



EVALUACIÓN POST OCUPACIONAL, CONDICIONES AMBIENTALES DE UN LAYOUT DE COCINA Y SU ENVOLVENTE CONSTRUCTIVO, SIERRA GORDA, NORTE DE CHILE.

Valeska Cerda Fuentes

Escuela de Arquitectura, Universidad Católica del Norte, Arquitecta Universidad Católica del Norte, Magister Ergonomía Universidad Politécnica de Cataluña.

e-mail: valeska.cerda@ucn.cl

RESUMEN

Para la constatación y oportunidad de mejora de un puesto de trabajo, se revisa un posible estado de estrés térmico sufrido por trabajadores que evidencian malestares físicos, baja productividad y riesgo laboral. Con las variables obtenidas de este layout es aplicable para este análisis las metodologías del índice del TGBH, según Decreto Chileno n°594, Fanger PMV y PPM y determinación del Perfil de temperatura Interior del recinto por medio de la simulación dinámica del envoltente constructivo. Se resuelve una condición real de discomfort higrotérmico con un 99 % de insatisfechos, develando la deficiente ventilación del recinto como la causa principal.

Palabras claves: ergonomía ambiental, discomfort higrotérmico, índice del TGBH.

ABSTRACT

For the verification and opportunity of improvement of a job, a possible state of thermal stress suffered by workers is reviewed, which shows physical discomforts, low productivity and occupational risk. With the variables obtained from this layout, the methodologies of the TGBH index are applicable for this analysis, according to Chilean decree n ° 594, Fanger PMV and PPM and determination of the interior temperature profile of the enclosure using the dynamic simulation of the building envelope. An actual hygrothermal discomfort condition with 99% dissatisfied is solved, revealing the poor ventilation of the enclosure as the main cause.

Keywords: environmental ergonomics, hygrothermal discomfort, TGBH index

1. INTRODUCCIÓN

Se desarrolla una evaluación post ocupacional (EPO) en un puesto de trabajo, layout cocina, parte de un programa de restaurante en una edificación ubicada en la localidad del Sierra Gorda, Chile. Encontrándose una condición de discomfort higrotérmico, tanto en sus espacios de servicios (cocina), como de atención al público (comedores), se define desde lo anterior como objetivo general la constatación y la oportunidad de mejora para su acondicionamiento térmico, declarando 4 objetivos específicos para su ejecución:

- Diagnóstico del estado de discomfort higrotérmico interior del puesto de trabajo por medio del Método TGBH (decreto 549 y decreto 10/10) y Método de Fanger (ISO 7730), cálculo de los índices PMV y PPD. (Software de Fanger Universidad Politécnica de Valencia).



- Identificar las variables personales, ambientales y constructivas del envolvente del recinto que inciden en la condición de discomfort del puesto de trabajo analizado.
- Definir las operatorias físicas de transformación a ejecutar en el envolvente constructivo actual para lograr su acondicionamiento térmico.
- Verificar el modelo del envolvente propuesto para comprobar su efectividad en su mejora, por medio de la interpretación de resultados arrojados desde un 2do análisis del modelo propuesto. (Software Ecotect)

2. DISCUSIÓN DE ANTECEDENTES

Se presentan como antecedentes las temáticas que justifican la aplicación de este análisis referente a las condiciones ambientales interiores de un espacio de trabajo que relacionan la normativa chilena, método de análisis de calidad ambiental interior en los puestos de trabajo e interpretación de la data climática del lugar de ubicación de la edificación.

2.1 Calidad espacial y Habitabilidad Interior, DisConfort Térmico en espacios interiores.

a. Normativa chilena sobre calidad ambiental de puestos de trabajo.

El concepto de calidad espacial tiene una importancia más que del aspecto arquitectónico del diseño de un buen espacio para el desarrollo de un programa, es la verificación de su real habitabilidad interior, en el sentido de su condición ambiental, siendo estas condiciones exigidas por la normativa chilena, las cuales consideran para la constitución de estas la Normativa térmica ambiental española por medio de las ISO, y adaptadas en parte al contexto de nuestro país.

