

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS DE POSGRADO

**“SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE
VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A
ESCALA REDUCIDA”**

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN TECNOLOGÍA
DE LA CONSTRUCCIÓN

ELABORADO POR

Ing. MARCK STEEWAR REGALADO ESPINOZA

ASESOR

MSc. EDWARD SANTA MARÍA DÁVILA

LIMA - PERÚ

2021

**“SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE
VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A
ESCALA REDUCIDA”**

MARCK STEEWAR REGALADO ESPINOZA

Presentado a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil en cumplimiento
parcial de los requerimientos para el grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE INGENIERÍA

2021

Autor : Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Recomendado : MSc. Edward Santa María Dávila
Asesor de la tesis

Aceptado por : Dr. Jorge Elías Alva Hurtado
Director de la Unidad de Posgrado

@ 2021, Universidad Nacional de Ingeniería, todos los derechos reservados, el autor
autoriza a la UNI-FIC a reproducir la tesis en su totalidad o en partes

DEDICATORIA

A mis padres Moisés y María

Por darme la vida, educación, cariño y constantes consejos para nunca rendirme.

A mis hermanos David y Jeordy

Por su compañía y apoyo emocional durante la elaboración de esta tesis.

A mi novia Alessandra

Por su gran amor, hermosa compañía y aliento constante, por seguir siendo mi razón de querer ser mejor cada día.

A mi asesor Edward Santa María

Por su constante preocupación y orientación, que contribuyeron al logro de mis metas y objetivos trazados.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expreso mi agradecimiento al asesor de la presente tesis de maestría, el M.Sc. Edward Santa María Dávila, por el constante seguimiento, dedicación y motivación en esta etapa de mi vida, por su rigor y control de la calidad de lo elaborado, por siempre inculcar en mí el gusto hacia la investigación, y por la confianza ofrecida en los proyectos que hemos y seguimos realizando.

También, agradezco a la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme una excelente plana docente, de quienes he adquirido conocimientos, experiencias y la ética profesional que debe caracterizar a profesional en ingeniería civil.

Asimismo, doy las gracias a mi familia, a mis padres y hermanos, con quienes he compartido toda mi vida, por su paciencia, su cariño, su ayuda incondicional en los momentos que los he necesitado y por siempre confiar en mis capacidades académicas.

Del mismo modo, agradezco a mi novia Alessandra Aspilcueta, quien siempre logra sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles. Gracias por los años más hermosos de mi vida, por el cariño, el amor, las nuevas experiencias y el apoyo mutuo en los momentos que más nos necesitamos.

Finalmente, agradezco a todos los compañeros que he conocido a lo largo de mi maestría, con quienes he compartido, dentro y fuera de las aulas de clase, una serie de experiencias tanto académicas como sociales, tanto alegres como agobiantes.

RESUMEN

En la presente tesis, se propone una metodología que permita simular la calidad del aire interior (IAQ) en edificios de la ciudad de Lima (Perú), empleando modelos a escala reducida. Las variables que serán simuladas serán la temperatura y humedad relativa dentro de los ambientes, debido a su gran repercusión en la salud y bienestar de los ocupantes.

Para construir los modelos a escala, primero se identificaron las variables físicas relacionadas al IAQ, para luego aplicar el Teorema PI de Buckingham y obtener los factores de escala. Después, se seleccionó la muestra de estudio y, utilizando sus propiedades térmicas, se pudo definir y construir los modelos a escala reducida.

Luego, para validar la simulación del IAQ en los modelos a escala, se realizaron mediciones de la temperatura y humedad de forma simultánea, tanto en los edificios reales y en sus respectivos modelos a escala reducida. Para cada variable, se calculó la diferencia estadística entre ambos grupos de datos (edificio real y modelo a escala), la cual al ser menor que el valor de precisión del equipo de medición empleado para la toma de datos (0.5 °C para la temperatura y 3% para la humedad relativa), permitió considerar válida la simulación del IAQ.

Finalmente, después de validar el método de simulación, se explica cómo utilizarlo para analizar el IAQ y compararlo con las regiones de confort en la ciudad de Lima, encontrando así las posibles falencias de la vivienda. Como estudio preliminar, se analiza la mejora que genera el empleo de coberturas vegetales en el techo de un edificio.

ABSTRACT

In this thesis, a methodology is proposed to simulate the indoor air quality (IAQ) in buildings in the city of Lima (Peru), using reduced scale models. The simulated variables will be the temperature and relative humidity inside the rooms, due to their high impact on the health and well-being of the occupants.

To build the reduced scale models, first the physical variables related to IAQ were identified, and then Buckingham's PI Theorem was applied to obtain the scaling factors. Then, the study sample was selected and, using its thermal properties, the reduced scale models could be defined and built.

After that, to validate the IAQ simulation on the reduced scale models, temperature and humidity measurements were obtained simultaneously, both in the real buildings and in their respective reduced scale models. For each variable, the statistical difference between both groups of data (real building and scale model) was calculated, which being less than the precision value of the measuring equipment used for data collection (0.5 °C for temperature and 3% for relative humidity), the IAQ simulation was considered validated.

Finally, after validating the simulation method, it is explained how to use it to analyze the IAQ and compare it with the comfort regions in the city of Lima, finding the possible failures of the building. As a preliminary study, it is analyzed the improvement generated by the use of vegetation coverings on the roof of a building.

	Página
CARÁTULA.....	i
CONTRACARÁTULA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE	vii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problemas Específicos	4
1.3. HIPÓTESIS	4
1.3.1. Hipótesis General	4
1.3.2. Hipótesis Específicas.....	4
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.5. OBJETIVOS	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos	5
1.6. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	6
1.6.1. Población de estudio	6
1.6.2. Muestra de validación.....	6
1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.7.1. Variable dependiente.....	7
1.7.2. Variables independientes	7
1.8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.....	9

2.2. PROPIEDADES DEL AIRE	9
2.2.1. Densidad del aire.....	9
2.2.2. Velocidad del viento.....	12
2.2.3. Calor específico del aire	12
2.2.4. Coeficiente de transferencia de calor por convección	13
2.3. RESISTENCIA TÉRMICA DE MUROS	14
2.4. CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS	16
2.4.1. Carga térmica solar incidente	17
2.4.2. Transferencia de calor a través de paredes y techos	20
2.4.3. Transferencia de calor a través de ventanas.....	22
2.4.4. Transferencia de calor debido a luminarias	23
2.5. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES	23
2.6. TEOREMA PI DE BUCKINGHAM	23
2.7. SIMILARIDAD ENTRE VARIABLES FÍSICAS.....	24
2.8. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	25
2.9. PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS	26
2.10. COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS.....	26
2.11. REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE	28
CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS A ESCALA REDUCIDA	30
3.1. INFORMACIÓN DE MODELOS A ESCALA REAL.....	30
3.2. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MODELOS A ESCALA REAL.....	31
3.2.1. Densidad del aire.....	31
3.2.2. Carga térmica	33
3.2.3. Definición de muros y losas.....	36
3.2.4. Conductividad térmica de materiales.....	38
3.2.5. Resistencia térmica de elementos constructivos	39
3.3. APLICACIÓN DEL TEOREMA π DE BUCKINGHAM.....	50
3.3.1. Selección de variables físicas.....	50
3.3.2. Análisis dimensional de variables físicas	50
3.3.3. Cálculo de coeficientes π	51
3.4. GENERACIÓN DE MODELOS A ESCALA REDUCIDA.....	52
3.4.1. Condición de Similaridad	53
3.4.2. Elección del factor de escala geométrica	53
3.4.3. Cálculo de factores de escala para las variables físicas.....	53

3.4.4.	Escalamiento de la carga térmica.....	55
3.4.5.	Elección de material para modelos a escala reducida.....	57
3.4.6.	Espesor de elementos en modelos a escala reducida.....	59
3.4.7.	Definición de aberturas escaladas.....	62
3.4.8.	Planos de modelos a escala reducida	65
3.4.9.	Construcción de modelos a escala reducida	65
CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN		75
4.1.	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	75
4.1.1.	Equipo de medición	75
4.1.2.	Protocolo de toma de datos.....	76
4.1.3.	Recopilación de información.....	83
4.2.	VALIDACIÓN DE LA SIMULACIÓN	86
4.2.1.	Prueba de Normalidad en la base de datos.....	86
4.2.2.	Prueba de igualdad de varianzas en la base de datos	88
4.2.3.	Diferencia estadística entre muestra de datos.....	92
4.2.4.	Análisis de resultados.....	96
CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL IAQ.....		97
5.1.	REGIONES DE CONFORT EN LIMA.....	97
5.1.1.	Condiciones de baja humedad	97
5.1.2.	Condiciones de alta humedad	97
5.1.3.	Zona de depresión.....	98
5.1.4.	Construcción de las regiones de confort.....	99
5.2.	VERIFICACIÓN DEL IAQ EN LOS MODELOS A ESCALA REDUCIDA	100
5.2.1.	Toma de datos en los modelos a escala reducida.....	100
5.2.2.	Predicciones del IAQ en los modelos a escala reducida	100
5.2.3.	Verificación de las condiciones del IAQ.....	103
5.3.	PROPUESTA PARA MEJORAR EL IAQ.....	111
5.3.1.	Sistema de Techo verde.....	112
5.3.2.	Otras alternativas.....	115
CONCLUSIONES.....		118
RECOMENDACIONES.....		119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		120
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 2.1. Valores de calor específico del aire.....	13
Tabla N° 2.2. Valores de A, B y C para los días 21 de cada mes.....	19
Tabla N° 2.3. Reflectividad en superficies.....	20
Tabla N° 2.4. Absortividad solar.....	21
Tabla N° 2.5. Magnitudes fundamentales	23
Tabla N° 3.1. Características de elementos del aula G2-302.....	30
Tabla N° 3.2. Características de elementos en la Segunda Muestra.....	31
Tabla N° 3.3. Presión atmosférica en Lima	31
Tabla N° 3.4. Presión de saturación.....	32
Tabla N° 3.5. Fracción molar de vapor de agua	32
Tabla N° 3.6. Densidad del aire	33
Tabla N° 3.7. Valores de la Ecuación de Tiempos	33
Tabla N° 3.8. Valores de AST y H.....	34
Tabla N° 3.9. Valores de β y ϕ	34
Tabla N° 3.10. Valores de γ	35
Tabla N° 3.11. Valores de θ	35
Tabla N° 3.12. Valores de A, B y C	36
Tabla N° 3.13. Valores de EDN e Y	36
Tabla N° 3.14. Dimensiones de ladrillos	38
Tabla N° 3.15. Conductividad térmica de materiales.....	38
Tabla N° 3.16. Dimensiones de ladrillos	40
Tabla N° 3.17. Dimensiones de secciones.....	40
Tabla N° 3.18. Resistencia térmica en muestra de ladrillo macizo	41
Tabla N° 3.19. Resistencia térmica en muestra de ladrillo tubular	41
Tabla N° 3.20. Dimensiones de secciones.....	42
Tabla N° 3.21. Resistencia térmica en muestra de muro con ladrillo macizo	42
Tabla N° 3.22. Resistencia térmica en muestra de muro con ladrillo tubular.....	43
Tabla N° 3.23. Resistencia térmica en muros	43
Tabla N° 3.24. Dimensión de secciones de losa aligerada.....	44
Tabla N° 3.25. Resistencia térmica en losa aligerada de 17 cm sin parquet	45
Tabla N° 3.26. Resistencia térmica en losa aligerada de 17 cm con parquet.....	45
Tabla N° 3.27. Resistencia térmica en losa aligerada de 20 cm sin parquet	45
Tabla N° 3.28. Resistencia térmica en losa aligerada de 20 cm con parquet.....	45
Tabla N° 3.29. Propiedades térmicas en losas aligeradas	46
Tabla N° 3.30. Resistencia térmica de escaleras.....	47

