Thermal Transmittance – Calculation Method.

- **El uso del coeficiente global G comparándolo con un G base es adecuado para dar flexibilidad a los constructores. Al eliminar esta opción un constructor podría hacer una vivienda 100% acristalada con un valor U muy permisivo y esto causaría un alto consumo de energía por equipos de enfriamiento o un sobre calentamiento excesivo. La consideración del valor G es adecuada para estos casos, es decir un constructor podría construir una vivienda 100% acristalada siempre y cuando el valor G sea menor o igual al valor G de base (con 40% de acristalamiento) en ese caso el constructor tendría que utilizar vidrio doble y de alta reflexión para cumplir ese criterio. Sugiero que se mantenga ese criterio y que incluso se lo detalle más para considerar la reflectividad de las ventanas.**

#### **En referencia al coeficiente global de transferencia de calor del edificio (G):**

En el informe 3, en su tabla 4-1: Diagnóstico y acciones propuestas para el conjunto de exigencias prescriptivas de la NEC-HS-EE, el equipo consultor resuelve eliminar este mecanismo alternativo de cumplimiento, ya que también genera ambigüedad en la aplicación de las exigencias. Además no representa una mejora en la flexibilidad del diseño, más bien, lo limita a mejorar únicamente la transmitancia térmica (valores U), sin diferenciar otros parámetros críticos como el SHGC en acristalamientos o SRI en superficies (sección 3.1.1 del informe 3).

Es necesario aclarar que no existe “una restricción en el coeficiente global de la envolvente que limite el excesivo uso del vidrio común en la envolvente que puede llegar a significar altas ganancias solares que deberán ser canceladas con aire acondicionado”, ya que el (G) únicamente plantea un camino alternativo de cumplimiento mediante  $G_{calculado} \leq G_{base}$ . Para el  $G_{base}$  se usan los valores indicados por las exigencias prescriptivas de la norma.

La NEC-HS-EE vigente en su sección 4.2 Coeficiente Global de Pérdida por Transmisión plantea el uso de un “coeficiente global de transferencia de calor del edificio (G)”, cuya obtención está dada mediante la siguiente expresión:

$$G = \frac{\sum U_m \times S_m + \sum U_t \times S_t + \sum U_p \times S_p + \sum U_v \times S_v}{V_T}$$

Donde:

$U_m$  = coeficiente global de transferencia de calor de muros exteriores,  $W/m^2K$

$U_t$  = coeficiente global de transferencia de calor de techo,  $W/m^2K$

$U_p$  = coeficiente global de transferencia de calor de piso,  $W/m^2K$

$U_v$  = coeficiente global de transferencia de calor de ventanas,  $W/m^2K$

$S_m$  = superficie total de muros exteriores,  $m^2$

$S_t$  = superficie total del techo,  $m^2$

$S_p$  = superficie total del piso,  $m^2$

$S_v$  = superficie total de ventanas,  $m^2$

$V_T$  = volumen interior total de la edificación,  $m^3$

Como se puede observar, la expresión toma en cuenta únicamente las transmitancias térmicas (valores U) para muros exteriores, techo, piso y ventanas, dándoles un peso equitativo en su influencia y descartando acciones de mejora en SHGC o SRI.

Uno de los insumos a ser entregados para la actualización de la NEC-HS-EE propone una ruta de cumplimiento alterna en base al desempeño que otorgue flexibilidad en el diseño de edificaciones y permita la adopción de prácticas pasivas de construcción.

- **Algunos resultados de las simulaciones son contradictorios, en primer lugar, se utiliza el rango de confort adaptativo, pero este rango solo es válido para viviendas no acondicionadas. En viviendas acondicionadas, si se quiere utilizar este rango se debe argumentar mejor. Por otro lado, no se explica claramente los valores base de las simulaciones, es decir que valores se mantienen fijo en paredes, piso y ventanas cuando se hace un análisis paramétrico en el techo. Algunos resultados de la zona climática 1 no son coherentes respecto al incremento del discomfort conforme se incrementa el valor U. Esto último sería válido para viviendas no acondicionadas, pero en el caso de viviendas acondicionadas, el incremento del valor U reducirá el consumo energético y esa debe ser la función objetivo. Considerar criterio de confort como función objetivo solo en el caso de viviendas no acondicionadas, pero usar criterio de consumo de energía en viviendas acondicionadas. Sin duda los resultados serán muy distintos para ambos casos.**

Se parte desde la premisa que es necesario definir una categoría única para espacios habitables, por tanto es necesario encontrar requerimientos mínimos que mejoren las condiciones de confort térmico (horas de confort), buscando reducir las brechas entre las propiedades térmicas de los materiales del mercado local y las prescripciones de la NEC-HS-EE. Por ello los resultados de las simulaciones energéticas priorizaron el uso del modelo de confort adaptativo.

Los valores base que se emplearon son resultado de un análisis del mercado actual teniendo en cuenta que una de las debilidades de la norma es su nula aplicación. Los valores encontrados para materiales del mercado local se encuentran en las siguientes tablas: Tabla

3-1: Transmitancia térmica de paredes típicas, Tabla 3-2: Análisis de exigencias de la NEC-HS-EE en paredes, Tabla 3-3: Transmitancia térmica de techos típicos, Tabla 3-4: Análisis de exigencias de la NEC-HS-EE en techos, Tabla 3-5: Análisis de exigencias la NEC-HS-EE en ventanas. Además la Tabla 3-6 muestra las tipologías y características empleadas.