De la normativa térmica ambiental española se destaca el decreto 486, que habla expresamente de las condiciones ambientales de lugares de trabajo y donde detalla características que deben cumplir los espacios interiores con respecto a dos variables primordiales para cumplir con una habitabilidad y calidad ambiental favorable:

- Temperatura interior.
- Ventilación.

En cuanto al caso analizado se presentan los decretos nacionales que rigen sobre esta materia, y que permitirán realizar la verificación y cumpliendo de su calidad interior que abarcan los espacios de uso público y los espacios de trabajo.

- **Decreto n° 10 /2010, (referencia decreto 486 Norma española). Reglamento de condiciones sanitarias, ambientales y de seguridad básicas en locales de uso público.**

Se determina en este decreto las indicaciones de condiciones especiales de seguridad, describiendo en el artículo 5 lo referido al ambiente interior de los recintos:

Temperatura



Los locales cerrados deberán tener un sistema de medición y control adecuado de la temperatura, la cual no podrá ser inferior a 16°C ni superior a 26°C durante el uso normal del local.

Ventilación

Los recintos que empleen medios de calefacción, mediante sistemas que evacuen los gases de combustión al interior, deberán disponer de sistemas naturales y /o artificiales que permitan su ventilación o la extracción de aire al exterior del local o establecimiento, para permitir su renovación en una proporción mínima de seis veces por hora el volumen total del local, de tal forma de proporcionar condiciones ambientales confortables a las personas.

Con respecto a la ventilación si bien el decreto 486 de la norma española habla sobre las corrientes de aire respecto a su velocidad, estas indicaciones no se encuentran descritas en la norma chilena, sin embargo en la actualidad el Servicio de Salud aplica estos criterios a la hora de revisar y fiscalizar la habitabilidad de los espacios interiores.

1° Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s

2° Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s

3° Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.

- **Decreto n° 594/1999. (referencia ISO 7243). Reglamento condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.**

Temperatura

Con respecto a las temperaturas interiores permisibles para los espacios de trabajo esta se basa en el cálculo de del índice del TGBH (promedio temperatura del globo y del bulbo húmedo) mencionado en la ISO 7243, y la que considera en su ecuación las variables de T°seca, T° bulbo húmedo, T°de globo, y en su tabla comparativa el tipo de carga metabólica con respecto a la actividad que se ejecuta en la zona de trabajo.

Al aire libre con carga solar:

$$TGBH = 0,7 * TBH + 0,2 TG + 0,1 TBS \quad [Eq.01]$$

Al aire libre sin carga solar o bajo techo

$$TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG. \quad [Eq.02]$$

Ventilación

Acerca de la ventilación se describen en el Párrafo los artículos 32, 33, 34 y 35, destacando para el caso.

Art.32: Todo lugar de trabajo deberá mantener por medio naturales o artificiales, una ventilación que contribuya a proporcionar condiciones ambientales confortables y que no causen molestias o perjudiquen la salud del trabajador.

Art.34: Los locales de trabajo se diseñarán de forma que por cada trabajador se provea un volumen de 10 m³, como mínimo, salvo que se justifique una renovación adecuada del aire por medios mecánicos. En este deberán recibir aire fresco y limpio a razón de 20 m³ por hora y por persona o una cantidad tal que provean 6 cambios por hora, como mínimo, pudiéndose alcanzar hasta los 60 cambios por hora, según sean las condiciones ambientales existentes, o en razón de la magnitud de la concentración de los contaminantes.

Art.35: Los sistemas de ventilación empleados deberán proveer aberturas convenientes distribuidas que permitan la entrada de aire fresco en reemplazo del extraído. La circulación del aire estará condicionada de tal modo que en las áreas ocupadas por los trabajadores la velocidad no exceda de 1 m/s.

Tabla 1: Valores máximos permisibles Índice TGBH. Ref. decreto 594.

VALORES LIMITES PERMISIBLES DEL INDICE TGBH EN °C			
Tipo de Trabajo	Carga de Trabajo según Costo Energético (M)		
	Liviana Inferior a 375 Kcal/h	Moderada 375 a 450 Kcal/h	Pesada Superior a 450 Kcal/h
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo 50% descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo 75% descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

Fuente decreto n°594/1999

b. Metodología de análisis calidad ambiental espacios interiores, aplicada desde la ISO 7730:2005. Índices PMV y PPM.