Tabla N° 3.31. Resistencia térmica de descanso de escaleras	48
Tabla N° 3.32. Resistencia térmica del piso	49
Tabla N° 3.33. Conductividad térmica de materiales para puertas	49
Tabla N° 3.34. Variables físicas relevantes	50
Tabla N° 3.35. Variables físicas y magnitudes fundamentales	51
Tabla N° 3.36. Coeficientes PI	52
Tabla N° 3.37. Factores de escalamiento de variables – Primera muestra	54
Tabla N° 3.38. Factores de escalamiento de variables – Segunda muestra	54
Tabla N° 3.39. Resistencia a la compresión en concreto liviano	58
Tabla N° 3.40. Densidades de tableros comerciales	59
Tabla N° 3.41. Escalamiento de materiales en el aula	59
Tabla N° 3.42. Selección de material en muros	60
Tabla N° 3.43. Espesor de muros en modelo a escala	60
Tabla N° 3.44. Selección de material en losas	60
Tabla N° 3.45. Espesor de losas en modelo a escala	61
Tabla N° 3.46. Espesor de escalera y descansos escalados	61
Tabla N° 3.47. Espesor de piso	61
Tabla N° 3.48. Espesor de puertas escaladas	62
Tabla N° 3.49. Dimensiones de puertas reales	62
Tabla N° 3.50. Dimensiones de puertas escaladas	63
Tabla N° 3.51. Dimensiones de ventanas reales de fachada	64
Tabla N° 3.52. Dimensiones de ventanas de fachada escaladas	64
Tabla N° 3.53. Dimensiones de ventanas reales	64
Tabla N° 3.54. Dimensiones de ventanas escaladas	64
Tabla N° 3.55. Secciones rectangulares	65
Tabla N° 3.56. Cantidades de secciones para bases	67
Tabla N° 3.57. Planchas necesarias para modelo a escala reducida	68
Tabla N° 3.58. Peso de verticales en el primer nivel	69
Tabla N° 3.59. Peso de verticales en el segundo nivel	70
Tabla N° 3.60. Peso de bases	71
Tabla N° 3.61. Peso de partes del modelo a escala	71
Tabla N° 3.62. Peso de partes del modelo a escala	73
Tabla N° 4.1. Características del medidor de temperatura y humedad	76
Tabla N° 4.2. Mediciones en sala - comedor	83
Tabla N° 4.3. Escenarios de trabajo en la primera muestra	84
Tabla N° 4.4. Escenarios de trabajo en la sala	84
Tabla N° 4.5. Escenarios de trabajo en la cocina	85

Tabla N° 4.6. Escenarios de trabajo en el dormitorio 1	85
Tabla N° 4.7. Escenarios de trabajo en el cuarto de estudio	85
Tabla N° 4.8. Escenarios de trabajo en el dormitorio 2	85
Tabla N° 4.9. Escenarios de trabajo en la sala de cómputo	86
Tabla N° 4.10. Ejemplo de prueba de Kolmogorov-Smirnov – Temperatura (°C).....	87
Tabla N° 4.11. Modificación en ejemplo de prueba de Kolmogorov-Smirnov – Temperatura (°C).....	87
Tabla N° 4.12. Prueba de igualdad de varianzas - 1ra muestra - Temperatura (°C).....	88
Tabla N° 4.13. Prueba de igualdad de varianzas - 1ra muestra - Humedad (%)	88
Tabla N° 4.14. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala comedor - Temperatura (°C).....	89
Tabla N° 4.15. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala comedor – Humedad (%)	89
Tabla N° 4.16. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cocina - Temperatura (°C)	89
Tabla N° 4.17. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cocina - Humedad (%)	90
Tabla N° 4.18. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C).....	90
Tabla N° 4.19. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%).....	90
Tabla N° 4.20. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cuarto de estudio - Temperatura (°C).....	90
Tabla N° 4.21. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cuarto de estudio - Humedad (%)	91
Tabla N° 4.22. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C).....	91
Tabla N° 4.23. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%).....	91
Tabla N° 4.24. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala de cómputo - Temperatura (°C).....	91
Tabla N° 4.25. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala de cómputo - Humedad (%)	92
Tabla N° 4.26. Diferencia entre datos - 1ra muestra - Temperatura (°C).....	92
Tabla N° 4.27. Diferencia entre datos - 1ra muestra - Humedad (%)	92
Tabla N° 4.28. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala comedor - Temperatura (°C)	93
Tabla N° 4.29. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala comedor - Humedad (%).....	93
Tabla N° 4.30. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cocina - Temperatura (°C).....	93

Tabla N° 4.31. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cocina - Humedad (%)	94
Tabla N° 4.32. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C)...	94
Tabla N° 4.33. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%)	94
Tabla N° 4.34. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cuarto de estudio - Temperatura (°C).....	94
Tabla N° 4.35. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cuarto de estudio - Humedad (%)	95
Tabla N° 4.36. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 2 - Temperatura (°C)...	95
Tabla N° 4.37. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 2 - Humedad (%)	95
Tabla N° 4.38. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala de cómputo - Temperatura (°C).....	95
Tabla N° 4.39. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala de cómputo - Humedad (%) .	96
Tabla N° 4.40. Máximas diferencias entre muestras	96
Tabla N° 5.1. Valores de Temperatura Efectiva.....	98
Tabla N° 5.2. Resultados de correlación y regresión lineal - Temperatura	101
Tabla N° 5.3. Resultados de correlación y regresión lineal – Humedad	101
Tabla N° 5.4. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C).....	104
Tabla N° 5.5. Valores mínimos y máximos - Humedad (%).....	104
Tabla N° 5.6. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C) - Verano	104
Tabla N° 5.7. Valores mínimos y máximos - Humedad (%) - Verano	105
Tabla N° 5.8. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C) - Invierno	105
Tabla N° 5.9. Valores mínimos y máximos - Humedad (%) - Invierno	105
Tabla N° 5.10. Requerimientos para confort en escenarios	111
Tabla N° 5.11. Rectas de regresión empleando cobertura vegetal	113

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura N° 2.1. Comportamiento isotérmico en muros.....	14
Figura N° 2.2. Transferencia de calor constante en un muro	16
Figura N° 3.1. Azimut superficial de edificio modelo.....	35
Figura N° 3.2. Elevación de muros.....	39
Figura N° 3.3. Vista longitudinal del muro sin tarrajeo.....	39
Figura N° 3. 4. Muestra teórica de ladrillo	40
Figura N° 3.5. Seccionamiento de muestra teórica de ladrillo	40
Figura N° 3.6. Seccionamiento de muro en elevación.....	42
Figura N° 3.7. Sección de losa aligerada	44
Figura N° 3.8. Seccionamiento de losa aligerada.....	44
Figura N° 3.9. Escalera de edificio modelo	46
Figura N° 3.10. Espesores en escalera de edificio modelo	47
Figura N° 3.11. Espesores en escalera de edificio modelo	47
Figura N° 3.12. Espesores de capas en el piso.....	48
Figura N° 3.13. Regresión lineal de valores de conductividad.....	49
Figura N° 3.14. Selección de material en muros	58
Figura N° 3.15. Puerta tipo P1	63
Figura N° 3.16. Secciones para bases: Tipo L – 1 (Izquierda) y L – 2 (Derecha)	67
Figura N° 3.17. Cálculo de planchas a adquirir	68
Figura N° 3.18. Unión de tableros para muros no portantes	71
Figura N° 3.19. Unión de elementos horizontales y verticales.....	72
Figura N° 3.20. Modelo a escala reducida – Primera muestra – Con techo	72
Figura N° 3.21. Modelo a escala reducida – Primera muestra – Sin techo.....	73
Figura N° 3.22. Modelo a escala reducida – Segunda muestra.....	73
Figura N° 4.1. Equipo medidor de temperatura y humedad.....	75
Figura N° 4.2. Certificado de calibración del medidor de temperatura y humedad	76
Figura N° 4.3. Configuración del medidor de temperatura y humedad	77
Figura N° 4.4. Variaciones en lectura de temperatura.....	78
Figura N° 4.5. Temperatura interna y externa en edificio real durante varios días - Primera muestra.....	79
Figura N° 4.6. Humedad interna y externa en edificio real durante varios días - Primera muestra.....	79
Figura N° 4.7. Delta térmico (°C): Interior - Exterior	80
Figura N° 4.8. Delta de humedad (%): Interior - Exterior	80