La normativa busca proponer valores mínimos de desempeño energético en viviendas, no busca establecer óptimos de desempeño energético. Una vez aplicada la normativa se espera que todas las nuevas viviendas cumplan al menos los requerimientos establecidos en la NEC-HS-EE. El concepto de optimización de valores de propiedades térmicas sería relevante para una hoja de ruta hacia vivienda net zero energy o para incentivar mediante política pública esas prácticas, no en una normativa que busca establecer criterios mínimos.

- **EL uso de una herramienta informática de verificación del cumplimiento es correcto y es una de las soluciones de verificación más viables. Esto se lo puede hacer cada constructor a través de consultorías particulares etc. Sin embargo, si se quiere dar al constructor y al ente de control una herramienta que ellos mismo lo manejen debe ser esta muy sencilla y de fácil entendimiento. Usar el motor de cálculo de E+ requerirá que los constructores y entes de control coloquen muchas variables de entrada que son desconocidas y tener nociones de balance de energía y transferencia de calor. Una herramienta simplificada puede ser basada en correlaciones que se generen a través de otro trabajo más estructurado. Aplaudo la iniciativa de la herramienta, pero por su complejidad debería ser parte externa a este estudio.**

Es importante mencionar que la herramienta propuesta es una versión inicial, que atiende a las necesidades de proveer un instrumento que viabilice la aplicación de la norma, la cual puede mejorarse progresivamente como cualquier software, añadiendo capacidades en función del interés nacional. Los motores de cálculo como EnergyPlus tienen un desarrollo bastante maduro y son de amplia adopción; sin embargo, conocemos que su uso puede resultar complejo para profesionales fuera del área de modelamiento termo-energético de edificaciones. La propuesta no busca que los profesionales de la construcción se vuelvan expertos en modelamiento, en su lugar se busca desarrollar una herramienta de código abierto que viabilice la aplicación de la NEC-HS-EE, estableciendo las variables suficientes para permitir una evaluación de cumplimiento de los requerimientos mínimos de la normativa, esto mediante una interfaz amigable al profesional de la construcción y usando EnergyPlus como motor de cálculo.

Cabe recalcar que EnergyPlus es de código abierto (está disponible bajo el tipo de licencia BSD-3-like), lo que significa que puede ser redistribuido y usado en forma de código fuente y binaria, con o sin modificación. EnergyPlus está basado en principios fundamentales de equilibrio térmico, permitiendo un análisis dinámico, y está probado bajo los lineamientos del Método Estándar de Prueba para la Evaluación de Programas Informáticos de Análisis Energético de Edificios ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 y además cumple con ISO 52016-

1:2017 Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads — Part 1: Calculation procedures.

#### ESPOL – Juan Peralta

- **Hay un lenguaje muy técnico, está muy aplicado a ASHRAE.**

Es importante mencionar que establecer una norma sobre el uso eficiente de energía implica la participación técnica sobre la cual se puedan consolidar conocimientos en su entorno de aplicación. Por lo tanto, la NEC-HS-EE tiene como base normativa internacional madura y que ha sido aplicada en otras localidades entre ellas la de ASHRAE e ISO. Este tipo de documentos constituyen la referencia, por lo que la presente consultoría tiene un carácter técnico y responde a su objetivo, que es generar insumos técnicos que permitan la actualización/ajuste de la NEC-HS-EE.

Además, la actualización de esta norma debe ser periódica con la finalidad de recibir contribuciones por parte de los actores afín a la temática, basadas en resultados de investigaciones nacionales que impulsen el uso eficiente de energía en edificaciones.

- **Citar pisos climáticos 1, 2 y 3 es una metodología y considerando cambios climáticos y los entornos que están pasando a nivel de fluctuación climática, debería hacerse un análisis total utilizando software especializado, no le convence el estudio presentado tiene demasiadas falencias y es muy ingenieril.**

El uso de modelos climáticos y consideraciones sobre efectos de cambio climático están fuera del alcance de la consultoría. Por otro lado existen productos específicos aprobados para esta consultoría, y la rezonificación climática no forma parte de los mismos.

Es necesario recalcar que, la consultoría busca generar insumos técnicos que respondan a la realidad nacional y permitan promover la aplicabilidad de la NEC-HS-EE a través de condiciones favorables para iniciar su adopción y masificar su uso; tomando como base la NEC-HS-EE vigente. En este sentido el equipo consultor ratifica que la metodología seguida es apropiada y sus productos corresponden a su propósito.

- **Hay confusiones en los términos de transferencia o transmitancia de calor y hay que analizar construcciones de bioclimática y arquitectura pasiva, que no están incorporadas.**

En la NEC-HS-EE vigente ya se encuentra una definición para el término transmitancia térmica (valor U), esta misma definición se emplea en el Informe 3. Se coloca la referencia para esta definición: ISO 6946:2007 Building Components and Building Elements – Thermal Resistance and Thermal Transmittance – Calculation Method y la ASHRAE 90.2 Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings.

Se añade un glosario de términos fundamentado en las definiciones de la NEC-HS-EE vigente y se unifican términos, usando transmitancia térmica (valor U).

## **Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)**

En la literatura existe un manual de estrategias de arquitectura pasiva para el contexto nacional en base a la zonificación climática de la NEC-HS-EE, titulada “Estrategias para Mejorar las condiciones de Habitabilidad y el Consumo de Energía en Viviendas”; desarrollada por el ex-INER, actual IIGE. Se solicitará al MIDUVI que disponibilice el documento para acceso desde sus dominios web.

Por otro lado, es importante remarcar que uno de los insumos a ser entregados para la actualización de la NEC-HS-EE, propone una ruta de cumplimiento alterna en base al desempeño, misma que otorga la flexibilidad en el diseño, y a su vez permite la adopción de técnicas de arquitectura pasiva.

Anexo 1: Registro Fotográfico



Fortaleciendo capacidades para la eficiencia energética en edificios en América Latina (CEELA)