El Método de Fanger PVM y PPD si bien es un método de análisis de calidad ambiental de la normativa térmica española se considera interesante comprobar su eficiencia en el caso estudio por su alcance de poder definir por medio de su método la sensación térmica de los usuarios en relación con las condiciones ambientales existentes que incluye no solo temperaturas si no que también humedad relativa, ventilación, y variables personales que determinan al usuario del recinto, carga metabólica según actividad desarrollada, aislación de vestidura y calendario de uso.

El índice PVM o Voto medio estimado, muestra el valor medio de los votos emitidos por un grupo de personas, considerando su actividad y basada en el equilibrio térmico del cuerpo humano, comparando su resultado con una escala de niveles de sensación térmica.



Tabla 2: Sensación térmica en función del valor PVM.

PMV	SENSACIÓN TÉRMICA
+ 3	Muy caluroso
+ 2	Caluroso
+ 1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
- 1	Ligeramente fresco
- 2	Fresco
- 3	Frío

Fuente: Fanger PVM

El índice PPD o porcentaje de personas insatisfechas, representa el porcentaje desde el índice de PVM obtenido de personas que se sentirían inconfortables en el ambiente estudiado.

Cálculo porcentaje de personas insatisfechas

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.2179 \cdot PMV^2} \dots [Eq.03]$$

Además de los índices de sensación térmica se resuelve desde este método con los datos indicados la interpretación de los de las variables que inciden en el Balance o equilibrio térmico del cuerpo sobre las ganancias de calor y las pérdidas, identificar las posibles operatorias a realizar para su mejora.

c. Data Climática Sierra Gorda.

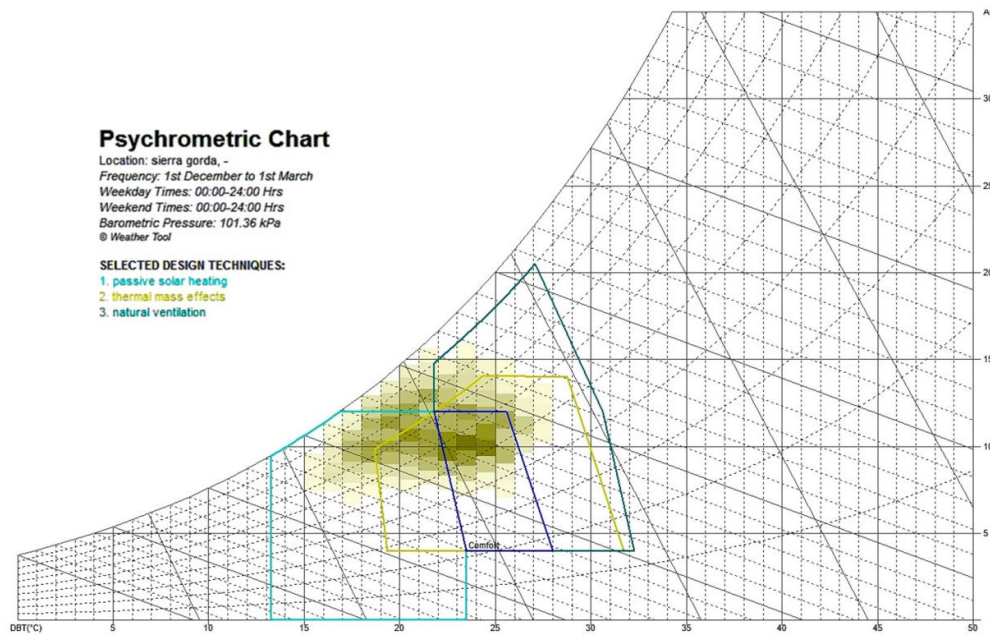
La edificación analizada se ubicada en el poblado de Sierra Gorda que se emplaza a 146 km de Antofagasta y a 1.616 mt. sobre el nivel del mar, definido originalmente como un asentamiento minero, actualmente con viviendas y locales comerciales que responden a la escala de demanda de la población flotante de trabajadores que laboran en los yacimientos mineros emplazados a pocos kilómetros.