Figura N° 4.9. Delta térmico según temperatura exterior	81
Figura N° 4.10. Delta de humedad según humedad exterior.....	81
Figura N° 4.11. Puntos de medición en sala - comedor	82
Figura N° 5.1. Región de confort en Lima para el verano.....	99
Figura N° 5.2. Región de confort en Lima para el invierno	99
Figura N° 5.3. Rectas de regresión - Temperatura.....	102
Figura N° 5.4. Rectas de regresión - Humedad	102
Figura N° 5.5. Condiciones exteriores e interiores - Temperatura.....	103
Figura N° 5.6. Condiciones exteriores e interiores - Humedad.....	103
Figura N° 5.7. Verificación del confort - Verano - Escenario 01.....	105
Figura N° 5.8. Verificación del confort - Invierno - Escenario 01	106
Figura N° 5.9. Verificación del confort - Verano - Escenario 02.....	106
Figura N° 5.10. Verificación del confort - Invierno - Escenario 02	106
Figura N° 5.11. Verificación del confort - Verano - Escenario 03.....	107
Figura N° 5.12. Verificación del confort - Invierno - Escenario 03	107
Figura N° 5.13. Verificación del confort - Verano - Escenario 04.....	107
Figura N° 5.14. Verificación del confort - Invierno - Escenario 04	108
Figura N° 5.15. Verificación del confort - Verano - Escenario 05.....	108
Figura N° 5.16. Verificación del confort - Invierno - Escenario 05	108
Figura N° 5.17. Verificación del confort - Verano - Escenario 06.....	109
Figura N° 5.18. Verificación del confort - Invierno - Escenario 06	109
Figura N° 5.19. Verificación del confort - Verano - Escenario 07.....	109
Figura N° 5.20. Verificación del confort - Invierno - Escenario 07	110
Figura N° 5.21. Verificación del confort - Verano - Escenario 08.....	110
Figura N° 5.22. Verificación del confort - Invierno - Escenario 08	110
Figura N° 5.23. Modelo a escala con cobertura vegetal	112
Figura N° 5.24. Comparación de delta térmico empleando cobertura vegetal.....	113
Figura N° 5.25. Condiciones internas empleando cobertura vegetal.....	114
Figura N° 5.26. Región de confort respecto a región de regresión - Con cobertura - Verano	114
Figura N° 5.27. Región de confort respecto a región de regresión - Con cobertura - Invierno	115
Figura N° 5.28. Ejemplo de Ventilación Cruzada	116
Figura N° 5.29. Ejemplo de Deshumificador	117

LISTA DE SÍMBOLOS

a_s	Absortividad solar
β	Altitud solar
θ	Ángulo de incidencia efectivo
ζ	Ángulo de inclinación de la superficie
H	Ángulo horario
A	Área de la superficie de transferencia de calor
ϕ	Azimut solar
γ	Azimut superficial solar
ψ	Azimut superficial.
Q	Cantidad de calor
n_2	Cantidad de datos de la muestra de mayor varianza
n_1	Cantidad de datos de la muestra de menor varianza
C	Capacidad de calor específico
$q_{conducción}$	Carga térmica por conducción
q_{solar}	Carga térmica por irradiación solar sobre la superficie
h_0	Coefficiente de convección térmica
B	Coefficiente de extinción atmosférica
$SHGC_{(D)}$	Coefficiente de ganancia térmica solar difusa
$SHGC_{(\theta)}$	Coefficiente de ganancia térmica solar directa
h	Coefficiente de transferencia de calor por convección
U	Coefficiente global de transferencia de calor
I_{SAC}	Coefficiente interno de atenuado por sombra
k	Conductividad térmica promedio
σ	Constante de Stephan Boltzmann
R	Constante universal de los gases ideales
δ	Declinación solar
ρ	Densidad del aire
η	Día del año
d	Diferencia estadística entre dos muestras de datos
ΔT	Diferencia de temperatura entre la superficie y el aire circulante
F	Distribución estadística F
T	Distribución estadística T de Student
ET	Ecuación de tiempos
ε	Emisividad de la superficie

D_α	Estadístico calculado para prueba de Kolmogorov-Smirnov según la confiabilidad y cantidad de datos
D_{KS}	Estadístico de contraste en prueba de Kolmogorov-Smirnov
Z	Factor de compresibilidad
F_{Sa}	Factor especial de tolerancia
x_v	Fracción molar de vapor de agua
H_1	Hipótesis alternativa
H_0	Hipótesis nula
LST	Hora local estándar
H	Humedad relativa del aire
E_r	Irradiación reflejada por el piso para todas las orientaciones
A	Irradiación solar aparente
L	Latitud local
LON	Longitud local
m	Masa
M_a	Masa molar del aire seco
M_v	Masa molar del vapor de agua
M	Masa molecular
$máx$	Máximo valor entre grupo de valores
s_2^2	Mayor varianza entre 2 grupos de datos
s_1^2	Menor varianza entre 2 grupos de datos
LSM	Meridiano local estándar
π_n	Monomios adimensionales
α	Nivel de confiabilidad de la prueba
n	Número de moles del gas
C	Parámetro adimensional
w	Peso de la entrada simple
a_k	Potencia para obtener un factor π adimensional
E_t	Potencia solar incidente sobre la superficie
W	Potencia total de la luminaria
p	Presión atmosférica, la cual se mide con Barómetros
p_{vs}	Presión de saturación de vapor
$P(Z)$	Probabilidad por distribución normal estándar
$F_n(x_i)$	Probabilidad de observar valores menores o iguales a " x_i "
$F_0(x_i)$	Probabilidad de observar valores menores o iguales a " x_i " cuando la hipótesis H_0 es cierta

ρ_g	Reflectividad de la superficie
Y	Relación entre la radiación difusa sobre una superficie vertical y horizontal
R	Resistencia total a la transferencia de calor
sup	Supremo entre distintos conjuntos de valores calculados
t_a	Temperatura ambiente
t_s	Temperatura de los alrededores
T	Temperatura en K
t	Temperatura en °C
AST	Tiempo solar aparente
x_i	Valores de la muestra de "n" datos en prueba de Kolmogorov-Smirnov
\bar{x}_2	Valor promedio de datos de la muestra de mayor varianza
\bar{x}_1	Valor promedio de datos de la muestra de menor varianza
V_{Fk}	Variables dinámicas y fundamentales
V_{Di}	Variables físicas relevantes
V	Volumen

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Dentro del presente capítulo, se realiza la introducción al tema abordado. Primero, se presentan una serie de antecedentes al trabajo. Luego, se identifica la problemática presente en la realidad actual. Después, se realiza la definición de la hipótesis, así como la justificación de la importancia del tema. Además, se exponen los objetivos planteados. Finalmente, se presenta la metodología de trabajo a aplicar.

1.1. ANTECEDENTES

En el año 2015, se aplica el análisis dimensional de las variables físicas relacionadas a la Calidad del Aire Interior (IAQ), para realizar un modelo a escala reducida (1:12) de un edificio bioclimático en Nigeria. Se parte tomando como referencia al teorema PI de Buckingham, para así conseguir la similitud entre el edificio real y el prototipo a escala, y con ello establecer los grupos adimensionales independientes, derivados de las variables dimensionales relevantes. Dicho modelo fue construido y probado en el Instituto de Física Técnica, en la Universidad de Trieste (Italia), considerando los factores ambientales de la radiación solar y la temperatura externa. Al mismo tiempo, se generó una simulación computacional de la dinámica de fluidos para predecir los flujos de aire internos y las temperaturas en el modelo. El objetivo principal trata de emplear ambas técnicas para comprender la física de las construcciones, con el fin de generar mejores diseños de las condiciones del IAQ en edificios (Barozzi, Imbabi, & Erico, 2015).

En el año 2014, se realiza la simulación de la humedad relativa, la temperatura y el flujo de aire mediante la aplicación tanto de un método computacional como experimental, modelando flujos turbulentos no isotérmicos del aire acondicionado en habitaciones. El modelo computacional consiste en un procedimiento numérico, en el cual se emplean las diferencias finitas, empleando un volumen de control, para resolver las ecuaciones tridimensionales que representan la conservación de la masa, el momento y la energía. Por otro lado, el modelo experimental se realizó mediante la comparación entre las predicciones numéricas con las obtenidas en un modelo de laboratorio, diseñado para proporcionar una similitud con la habitación real (Pitarma, Ramos, & Graça, 2003).

En el año 2011, se emplean redes neuronales artificiales como clasificador del estado de las luces, variables del IAQ (temperatura y ventilación), para realizar un registro del comportamiento de los usuarios de un edificio con el fin de generar un sistema consciente capaz de reaccionar de forma automática y permitiendo la autoconfiguración de un sistema automatizado. Mediante este se determina el estado de la iluminación, temperatura,

humedad y otros valores del entorno, demostrando la capacidad de la red neuronal en reconocer más de un 90% de los patrones del usuario (Henríquez & Palma, 2011).

En el año 2010, se realiza una revisión de técnicas para el control visual y calidad de aire en edificios. Fundamentalmente, se tratan técnicas de control predictivo, control basado en redes neuronales y control adaptativo basado en lógica borrosa. Además, se implementa un sistema de control jerárquico que permite obtener situaciones de confort térmico adecuadas en el interior de un contenedor de investigación, el cual es parte del centro de investigación de energía solar en la Universidad de Almería (Castilla, Álvarez, & Berenguel, 2010).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Pratama (2015), el estudio de la Calidad del Aire Interior (IAQ) dentro de un ambiente abarca el análisis de los niveles de temperatura (°C), humedad relativa (%), concentración de gases (dióxido de carbono, monóxido de carbono, etc.), material particulado (PM), velocidad del aire (m/s) y flujo de aire (m³/s). El IAQ se encuentra influenciado por la ubicación de las salidas de suministro de aire, escapes, ventanas, la geometría de las habitaciones y el mobiliario interior. Una inadecuada distribución de las aberturas (puertas o ventanas) dentro de las habitaciones, es una de las principales causas de un deficiente IAQ (Pitama, Ramos, & Graça, 2003). Además, el empleo de materiales de origen sintético para la construcción de edificios (por ejemplo, las pinturas para los muros y techos), ha contribuido al incremento de un gran número de compuestos nocivos, lo cual perjudica al IAQ (Caron et al., 2020; Goodman et al., 2018; Harb et al., 2018; Menghi, 2018).

En relación al punto anterior, se define como “Síndrome del Edificio Enfermo” (SBS) cuando los ocupantes del edificio experimentan problemas de salud que provocan un “disconfort”, absentismo y baja productividad. Este problema se debe en parte a factores físicos como la iluminación inadecuada, los niveles de ruido y los parámetros relacionados al IAQ (temperatura, humedad, concentración de gases, etc.). Dicho síndrome afecta todo tipo de estructuras, desde viviendas, centros laborales y de estudio, donde es necesario que el usuario se sienta cómodo y concentrado para que aporte su máxima productividad (Cascales, 2009; Sun et al., 2018; Thach et al., 2019).