Interpretación de condiciones climática _ Gráfica Psicométrica

El clima de Sierra Gorda corresponde a la Zona Norte Desértica, extremadamente árida y prácticamente sin precipitaciones con una atmosfera seca y con alta radiación solar.

Aplicando sobre una gráfica psicométrica la data climática anual de Sierra Gorda, es posible cuantificar que la mayor parte del año la sensación térmica general se encuentra fuera del área de confort térmico, según en la figura 1 se resuelve el área azul como la zona de confort y la zona amarilla la proyección de la data climática de la zona en esta gráfica.

Figura 1: Psychrometric Chart, Sierra Gorda, Chile.

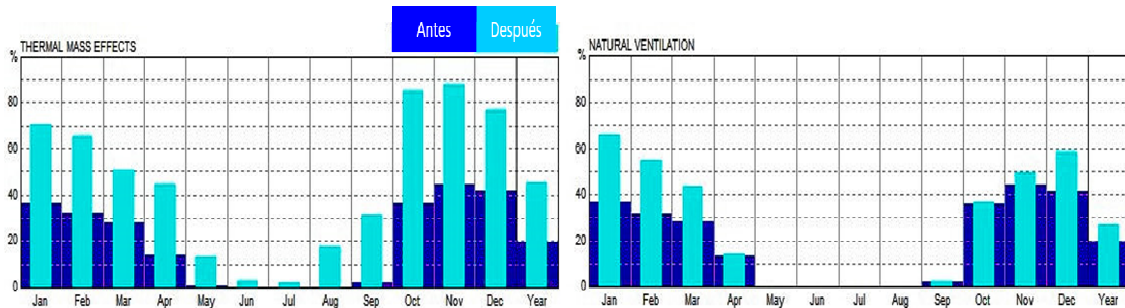


Fuente: software Ecotect, weather tool

De los antecedentes expuestos con respecto al clima, es posible justificar la aplicación del proyecto en una edificación que se ubica en una zona con una data climática que presenta su mayor parte de año fuera del área de confort, indicando en esta última gráfica la incidencia en la ampliación de esta área de confort al ejecutar operatorias correctivas que pudiesen hacerse en la edificación con respecto a los sistemas pasivos

- ✓ **Mejoramiento de efecto de la masa térmica (thermal mass effects).**
- ✓ **Mejoramiento de ventilación natural (natural ventilation)**

Figura 2: Gráfica % de horas en zona de confort con cambio en el envoltente.



Fuente: software Ecotect, weather tool

3. METODOLOGÍA

Evaluación Post Ocupacional (EPO)

Se evalúa un puesto de trabajo en funcionamiento para la constatación de su posible estado de disconfort higrotérmico en dos etapas de análisis, una CUALITATIVA referida al Análisis de la condición Ambiental Interior del puesto de trabajo y la CUANTITATIVA referido al Análisis del comportamiento térmico del envolvente de la edificación del puesto de trabajo.

Tabla 3: Características Generales Layout de trabajo.

Puesto de trabajo	Equipo de trabajo	Jornada laboral	Carga metabólica ACTIVIDAD
Layout cocina , elaboración de almuerzos 200 ordenes diarias.	3 trabajadoras en total ambos turnos sexo: mujer edad: 45 a 50 años No aclimatadas	2 Turnos de 6 y 8 horas 1er turno: 8:30 hrs hasta las 14:30 hrs. 2do turno: 15:30 hrs hasta las 23:30 hrs.	145 W/m2 y 195 W/m2

Fuente: Elaboración propia autor. Detalle jornada laboral

Imagen 1: Espacio Layout cocina.



Fuente: Archivo autor. Detalle distribución espacial Layout.

3.1 CUALITATIVA, Análisis de las Condición Ambiental Interior del puesto de trabajo. Métodos de evaluación de un Ambiente Térmico.

Análisis y primer acercamiento al caso, se aplican el método del índice de TGBH (decreto 549) y sobre la percepción o sensación térmica general de los usuarios de la edificación evaluada, a través del método de Fanger (ISO 7730:2005), PMV y PPD, identificando en primera instancia la condición de disconfort higrotérmico interior y las variables del confort térmico determinante, por medio de software de la Universidad de Politécnica de Valencia.