Por otro lado, a nivel nacional, se identifica que la necesidad de viviendas en Lima ha sido cada vez más apremiante (Flores De los Santos, 2002). En los sectores de bajos ingresos económicos (asentamientos humanos en su mayoría), esta necesidad es atenuada por la

autoconstrucción de viviendas, lo cual significa que el poblador edifica su propia vivienda sin asesoría técnica de profesionales capacitados (ingenieros o arquitectos), contratando en su lugar a albañiles o maestros de obra para que realicen la construcción de esta. En otros casos, son los mismos pobladores quienes, con algunos conocimientos de albañilería, participan en la construcción de sus viviendas, contando con la colaboración de familiares, amigos y vecinos. Entonces, al no poseer la asesoría técnica necesaria, no se toman en cuenta las condiciones para una adecuada circulación de aire, lo cual repercutirá en el IAQ de la vivienda autoconstruida.

Asimismo, existen certificaciones internacionales que permiten acreditar el nivel de sostenibilidad de un edificio, lo cual es definido como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer de forma negativa a las futuras generaciones (UNESCO, 2012). Una de estas es la certificación LEED, la cual evalúa, entre otras, una categoría titulada “Calidad ambiental interior (IEQ)”, donde se encuentran aspectos relacionados con la calidad del aire interior (U.S. Green Building Council, 2009). Sin embargo, en una investigación se compararon dos edificios con características similares, uno de ellos sin poseer la certificación LEED y el otro sí. El resultado fue que los ocupantes percibían de forma similar el IEQ en ambos edificios, independientemente de encontrarse certificado o no (Preethi, 2005). Con ello, se identifica la necesidad de realizar más investigaciones para optimizar los estándares de LEED en beneficio de los ocupantes, ya que el desarrollo sostenible no solo debe generar una conservación de recursos, sino también un aumento de la productividad y el bienestar como resultado del IAQ.

En relación a las problemáticas presentadas anteriormente sobre los distintos parámetros que comprenden el análisis de IAQ, múltiples investigadores indican que los niveles de temperatura y humedad relativa son los parámetros que afectan en gran medida a la calidad del aire interior, ya que pueden causar o contribuir en la salud y bienestar de sus ocupantes (Torresin et al., 2018; Vornanen-Winqvist et al., 2020). En relación a la temperatura, los altos niveles generan agotamiento, dolores de cabeza, sudoración intensa y un menor rendimiento; por otro lado, los bajos niveles pueden generar problemas óseos y riesgo cardíaco. En relación a la humedad, los altos niveles generan problemas respiratorios por la presencia de moho y ácaros, mientras que los bajos niveles generan sequedad en la piel e irritación de vías respiratorias (Dannemiller et al., 2016; Fu et al., 2021). Por ello, en la presente tesis se ha decidido estudiar el IAQ bajo el enfoque de los niveles de temperatura y humedad relativa.

1.2.1. Problema General

Ante lo expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo simular parámetros de la calidad del aire interior en edificios de vivienda, de concreto armado, en la ciudad de Lima?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo generar modelos a escala reducida en función de los parámetros de la calidad del aire interior?
- ¿Cómo validar la simulación de los parámetros de la calidad del aire interior en los modelos a escala reducida?
- ¿Cómo proponer soluciones de mejora a la calidad del aire interior?

1.3. HIPÓTESIS

Respecto al planteamiento de la problemática y los objetivos de la presente tesis, se plantean las siguientes hipótesis.

1.3.1. Hipótesis General

Las condiciones de Calidad del Aire Interior por los niveles de temperatura y humedad en el interior de los modelos a escala reducida, se correlacionan con las condiciones externas, las cuales se amortiguan por el sistema de aislamiento térmico de la edificación.

1.3.2. Hipótesis Específicas

- El empleo del Teorema Pi de Buckingham y las condiciones de Similaridad permiten generar modelos a escala reducida en función de los parámetros de la calidad del aire interior.
- El comportamiento de la Calidad Interior de los Ambientes (IAQ) dentro de los modelos a escala reducida, presenta validez en cuanto a la simulación de los parámetros que comprende.
- El comportamiento de los parámetros de la calidad del aire interior se puede predecir mediante la regresión lineal simple, para proponer mejoras del mismo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Existen estándares para catalogar como adecuado las condiciones bio-climáticas dentro de un edificio o ambiente (TSI Incorporated, 2013). Se establecen rangos permisibles para la temperatura, humedad relativa, la velocidad del aire, ventilación y los niveles de CO₂, los se encuentran referenciados por normativas internacionales como el ASHRAE (American

Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) y la ISO 7730. Por ello, una comprensión precisa del movimiento del aire interior es crucial para el diseño de sistemas de calefacción, ventilación y del aire acondicionado, logrando cumplir los rangos permisibles de la calidad del aire interior, al mismo tiempo que se mejora la eficiencia energética de los sistemas mecánicos y eléctricos (Pitarma, Ramos, & Graça, 2003).

Por otro lado, mientras que las mediciones a gran escala del movimiento del aire ambiental, la distribución de temperatura y los componentes gaseosos consume mucho tiempo y costo (por los sofisticados sensores e instrumentos que se requieren), el uso de modelos a pequeña escala para estudiar la respuesta del entorno ambiental ofrece una solución atractiva y viable (Pitarma, Ramos, & Graça, 2003).

Asimismo, el rendimiento laboral y/o escolar se ve afectado por la temperatura interior y la tasa de ventilación, lo cual se verificó mediante análisis estadísticos, encontrándose relaciones cuantitativas que los vinculan. Temperaturas entre los 21 y 22 °C se asocian con el máximo rendimiento laboral y escolar (Fisk, 2007).

En resumen, existen rangos permisibles que deben cumplir las variables relacionadas con la calidad interior del aire. Al no cumplirse, se presentan problemas como el inadecuado flujo de aire, lo cual acarrea la inadecuada salud con los residentes del edificio, así como disminuciones en el rendimiento laboral de los mismos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Proponer un modelo de simulación de la calidad del aire interior en ambientes de un edificio de vivienda, de concreto armado, en la ciudad de Lima.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Generar modelos a escala reducida en función de los parámetros de la calidad del aire interior, mediante la aplicación del Teorema π de Buckingham y los criterios de Similaridad.
- Validar la simulación de los parámetros de calidad del aire interior en los modelos a escala reducida, comparando su comportamiento con los modelos a escala real.
- Aplicar la simulación de la calidad del aire interior en los modelos a escala reducida y proponer mejoras preventivas a escala real, previo a su construcción.

1.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

1.6.1. Población de estudio

Para realizar el cumplimiento de los objetivos y la hipótesis planteada en la presente tesis, se propone la siguiente población de estudio:

- Edificios destinados a vivienda y educación.
- Solamente aquellos dentro de la ciudad de Lima.
- Aquellos cuya estructura esté compuesta de concreto armado y albañilería.
- Deben poseer máximo 3 niveles.

Dicha delimitación toma en consideración los siguientes puntos:

- Problemáticas presentadas en la presente tesis.
- La necesidad de acceso al edificio durante un largo periodo de tiempo para el levantamiento de información.
- Según indican las estadísticas de censos de viviendas en Lima (INEI, 2018), aquellas cuyo material para muros es la albañilería, son el tipo representativo de viviendas en la ciudad (81.9%).
- El grado de diversidad de estructuras existentes que podrían evaluarse (Hospitales, colegios, universidades, mercados, etc.) y diversos tipos de materiales (adobe, madera, metálicos, etc.).
- La constructabilidad del modelo a escala, por lo que no podrá ser de muchos niveles.

1.6.2. Muestra de validación

Dada la finalidad de validar el proceso de simulación mediante modelos a escala reducida, se propone primero validarlo en una muestra de prueba (piloto), y luego validar una segunda muestra que acredite finalmente la validez generalizada del método dentro de la población definida. La elección de dicho proceso y el tamaño de la muestra obedecen a los siguientes criterios:

- Se seleccionó una muestra de edificio representativo, considerando que el promedio de viviendas en Lima posee un área en planta entre 90 a 100 m², y que el estándar de viviendas posee entre 2 a 3 pisos en la ciudad (CAPECO, 2018).
- Como podrá apreciarse en el siguiente capítulo, la recolección de información amerita una gran cantidad de tiempo debido a la variedad de escenarios y ambientes que serán evaluados, así como la variabilidad de las mediciones durante el tiempo, causando que el levantamiento de información tome una gran cantidad de días. Ello causa que la investigación se vea limitada dado el nivel de accesibilidad requerido en los edificios que

sean evaluados. Adicionalmente, queda delimitada teniendo en consideración la disponibilidad de tiempo del autor de la presente tesis por encontrarse laborando.

- Asimismo, se identifica un costo monetario significativo para la construcción de los modelos a escala, considerándose tanto los materiales, herramientas y la mano de obra respectiva, así como los servicios de terceros para la construcción de las piezas.
- De la misma forma, el proceso de construcción de los modelos también amerita un tiempo significativo, debido a que previamente existe un proceso de elaboración de planos sobre el modelo a escala, definición de piezas, cortado de las mismas por servicios de un tercero, para finalmente poder proceder con la construcción.

Respecto a la muestra de estructura piloto, debido a que la finalidad es realizar un primer ensayo de simulación, se decide que esta sea de un solo ambiente. Además, se considera la necesidad de contar con acceso prolongado a la misma. Por ello, se trabajará con un salón de clases dentro de la FIC - UNI, seleccionando de forma aleatoria el G2 - 302. Esta se encuentra ubicada en el 3er nivel del pabellón principal de la facultad, en el extremo derecho del mismo según la vista de acuerdo al sentido de subida por sus escaleras. La ubicación de la misma puede apreciarse en el anexo N° 01.

En cuanto a la segunda muestra, debido a que con esta se generalizará la validez del proceso de simulación, se decide que sea una estructura con mayor complejidad que la anterior. Así, y teniendo en consideración el acceso a la información durante un periodo de tiempo prolongado, se selecciona una edificación de vivienda, la cual se encuentra en el distrito de Jesús María.

1.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

En relación al análisis que será realizado en la presente tesis, se definen las siguientes variables de investigación.

1.7.1. Variable dependiente

Aquella cuyo comportamiento dependerá de las variables independientes propuestas. En la presente tesis, esta será la Calidad del Aire Interior (IAQ).

1.7.2. Variables independientes

Aquellas cuyo comportamiento será medido y controlado directamente. Si bien el IAQ comprende distintas variables, en la presente tesis se estudiarán las siguientes:

- Temperatura (°C)
- Humedad relativa (%)

1.8. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Tomando en consideración los objetivos de la presente tesis, se identifica que el alcance de la investigación, aparte de ser del tipo cuantitativa, corresponde a un estudio Correlacional (Hernández Sampieri, 2014). En resumen, es debido a que se busca conocer el comportamiento de una variable conociendo el comportamiento de otras vinculadas al mismo, con posibilidad de realizar predicciones.