Para el caso se presenta una edificación con un programa de restaurante, constituido por espacios de servicios como cocina, baños, bodegas y espacios para el público como los comedores.

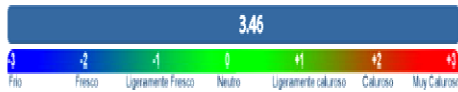
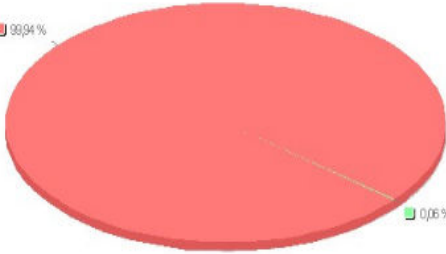
Tabla 4: Variables y metodología de análisis.

Método TGBH		Método PMV y PPD	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Velocidad del aire ✓ T° del bulbo húmedo. ✓ T° de globo. 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aislamiento Ropa. ✓ Tasa metabólica. ✓ T° del aire. ✓ T° radiante media TRM. ✓ Velocidad del aire. ✓ Humedad relativa ✓ Jornada tiempo usuario. 	
Variables	Cocina trabajadores: 3 cocineros + extra apoyo	Comedores público: capacidad 110 personas sentadas	
1.- Aislamiento de Ropa. clo*	0,9 clo	0,3 clo	
2.- Tasa metabólica. *según decreto 549	195,38 w/m2 / 3,35 Met	52,33 w/m2 / 0,90 Met	
3.- T° del aire. (máxima de 3 días de muestra)	32°	28°	
4.- Temperatura del bulbo húmedo. (máxima de 3 días de muestra)	18°	17°	
5.- Temperatura de Globo (máxima de 3 días de muestra)	33°	30°	
6.- T° radiante media TRM.	34°	31°	
7.- Velocidad del aire.	0,15 m/s	0,25 m/s	
8.- Humedad Relativa.	28%	33 %	
9.- Jornada Tiempo usuario.	8 hrs	8 hrs	

Fuente: Elaboración propia autor. Detalle muestra temperaturas.

3.1.1 Resultados preliminares cualitativos.

Tabla 5: Resultados preliminares

Análisis Condición Interior de la Edificación (RESTAURANTE)		
Método	Cocina	Comedores
TGBH Para espacios bajo techo $0,7 \cdot t_{bh} + 0,3 \cdot t_g$	$TGBH = 0,7 \cdot 18 + 0,3 \cdot 33$ TGBH = 23 ° C	T° del aire = 28° C.
Interpretación Figura 1; Tabla Límites Admisibles de TGBH	✓ Actividad Liviana inferior a 375 KcaL/h. ✓ 75% trabajo, 25% descanso 30° límite admisible. ACEPTABLE	
PMV (voto medio estimado)	<div> <div>3,46</div>  </div> <p>Para que las condiciones ambientales sean adecuadas el Voto Medio Estimado debe estar entre -0.5 y 0.5. Por lo tanto:</p> <div> <p>La situación es ambientalmente INADECUADA</p> </div>	Rango admisible temperatura (decreto 10/10): 16°C a 26 ° C. Temperatura actual en recinto 28° C NO ACEPTABLE.
PPD Porcentaje de insatisfechos	<div> <div>99,94 %</div> <div>0,06 %</div>  </div>	*No aplica método TGBH, PMV y PPD para este recinto, ya que no se clasifica como puesto de trabajo, evaluando su condición bajo el rango de confort determinado por el decreto 10/10 de locales de uso público.

Fuente: Elaboración propia autor

3.2 CUANTITATIVA, Análisis del comportamiento Térmico del envolvente constructivo de la edificación del puesto de trabajo.

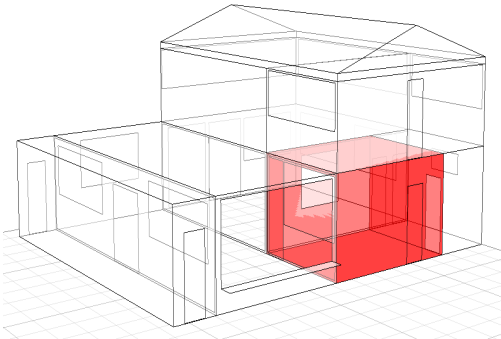
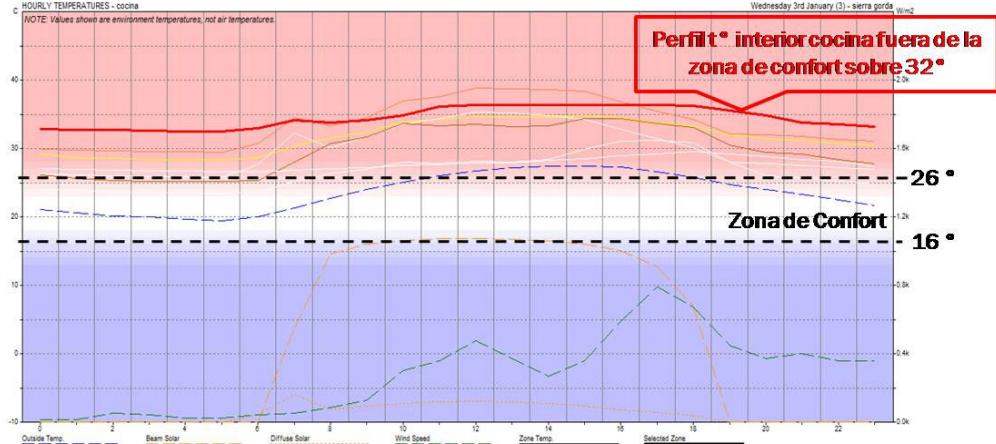
Se considera para cuantificar las variables que inciden en el disconfort del puesto de trabajo, analizando el comportamiento térmico del envolvente constructivo de la edificación donde pertenece, representado en un modelo 3d ambiental del recinto las características físicas, constructivas, orientación del edificio y la data climática de la localidad donde se emplaza.

3.2.1 Variable de Análisis comportamiento térmico del envolvente constructivo (Restaurante)

- **Definición de ZONAS**, según su programa de uso y materialidad. Para el análisis térmico se definen zonas cocina (rojo).
- **Layers Materialidad**, materialidad actual del recinto, calidad estándar, sólida y mixta, albañilería de ladrillo a la vista en todos los muros del 1er nivel y tabiquería en el 2do nivel.

3.2.2 Resultados preliminares cuantitativos. Análisis del comportamiento Térmico modelo actual y modelo con mejora. Perfil de temperatura interior.

Cuadro 1: Resumen resultados modelo actual y mejora

COCINA	<p>• PERFIL DE TEMPERATURA POR HORA/SITUACIÓN MODELO ACTUAL COCINA</p> <div data-bbox="310 1056 808 1392">  <p>Figura 1; Fachada norte (volumen rojo cocina)</p> </div> <div data-bbox="829 1045 1458 1455"> <p>VENTILACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Muro fachada Norte sin aberturas directa hacia el exterior. ✓ No hay consideración sobre la orientación del viento del lugar predominante, Sur poniente. <p>PERFIL DE TEMPERATURA</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Fuera de la zona de confort, t° máxima interior verano 35 °C a las 16:00 hrs. <p>Variables de disconfort térmico capacidad mínima de ventilación, al no contar con aberturas directas al exterior en muros, en la zona norte definida como de baja presión.</p> </div>
VERANO 3 de enero	<div data-bbox="375 1486 1365 1927">  <p>Perfil* interior cocina fuera de la zona de confort sobre 32°</p> </div>

• **PERFIL DE TEMPERATURA POR HORA / SITUACIÓN MODELO MEJORA COCINA.**

COCINA

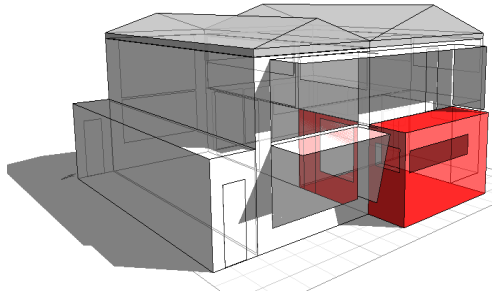


Figura 1; Fachada norte (volumen rojo cocina)

VENTILACIÓN

- Ubicación aberturas en orientación dirección predominante del viento. sur poniente.
- Aberturas de salida en altura para la generación de la ventilación cruzada

PERFIL DE TEMPERATURA

- ✓ Dentro de la zona de confort, t° máxima interior verano 25°C a las 16:00 hrs.