Por otro lado, en el anexo N° 02 se presenta un flujograma con el proceso de investigación llevado a cabo en la presente tesis, separándose los puntos en los capítulos a desarrollarse luego del Marco Teórico respectivo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo, se presentan todos aquellos conceptos teóricos necesarios a tener en cuenta para poder realizar la simulación, mediante el modelamiento a escala reducida y mediante redes neuronales, de aquellos parámetros que repercuten en la calidad interior del aire dentro de un ambiente.

2.1. CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

El concepto de Calidad del Aire Interior (IAQ por sus siglas en inglés), se considera como el efecto físico de la exposición de las personas al aire interior del ambiente donde se encuentran, especialmente en relación a la salud y productividad de estas (TSI Incorporated, 2013). Según Pratama (2015), el estudio del IAQ abarca los siguientes parámetros:

- Temperatura (°C)
- Humedad relativa (%)
- Concentración de gases: Dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), etc.
- Material particulado (PM)
- Velocidad del aire (m/s)
- Flujo de aire (m³/s)

2.2. PROPIEDADES DEL AIRE

Existen una serie de tablas donde se encuentra el valor de las propiedades del aire a distintas condiciones (U.S. Department of Commerce, 1995). Sin embargo, es necesario conocer el origen de dichos cálculos para los fines científicos de la presente tesis de posgrado.

2.2.1. Densidad del aire

2.2.1.1. Ecuación de estado de gases reales

La densidad del aire no es medida directamente, sino que es calculada tomando en cuenta las condiciones de temperatura, presión y humedad relativa (Becerra & Guardado, 2001). El aire, como un gas real, obedece la siguiente ecuación de estado:

$$p.V = n.Z.R.T \quad (1)$$

Donde:

- p : Presión atmosférica, la cual se mide con Barómetros
- V : Volumen del gas
- n : Número de moles del gas

Z : Factor de compresibilidad

R : Constante universal de los gases ideales

$$R = 8.3145 \frac{J}{mol.K}$$

T : Temperatura del aire (en K)

Por otro lado, considerando la masa del gas (m) y su masa molecular (M), la densidad del aire se puede expresar:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n.M}{V} \quad (2)$$

Empleándose las ecuaciones (1) y (2), se obtiene:

$$\rho = \frac{n.M}{V} = \frac{n.M.p}{n.Z.R.T} = \frac{p.M}{Z.R.T} \quad (3)$$

2.2.1.2. Masa molar del aire

Debido a que el aire está compuesto tanto por una fracción molar de vapor de agua (x_v) y por otra fracción molar de aire seco ($1 - x_v$), se tiene:

$$M = M_v * (x_v) + M_a * (1 - x_v) \quad (4)$$

Donde:

M_v : Masa molar del vapor de agua

$$M_v = 0.018015 \frac{kg}{mol}$$

M_a : Masa molar del aire seco

$$M_a = 0.028963 \frac{kg}{mol} \text{ (para una composición constante)}$$

Con ello, la densidad del aire se calcularía:

$$\rho = \frac{p}{Z.R.T} [M_v * (x_v) + M_a * (1 - x_v)] \quad (5)$$

La fracción molar del vapor de agua se puede calcular a partir de la humedad (H) y la fracción molar del vapor de agua en aire húmedo saturado (x_{vs}):

$$H = \frac{x_v}{x_{vs}} \quad (6)$$

El valor de la fracción molar del vapor de agua en aire húmedo saturado se calcula mediante la presión de saturación de vapor (p_{vs}) en la temperatura del ambiente y con la presión atmosférica (p):

$$x_{vs} = \frac{p_{vs}}{p} \quad (7)$$

Empleando las ecuaciones (6) y (7), se obtiene:

$$x_v = H * \frac{p_{vs}}{p} \quad (8)$$

La presión de saturación de vapor (p_{vs}), se calcula en función de la temperatura (T en Kelvin), de la siguiente manera:

$$p_{vs} = \exp\left(A * T^2 + B * T + C + \frac{D}{T}\right) \quad (Pa) \quad (9)$$

Donde:

$$A = 1.237884 * 10^{-5} \quad K^{-2}$$

$$B = -1.912131 * 10^{-2} \quad K^{-1}$$

$$C = 33.937110$$

$$D = -6.343164 * 10^3 \quad K$$

2.2.1.3. Factor de compresibilidad

Dicho factor se calcula de la siguiente manera:

$$Z = 1 - \frac{p}{T} [a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot t^2 + (b_0 + b_1 \cdot t)x_v + (c_0 + c_1 \cdot t)x_v^2] + \frac{p^2}{T^2} (d + e \cdot x_v^2) \quad (10)$$

Donde:

t : Temperatura del aire en °C

T : Temperatura del aire en K

$$a_0 = 1.58123 * 10^{-6} \quad \frac{K}{Pa}$$

$$a_1 = -2.9331 * 10^{-8} \frac{1}{Pa}$$

$$a_2 = 1.1043 * 10^{-10} \frac{1}{K.Pa}$$

$$b_0 = 5.707 * 10^{-6} \frac{K}{Pa}$$

$$b_1 = -2.051 * 10^{-8} \frac{1}{Pa}$$

$$c_0 = 1.9898 * 10^{-4} \frac{K}{Pa}$$

$$c_1 = -2.376 * 10^{-6} \frac{1}{Pa}$$

$$d = 1.83 * 10^{-11} \frac{K^2}{Pa^2}$$

$$e = -0.765 * 10^{-8} \frac{K^2}{Pa^2}$$

2.2.2. Velocidad del viento

Tal como se indica en el Atlas Eólico del Perú (2008), el viento matemáticamente es un vector, el cual se estudia solamente en sus 2 componentes horizontales debido a que la componente vertical es normalmente muy pequeña. Por lo tanto, se puede describir en cualquier instante de tiempo mediante dos coordenadas; sin embargo, la forma natural de describir el viento es mediante coordenadas polares, describiendo el módulo (velocidad) y la dirección del mismo. Un motivo importante de estudiarlo de dicha forma es que los instrumentos tradicionales de medida evalúan dichas magnitudes por separado. El instrumento que mide la velocidad del viento de manera directa se le conoce como Anemómetro y el que mide la dirección se le conoce como Veleta (Ministerio de Energía y Minas, 2008).

2.2.3. Calor específico del aire

El calor puede definirse como energía en tránsito desde un objeto con alta temperatura hacia uno con menor temperatura. Con el objetivo de enfriar o calentar una cantidad de gas en un tiempo determinado, se emplea la siguiente ecuación (Al-Shemmeri, 2010):

$$Q = m * C * (T_f - T_o) \quad (11)$$

Donde:

Q :	Cantidad de calor (J)
m :	Masa (Kg)
C :	Capacidad de calor específico (J / Kg.K)
$T_f - T_o$:	Diferencia de temperatura (K)

El intercambio de calor puede darse bajo las siguientes condiciones:

- A presión constante:

$$Q = m * C_p * (T_f - T_o) \quad (12)$$

- A volumen constante:

$$Q = m * C_v * (T_f - T_o) \quad (13)$$

Los valores de dichas constantes varían respecto a la temperatura como se presenta a continuación (Ver tabla N° 2.1):

Tabla N° 2.1. Valores de calor específico del aire
Fuente: Tarik Al-Shemmeri (2010) / Elaboración propia

Temperatura (K)	C_p (J / Kg.K)	C_v (J / Kg.K)
250	1003	716
300	1005	718
350	1008	721

2.2.4. Coeficiente de transferencia de calor por convección

En un fluido en movimiento se presenta al mismo tiempo el problema térmico y el fluido dinámico, por lo que sería necesario resolver las ecuaciones completas de Navier-Stokes para calcular el campo de temperaturas y los flujos de calor. Esta dificultad hace que en la práctica ingenieril se limite el estudio casi exclusivamente al flujo global de calor entre el fluido y la pared con la fórmula de Newton (Martínez, 1992):

$$Q = h. A. \Delta T \quad (14)$$

Donde:

- Q : Tasa de transferencia de calor.
- A : Área de la superficie de transferencia de calor
- h : Coeficiente de transferencia de calor por convección

ΔT : Diferencia de temperatura entre la superficie y el aire circulante

Para el cálculo de h , se presenta la siguiente ecuación con la velocidad del aire (Khabari, Zenouzi, O'Connor, & Rodas, 2014):

$$h = 10.45 - V + 10. V^{1/2} \quad (15)$$

2.3. RESISTENCIA TÉRMICA DE MUROS

Dentro del análisis de la transferencia de calor, se está interesado en conocer la cantidad de calor transferida a través de un medio bajo condiciones estables y ciertas temperaturas en la superficie. Ello puede resolverse introduciendo el concepto de la Resistencia Térmica, que es una forma análoga a los problemas de circuitos eléctricos. En este caso, la resistencia térmica corresponde a la resistencia eléctrica, la diferencia de temperatura corresponde al voltaje y la transferencia de calor corresponde a la corriente eléctrica (Çengel & Ghajar, 2011).

Luego de haber realizado mediciones de temperatura en distintos puntos de la superficie de un muro, tanto en su interior como exterior, se confirma que la superficie es casi isotérmica. Es decir, las temperaturas en la parte superior, inferior, así como en los extremos derecho e izquierdo, son casi las mismas (Ver figura N° 2.1).

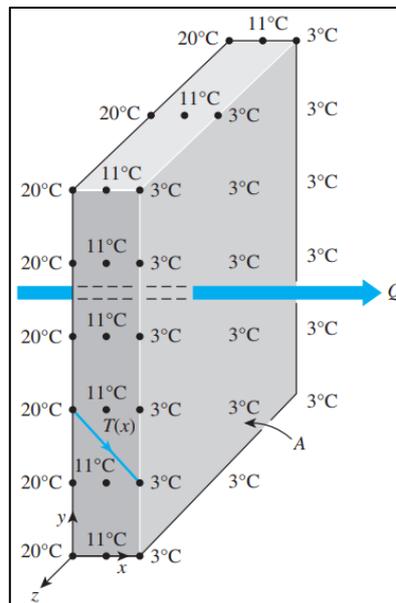


Figura N° 2.1. Comportamiento isotérmico en muros

Fuente: Çengel and Ghajar (2011)

En el muro, lo que sí se encuentra es una considerable diferencia de temperatura entre la cara interna y externa, ya que el pequeño espesor de los muros causa que el gradiente de temperatura en dicha dirección sea grande. Asimismo, si las temperaturas del aire dentro y fuera de la casa permanecen constantes, la transferencia de calor de una casa se puede modelar como unidimensional.