Se aumenta porcentaje de aberturas, potenciando la ventilación cruzada.

VERANO 3 de enero



Fuente: Elaboración propia autor informes Software Ecotect

4. CONCLUSIONES

Se confirma desde la evaluación post ocupacional realizada que los interiores de la edificación analizado se encuentra en una situación de desconfort térmico en cuanto a su calidad ambiental interior tanto en los espacios de uso público como el de los espacios de trabajo, quedando fuera de la norma vigente, según dicta el decreto 10/10 chilena y la ISO 7730.

Concluyendo específicamente sobre el puesto de trabajo que al analizarlo bajo los parámetros establecidos del índice de TGBH exigido en el decreto chileno 594 este se encontraría en una condición admisible, esto a pesar de las condicionantes percibidas de desconfort de los propios trabajadores. Este resultado sin embargo al ser revisado y analizado bajo la metodología de Fanger se muestra la condición real de este puesto de trabajo arrojando como resultados el estado de este puesto de trabajo de desconfort higrotérmico, con un índice de PMV de 3,46 determinado como un estado inadecuado y con un PPM porcentaje de insatisfechos del 99 %, develando con lo anterior que son las variables de ventilación y de lclo las que inciden mas en esta condición.



Sin embargo se estima que los factores de mayor incidencia en la condición ambiental interior de este puesto de trabajo no solo son las variables consideradas por el método Fanger, que también las condiciones atmosféricas de la zona donde se emplaza la edificación de la que es parte este puesto de trabajo y que son percibidas por el envolvente constructivo son un factor importante, comprobando con el modelo de prueba al cual se aplicaron modificaciones con respecto estas variables, generando un cambio favorable en el perfil de temperatura interior y subscribiéndose dentro de la zona de confort.

Desde la Norma de Seguridad y salud ocupacional OHSAS 18001:2007, se describe recomendaciones priorizando la reducción de riesgos según el caso evaluado.

Tabla: Recomendaciones a realizar según resultados

Tipo de Operación		Recomendación	Factibilidad
1	Eliminación del riesgo	No es factible para este caso según riesgo	No
	Sustitución de riesgo	No es factible para este caso según riesgo	No
	Controles ingenieriles del riesgo	Mejora de la ventilación natural existente. Aumento de la aislación térmica en el sistema constructivo.	Si
	Señalización, alertas o controles administrativos	Definición de procedimiento con respecto a las condiciones laborales de este puesto. Cumplimiento de hidratación en las horas de desempeño.	Si
	Equipos de protección personal	Uso de ropa adecuada que cumpla con la seguridad y bajo iclo para su confort.	Si

Fuente: Elaboración propia autor, según OHSAS 18001:2007

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DECRETO n° 549, Sobre **condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.**, 29-04-2000.

DECRETO n° 10/10, **Sobre condiciones sanitarias ambientales y de seguridad básicas** en locales de uso público.

ERGONAUTAS, Sitio web: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2017 <http://www.ergonautas.upv.es/> / Software http://www.ergonautas.upv.es/metodos/fanger_online.php

GARCÍA, José.; Viento y Arquitectura, El viento como factor de diseño arquitectónico., Ed.Trillas 3era edición 2005.

SERRA, R; Coch, H.; **Arquitectura y Energía Natural**; Ediciones UPC; Barcelona 1995.

UNE - EN ISO 7730:2006, **Ergonomía del ambiente térmico, Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico** mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y lo criterios de bienestar térmico local.

UNE - EN ISO 7243, **Ambientes calurosos. Estimación del estrés térmico del hombre en el trabajo** en el índice WBGT (temperatura húmeda y de Globo)