Considerando que la transferencia de calor es la única interacción de energía involucrada en este caso y que no hay generación de calor, el balance de energía en la pared se expresa:

$$\dot{Q}_{in} - \dot{Q}_{ex} = \frac{dE_{muro}}{dt} \quad (16)$$

Lo cual indica que la tasa de transferencia de calor dentro del muro menos la tasa de transferencia fuera del muro, va a ser igual al cambio de energía del mismo. Sin embargo, $\frac{dE_{muro}}{dt} = 0$ para el comportamiento estable del muro, ya que no hay cambio en la temperatura de esta en cualquier punto.

De esta forma, la tasa de transferencia dentro del muro será igual a la tasa de transferencia fuera de este. Ello implica que la tasa de transferencia a través de este debe ser constante. Considerando la figura N° 2.2, un muro de espesor "L", con una conductividad térmica promedio de "k", ambas caras del muro con temperaturas constantes de T_1 y T_2 , siendo la ecuación que rige su cambio $T_{(x)}$. Así, la ley de Fourier para la conducción térmica del muro se expresa:

$$\dot{Q}_{cond, muro} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (17)$$

Donde la tasa de transferencia de calor de conducción " $\dot{Q}_{cond, muro}$ " y el área del muro "A" son valores constantes. De esta forma, $\frac{dT}{dx}$ debe ser un valor constante, lo que indica que el cambio de temperatura a través del muro tiene un comportamiento lineal, como se aprecia en la figura N° 2.2. Separando las variables de la ecuación (17), e integrando ambas partes:

$$\int_{x=0}^L \dot{Q}_{cond, muro} \cdot dx = - \int_{T=T_1}^{T_2} k \cdot A \cdot dT \quad (18)$$

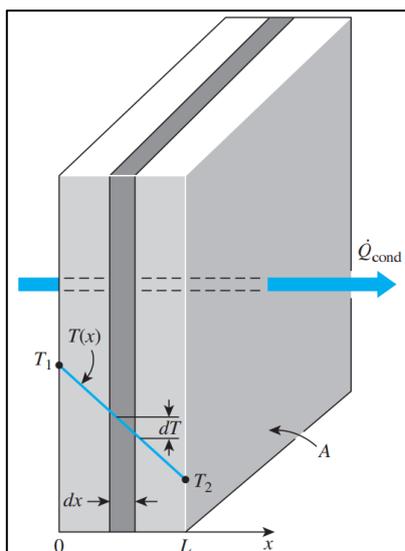


Figura N° 2.2. Transferencia de calor constante en un muro

Fuente: Çengel and Ghajar (2011)

Con ello, se obtiene:

$$\dot{Q}_{cond, muro} = k \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{L} \quad (19)$$

La ecuación (19) puede escribirse de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_{cond, muro} = \frac{T_2 - T_1}{R_{muro}} \quad (20)$$

Donde:

$$R_{muro} = \frac{L}{k \cdot A} \quad (K/W) \quad (21)$$

La ecuación (21) expresa la resistencia térmica del muro.

2.4. CARGAS TÉRMICAS EN EDIFICIOS

(Macías, 2013) Las cargas térmicas en edificios son el resultado de las cargas tanto internas como externas del mismo, de acuerdo a sus mecanismos de transferencia de calor, las fuentes (suministran energía en forma de calor) y los sumideros (absorben energía en forma de calor). Dentro de las fuentes más comunes, se encuentran:

- Carga solar (transferida a través de paredes, techos, ventanas y puertas).
- Carga aportada por personas
- Carga aportada por equipos

De la misma forma, los sumideros más comunes son:

- Aire
- Techo, piso y paredes

2.4.1. Carga térmica solar incidente

A continuación, se procede a detallar el procedimiento para calcular la carga térmica solar incidente.

2.4.1.1. Ángulo de incidencia efectivo

El ángulo de incidencia efectivo es aquel ángulo de incidencia entre los rayos solares y la normal a la superficie de estudio. Este se calcula de la siguiente manera:

$$\cos\theta = \cos\beta \cdot \cos\gamma \cdot \sin\zeta + \sin\beta \cdot \cos\zeta \quad (22)$$

Donde:

ζ : Ángulo de inclinación de la superficie, en sentido anti horario, con respecto a la superficie horizontal.

γ : Azimut superficial solar

$$\gamma = \phi - \psi \quad (23)$$

ψ : Azimut superficial, el cual es el ángulo que hace la normal a la superficie evaluada con la coordenada sur positivo en sentido antihorario.

ϕ : Azimut solar, normalmente medido desde el sur. Es positivo para las horas de la tarde y negativo para las horas de la mañana.

$$\cos\phi = \frac{\sin\beta \cdot \sin L - \sin\delta}{\cos\beta \cdot \cos L} \quad (24)$$

β : Altitud solar

$$\sin\beta = \cos L \cdot \cos\delta \cdot \cos H + \sin L \cdot \sin\delta \quad (25)$$

L : Latitud local (°)

δ : Declinación solar (°)

$$\delta = 23.45 \cdot \sin \left[\frac{2 \cdot \pi}{365} (284 + \eta) \right] \quad (26)$$

η : Día del año

H : Ángulo horario (°)

$$H = 15 \cdot (AST - 12) \quad (27)$$

AST : Tiempo solar aparente, en horas decimales.

$$AST = LST + \frac{ET}{60} - \frac{(LSM - LON)}{15} \quad (28)$$

LST : Hora local estándar, en horas decimales.

LSM : Meridiano local estándar, en grados sexagesimales.

LON : Longitud local, en grados sexagesimales.

ET : Ecuación de tiempos, en minutos decimales.

$$ET = 229.18 * \left[7.5 * 10^{-5} + 18.68 * 10^{-4} * \cos \left(\frac{2\pi}{365} (\eta - 1) \right) - 32.077 * 10^{-3} * \sin \left(\frac{2\pi}{365} (\eta - 1) \right) - 14.615 * 10^{-3} * \cos \left(\frac{4\pi}{365} (\eta - 1) \right) - 40.89 * 10^{-3} * \sin \left(\frac{4\pi}{365} (\eta - 1) \right) \right] \quad (29)$$

En la astronomía, se emplea el término de tiempo solar medio, definiendo la duración del segundo como la 86,400-ava parte del intervalo transcurrido entre dos tránsitos consecutivos de un sol ficticio que se desplaza a una velocidad uniforme sobre el ecuador celeste, y el tiempo solar verdadero, que es el resultado de la observación directa del sol. Para la medición de dicho sol ficticio, se observa al sol verdadero y se corrige en el instante de observación por la diferencia entre el tiempo solar verdadero y el tiempo solar medio, conociéndose a esta diferencia como la Ecuación de Tiempos. Los valores positivos de dicha ecuación indican que el tiempo verdadero está adelantado. Otra expresión de dicha ecuación se muestra a continuación (Alcolea, 2012):

$$ET = 595 * \sin(199^\circ + 1.971^\circ * \eta) + 441 * \sin(175^\circ + 0.986 * \eta) \quad (30)$$

2.4.1.2. Cálculo de carga térmica solar incidente

La ecuación para calcular la carga solar incidente es la siguiente (ASHRAE, 2001):

$$E_{solar} = E_{DN} \cdot \cos\theta + E_d + E_r \quad (31)$$

Donde:

θ : Ángulo de incidencia efectivo

$$E_{DN} = \frac{A}{\frac{B}{e^{\sin\beta}}} \quad (32)$$

A: Irradiación solar aparente (Ver tabla N° 2.2).

B: Coeficiente de extinción atmosférica (Ver tabla N° 2.2).

$$E_d = C \cdot Y \cdot E_{DN} \quad (33)$$

Y: Relación entre la radiación difusa sobre una superficie vertical y la radiación difusa del cielo sobre una superficie horizontal, la cual se calcula de la siguiente manera:

$$Y = \begin{cases} 0.55 + 0.437 \cdot \cos\theta + 0.313 \cdot \cos^2\theta & ; \text{ si } \cos\theta > -0.2 \\ 0.45 & ; \text{ si } \cos\theta \leq -0.2 \end{cases} \quad (34)$$

C: Parámetro adimensional (Ver tabla N° 2.2).

E_r : Irradiación reflejada por el piso para todas las orientaciones de la superficie.

$$E_r = E_{DN} \cdot (C + \sin\beta) \cdot \rho_g \cdot \frac{1 - \cos\zeta}{2} \quad (35)$$

ρ_g : Reflectividad de la superficie, depende del ángulo de incidencia (Ver tabla N° 2.3).

Tabla N° 2.2. Valores de A, B y C para los días 21 de cada mes

Fuente: ASHRAE (2001) / Elaboración propia

Mes	A (W / m ²)	B	C
Enero	1,202	0.141	0.103
Febrero	1,187	0.142	0.104
Marzo	1,164	0.149	0.109

Abril	1,130	0.164	0.120
Mayo	1,106	0.177	0.130
Junio	1,092	0.185	0.137
Julio	1,093	0.186	0.138
Agosto	1,107	0.182	0.134
Setiembre	1,136	0.165	0.121
Octubre	1,166	0.152	0.111
Noviembre	1,190	0.144	0.106
Diciembre	1,204	0.141	0.103

Los valores de A, B y C de la tabla N° 2.2 son solamente para los días 21 de cada mes, por lo que en caso de trabajar en otras fechas se deberá interpolar.

Tabla N° 2.3. Reflectividad en superficies
Fuente: ASHRAE (2001) / Elaboración propia

Superficie	ρ_g
Concreto nuevo	0.35
Concreto viejo	0.25
Superficies claras	0.60
Superficies oscuras	0.27

2.4.2. Transferencia de calor a través de paredes y techos

La tasa de transferencia de calor (\dot{Q}) a través de cualquier sección de una pared o techo de un edificio se determina de la siguiente manera:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (t_2 - t_1) = \frac{A}{R} * (t_2 - t_1) \quad (36)$$

Donde:

- U : Coeficiente global de transferencia de calor.
- A : Área de transferencia de calor.
- $(t_2 - t_1)$: Diferencia de temperatura a la se que da la transferencia de calor.
- R : Resistencia total a la transferencia de calor.

$$U = \frac{1}{R} \quad (37)$$

Para el caso de paredes y techos que reciben carga térmica por irradiación solar, es conveniente considerar una temperatura externa mayor por una cantidad equivalente al efecto solar. Así, se define un valor de temperatura t_{sa} como aquella temperatura del aire externa equivalente, que da la misma velocidad de transferencia de calor como si fuera la combinación de la radiación solar incidente, convección con el aire ambiental y el intercambio de calor por radiación con el cielo y las superficies de su alrededor (Macías, 2013).

$$t_{sa} = t_a + \frac{a_s \cdot E_{solar}}{h_0} - \frac{\varepsilon \cdot \sigma \cdot (t_a^4 - t_s^4)}{h_0} \quad (38)$$

Donde:

- t_a : Temperatura ambiente
- a_s : Absortividad solar (Ver tabla N° 2.4)
- E_t : Potencia solar incidente sobre la superficie
- ε : Emisividad de la superficie
- σ : Constante de Stephan Boltzmann
- h_0 : Coeficiente de convección térmica (W / m². °C)
- t_s : Temperatura de los alrededores

Tabla N° 2.4. Absortividad solar
Fuente: Çengel (2011) / Elaboración propia

Superficie	a_s
Concreto nuevo	0.65
Concreto viejo	0.75
Superficies claras	0.40
Superficies oscuras	0.73

El último término de la ecuación (38) se convierte en cero para el caso de muros verticales y llega a un valor de 4 °C en caso de superficies horizontales o inclinadas. Respecto a las ecuaciones (36) y (38), se obtiene:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (t_{sa} - t_{in}) = \frac{A}{R} \cdot (t_{sa} - t_{in}) \quad (39)$$

2.4.3. Transferencia de calor a través de ventanas

El cálculo de la carga térmica a través de ventanas tiene un aspecto particular ya que involucra tanto al elemento traslúcido, su marco que la sostiene y el diseño de la ventana (Macías, 2013). La carga térmica total, a través de ventanas, se escribe de la siguiente forma:

$$q_{ventana} = q_{conducción} + q_{solar} \quad (40)$$

Donde:

$q_{conducción}$: Carga térmica por conducción.

$$q_{conducción} = U * A * (t_{ext} - t_{int}) \quad (41)$$

q_{solar} : Carga térmica por irradiación solar sobre la superficie.

Para el caso del sombreado interno, referido al empleo de cortinas, se refleja la radiación solar transmitida a través de las ventanas antes que sea absorbida y convertida en calor dentro del edificio. En dicho caso, la carga térmica por irradiación se calcula de la siguiente manera:

$$q_{solar} = A * [E_{DN} \cdot \cos\theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) \cdot SHGC_{(D)}] * I_{SAC} \quad (42)$$

Donde:

A : Área de la ventana

U : Coeficiente global de transferencia de calor, incluyendo marco.

I_{SAC} : Coeficiente interno de atenuado por sombra, depende de la cobertura (vidrio, persianas, etc.) (Ver valores en ASHRAE, 2001).

$SHGC_{(\theta)}$: Coeficiente de ganancia térmica solar directa, que depende del ángulo de incidencia (Ver valores en ASHRAE, 2001).

$SHGC_{(D)}$: Coeficiente de ganancia térmica solar difusa, depende de la ventana (fija u operable) y si el material de ensamblaje es aluminio u otros (Ver valores en ASHRAE, 2001).

2.4.4. Transferencia de calor debido a luminarias

La carga térmica (en W) producto de las luminarias se calcula con la siguiente expresión (ASHRAE, 2001):

$$Q_{luminarias} = W \cdot F_{ul} \cdot F_{sa} \quad (43)$$

Donde:

- W : Potencia total de la luminaria
- F_{ul} : Factor de uso de la luminaria, la cual se obtiene de la relación entre la potencia real usada y la total instalada.
- F_{sa} : Factor especial de tolerancia, el cual es la fracción debido a la carga aportada por los balastos, en el caso de luces fluorescentes (Ver valores en ASHRAE, 2001).

2.5. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

El Sistema Internacional (SI), es el sistema universal que permite expresar los resultados experimentales, reportes de investigación y avances tecnológicos mediante un estándar común (Bernal, 2015). Posee siete magnitudes físicas fundamentales y en términos de éstas se construyen las magnitudes físicas derivadas (Ver tabla N° 2.5).

Tabla N° 2.5. Magnitudes fundamentales

Fuente: Bernal (2015)

Magnitud fundamental	Dimensión física	Unidad SI
Longitud	L	m
Masa	M	kg
Tiempo	T	s
Corriente eléctrica	I	A
Cantidad de sustancia	m	mol
Temperatura	t	K
Intensidad luminosa	i	cd

2.6. TEOREMA PI DE BUCKINGHAM

En un problema particular que contenga " n " variables físicas involucradas, sean fundamentales o derivadas, y si entre ellos existe una relación funcional de la forma:

$$f(q_1, q_2, q_3, \dots, q_n) = 0 \quad (44)$$

Entonces, dichas variables siempre se pueden combinar para formar " $n - j$ " variables adimensionales ("números π ") independientes, siendo " j " el rango de la matriz dimensional del mismo. Por ello, ecuación (44) puede presentarse de la siguiente forma (Bernal, 2015):

$$\varphi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-j}) = 0 \quad (45)$$

Siendo $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_{n-j}$, monomios adimensionales formados por productos de potencias de las variables físicas involucradas, como se muestra a continuación:

$$\pi_i = V_{Di} * \prod_{k=1}^j V_{Fk}^{a_k} \quad (46)$$

Donde:

" V_{Di} " Representa a las variables físicas relevantes.

" V_{Fk} " Representa a las variables dinámicas y fundamentales que se repetirán.

" a_k " Representa la potencia para obtener un factor π adimensional.

2.7. SIMILARIDAD ENTRE VARIABLES FÍSICAS

La Semejanza o Similaridad se conoce como la relación existente entre una variable física de un modelo real y uno a escala reducida (García Palacios, 2013). En un modelo a escala reducida existirá una "Similaridad Mecánica" cuando se tenga al mismo tiempo:

- Similaridad geométrica. Ocurre cuando todas las longitudes se encuentren afectadas por el mismo factor de escala. Se deben respetar los mismos ángulos en cada punto del modelo.
- Similaridad cinemática. Cuando se posee un modelo de mayor complejidad, donde intervengan otras unidades aparte de la longitud (como es el caso por ejemplo de la velocidad), los vectores de dichas unidades son proporcionados al modelo con la misma proporción.
- Similaridad dinámica. En el caso que además existan fuerzas aplicadas al modelo a escala, se aplica el factor proporcional al polígono de fuerzas actuantes sobre una partícula del modelo.

2.8. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

(Monti et al., 2017) La prueba de Kolmogorov-Smirnov permite validar si una muestra de datos sigue o no un tipo de distribución estadística (Normal, Exponencial, etc). Para el caso específico de una distribución Normal, se plantean las siguientes hipótesis a contrastar:

H_0 : Los datos siguen una distribución Normal.

H_1 : Los datos no siguen una distribución Normal.

Donde se define el siguiente estadístico de contraste:

$$D_{KS} = \sup |F_n(x_i) - F_0(x_i)| \quad (47)$$

" x_i " representa los múltiples valores de la muestra de " n " datos, los cuales previamente se han ordenado de forma ascendente. Por otro lado, $F_n(x_i)$ representa la probabilidad de observar valores menores o iguales a " x_i ", y se calcula de la siguiente manera:

$$F_n(x_i) = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \{X \leq x_i\} \quad (48)$$

Asimismo, $F_0(x_i)$ representa la probabilidad de observar valores menores o iguales a " x_i " cuando la hipótesis H_0 es cierta, la cual se obtiene con valores tabulados por la propia distribución normal estándar $P(Z)$.

En el caso del estadístico " D_{KS} ", se define dos sub-partes a ser calculadas:

$$D_{KS} = \max\{D_{KS}^+, D_{KS}^-\} \quad (49)$$

Donde:

$$D_{KS}^+ = \max_{i=1, \dots, n} \left\{ \frac{i}{n} - F_0(x_i) \right\} \quad (50)$$

$$D_{KS}^- = \max_{i=1, \dots, n} \left\{ F_0(x_i) - \frac{(i-1)}{n} \right\} \quad (51)$$

Luego, empleando un coeficiente de confiabilidad de 95% y para el caso de una distribución Normal, se compara el estadístico " D_{KS} " con el siguiente valor:

$$D_\alpha = \frac{0.895}{\sqrt{n} - 0.01 + \frac{0.85}{\sqrt{n}}} \quad (52)$$

Finalmente, si $D_{KS} \leq D_\alpha$ se acepta H_0 .

2.9. PRUEBA DE IGUALDAD DE VARIANZAS

(Christensen, 2000) La presente prueba tiene la finalidad de validar si dos muestras de datos (previamente validándose que se ajustan a una distribución normal) que se están comparando, poseen varianzas similares (Homogéneas) o muy diferentes (Heterogéneas). Para ello, se plantean las siguientes hipótesis a contrastar:

H_0 : Las varianzas son homogéneas.

H_1 : Las varianzas son heterogéneas.

Así, se emplea el siguiente estadístico:

$$\frac{s_2^2}{s_1^2} \quad (53)$$

Donde el numerador (s_2^2) representa la varianza de la muestra de datos cuya varianza es mayor, por lo que el estadístico debe ser siempre mayor que la unidad. La hipótesis H_0 se rechaza si (53) es mucho mayor que 1 o si es mucho menor que 1. Para poder cuantificar dicha diferencia de la unidad, se empleará la distribución F con las siguientes características:

$$F(1 - \alpha, n_2 - 1, n_1 - 1) \quad (54)$$

Donde " n_1 " y " n_2 " corresponden al tamaño de ambas muestras y " $1 - \alpha$ " representa el nivel de confiabilidad en la prueba. Los valores " $n_1 - 1$ " y " $n_2 - 2$ " representan los grados de libertad de cada muestra. Así, trabajándose con una confiabilidad del 95%, se valida H_0 en caso de cumplirse la siguiente inecuación:

$$\frac{s_2^2}{s_1^2} < F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1) \quad (55)$$

2.10. COMPARACIÓN ENTRE MUESTRAS

(Coladarci & Casey, 2013) En caso de realizarse la comparación entre el grado de diferencia estadística entre dos muestras de datos (" d "), dependerá del resultado de la prueba de igualdad de sus varianzas. Para el caso de varianzas homogéneas, se empleará el siguiente estadístico:

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d|}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (56)$$

Siendo " \bar{x}_1 " y " \bar{x}_2 " los promedios de ambas muestras. Se utiliza la prueba T de Student para calcular el valor de " d ", bajo la siguiente igualdad:

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d|}{\sqrt{\left[\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right] * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} = T(1 - \alpha, n_1 + n_2 - 2) \quad (57)$$

En caso que ambas muestras posean el mismo tamaño " n ", la expresión se reduce a la siguiente forma:

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d|}{\sqrt{\left[\frac{s_1^2 + s_2^2}{n} \right]}} = T(1 - \alpha, 2n - 2) \quad (58)$$

Por otro lado, en caso de presentarse varianzas heterogéneas, se empleará el siguiente estadístico:

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (59)$$

Se utiliza la prueba T de Student para calcular el valor de " d ", bajo la siguiente igualdad:

$$\frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d|}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} = T(1 - \alpha, v) \quad (60)$$

Donde " v " se calcula con la siguiente expresión:

$$v = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad (61)$$

En caso que ambas muestras posean el mismo tamaño "n", la expresión se reduce a la siguiente forma:

$$v = \frac{(s_1^2 + s_2^2)^2 * (n - 1)}{(s_1^2)^2 + (s_2^2)^2} \quad (62)$$

2.11. REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

La regresión lineal múltiple consiste en la representación de una variable dependiente "Y", en función de una combinación lineal de múltiples variables "X", las cuales serán afectadas por coeficientes adimensionales "b", en concordancia con la siguiente expresión (de la Fuente Fernández, 2011):

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_k * X_k \quad (63)$$

Dado que se poseen una serie de casos para dicha ecuación lineal, se obtendrá la siguiente ecuación lineal en función de un valor de error "u" respecto a un modelo de probabilidad Normal.

$$Y_i = b_0 + b_1 * X_{1i} + b_2 * X_{2i} + \dots + b_k * X_{ki} + u_i \quad (64)$$

Expresado en la forma matricial:

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_0 + b_1 * X_{11} + b_2 * X_{21} + \dots + b_k * X_{k1} + u_1 \\ b_0 + b_1 * X_{12} + b_2 * X_{22} + \dots + b_k * X_{k2} + u_2 \\ \vdots \\ b_0 + b_1 * X_{1n} + b_2 * X_{2n} + \dots + b_k * X_{kn} + u_n \end{pmatrix} \quad (65)$$

Por ello, se transforma en la siguiente expresión matricial:

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X_{11} & \dots & X_{k1} \\ 1 & X_{12} & \dots & X_{k2} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & X_{1n} & \dots & X_{kn} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \quad (66)$$

Se expresa en función de matrices simplificadas:

$$\bar{Y} = \bar{X} * \bar{b} + \bar{u} \quad (67)$$

Con ello, se obtiene la expresión del error por la regresión lineal múltiple:

$$\bar{u} = \bar{Y} - \bar{X} * \bar{b} \quad (68)$$

Tal como indica (Rojo Abuín, 2007), la varianza residual se puede expresar con la siguiente forma:

$$\text{Varianza residual} = \bar{u}' * \bar{u} \quad (69)$$

Mediante la derivación y modificaciones en la expresión, se obtiene:

$$\bar{b} = (\bar{X}' * \bar{X})^{-1} * \bar{X}' * Y \quad (70)$$

CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DE MODELOS A ESCALA REDUCIDA

En el presente capítulo, se describe el proceso llevado a cabo para la construcción de los modelos a escala reducida, que simulen los parámetros de la calidad del aire interior en edificios de vivienda, según indica el primer objetivo específico planteado en la presente tesis. Tal como fue explicado en el capítulo I, la investigación contará con una muestra de dos edificios. La primera muestra servirá como prueba piloto y consiste en el aula G2 - 302 de la FIC - UNI. La segunda muestra será la que permita generalizar la validación en toda la población, consiste en una edificación de vivienda en el distrito de Jesús María. Por ello, el procedimiento explicado a continuación aplica para la construcción de ambas muestras.

3.1. INFORMACIÓN DE MODELOS A ESCALA REAL

En primer lugar, se procede a recolectar la información importante de los modelos a escala real, que permitan construir los modelos a escala reducida.

- Nomenclatura y distribución de ambientes.
- Dimensiones en ambientes: Largo, ancho y alto (planos en planta, cortes y elevaciones).
- Ubicación y dimensiones de puertas y ventanas (cuadro de vanos).
- Espesor y materiales en el piso, muros, techos, escaleras, puertas y ventanas.
- Distribución en sección de ventanas con capacidad de movimiento.

En concordancia con ello, en el Anexo N° 03 se presenta la información de la Primera Muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) y en el Anexo N° 04 se presenta la referida a la Segunda Muestra (edificio de vivienda en Jesús María).

Se presenta a continuación las principales características en los elementos de la Primera Muestra (Ver tabla N° 3.1).

Tabla N° 3.1. Características de elementos del aula G2-302

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Material	Espesor (cm)
Losa de piso	Losa aligerada con concreto armado	20
Losa de techo		17
Acabado de piso	Cerámica	0.85
Muros	Albañilería	20
Puerta	Acero inoxidable	0.4
Ventana	Vidrio	0.6

De la misma forma, las principales características de la Segunda Muestra (edificio de vivienda en Jesús María) se presentan a continuación (Ver tabla N° 3.2).

Tabla N° 3.2. Características de elementos en la Segunda Muestra

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Material	Espesor (cm)
Falso piso	Concreto simple	7.5
Contrapiso	Concreto simple	2.5
Piso	Parquet de madera	0.8
Losa de techo	Losa aligerada con concreto armado	17 y 20
Acabado de piso	Cerámica	0.85
Muros	Albañilería	20
Puerta	Acero inoxidable	0.4
Ventana	Vidrio	0.6

3.2. PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS MODELOS A ESCALA REAL

A continuación, se presentan las propiedades térmicas en los modelos a escala real, que permitirán realizar el escalamiento respectivo.

3.2.1. Densidad del aire

Se describe el proceso para el cálculo de la densidad del aire en distintos valores de temperatura y humedad presentes en la ciudad de Lima.

3.2.1.1. Factor de compresibilidad

Respecto a datos del SENAMHI sobre la presión atmosférica dentro de la ciudad de Lima respecto a múltiples años pasados (Ver tabla N° 3.3), se obtiene la presión promedio que se empleará para los cálculos respectivos.

Tabla N° 3.3. Presión atmosférica en Lima

Fuente: SENAMHI / Elaboración propia

Año	Presión atmosférica (Milibares)
2000	999.8
2003	998.4
2006	998.3
2009	998.2
2012	998.3
2015	998.2
Promedio	998.37

$$p = 99,837 Pa \quad (71)$$

Empleando la ecuación (9), se calcula el valor de la presión de saturación del vapor para distintos valores de temperatura (Ver tabla N° 3.4).

Tabla N° 3.4. Presión de saturación

Fuente: Elaboración propia

Temperatura (°C)	Temperatura (K)	p_{vs} (Pa)
18	291.15	2,064.60
20	293.15	2,339.17
22	295.15	2,645.19
24	297.15	2,985.63
26	299.15	3,363.72
28	301.15	3,782.89

Luego, empleando la ecuación (8), se calcula el valor de la fracción molar de vapor de agua (x_v) para distintas condiciones de Humedad (Ver tabla N° 3.5).

Tabla N° 3.5. Fracción molar de vapor de agua

Fuente: Elaboración propia

t (°C)	p_{vs} (Pa)	Humedad (%)					
		60	65	70	75	80	85
18	2,064.60	0.0124	0.0134	0.0145	0.0155	0.0165	0.0176
20	2,339.17	0.0141	0.0152	0.0164	0.0176	0.0187	0.0199
22	2,645.19	0.0159	0.0172	0.0185	0.0199	0.0212	0.0225
24	2,985.63	0.0179	0.0194	0.0209	0.0224	0.0239	0.0254
26	3,363.72	0.0202	0.0219	0.0236	0.0253	0.0270	0.0286
28	3,782.89	0.0227	0.0246	0.0265	0.0284	0.0303	0.0322

Al aplicar la ecuación (10), se reconoce que los valores del Factor de Compresibilidad, para distintos casos de temperatura y humedad, es el mismo analizando 4 decimales.

$$Z = 0.9996 \quad (72)$$

3.2.1.2. Masa molar del aire

Empleando la ecuación (4), para distintas condiciones de temperatura y humedad, se encuentra que los valores de la masa molar del aire tienden a un valor similar.

$$M = 0.0287 Kg/mol \quad (73)$$

3.2.1.3. Cálculo de la densidad del aire

Empleando la ecuación (3), para distintas condiciones de temperatura se presentan valores de la densidad del aire (Ver tabla N° 3.6).

Tabla N° 3.6. Densidad del aire

Fuente: Elaboración propia

Temperatura (°C)	ρ (Kg / m ³)
18	1.184
20	1.176
22	1.168
24	1.160
26	1.152
28	1.145

3.2.2. Carga térmica

En cuanto a la carga térmica, se explica el proceso para el cálculo del mismo.

3.2.2.1. Ángulo de incidencia efectivo

Respecto al procedimiento mencionado en el marco teórico, se sigue el orden inverso para obtener el valor del ángulo de incidencia. Primero, se procede a calcular los valores de la ecuación de tiempos para las fechas de la elaboración de la presente tesis de posgrado (Ver tabla N° 3.7).

Tabla N° 3.7. Valores de la Ecuación de Tiempos

Fuente: Elaboración propia

Fecha	η	ET (min)
25/09/2019	268	- 6.6104
26/09/2019	269	- 6.2930
27/09/2019	270	- 5.9745
28/09/2019	271	- 5.6553
29/09/2019	272	- 5.3359
30/09/2019	273	- 5.0166

Por ejemplo, sobre la ubicación del edificio de la Segunda Muestra (edificio de vivienda en Jesús María), se conoce su latitud (L) y longitud (LON):

$$L = -12.072688^\circ \quad (74)$$

$$LON = -77.047456^\circ \quad (75)$$

El meridiano estándar del Perú es 75° Oeste (República del Perú, 2013) y se tendría:

$$LSM = -75.00^\circ \quad (76)$$

Considerando lo anteriormente expuesto, puede calcularse el tiempo solar aparente (*AST*) y de dicha forma el respectivo Ángulo horario (*H*). En la tabla N° 3.8 se muestran algunos valores calculados para una fecha de ejemplo.

Tabla N° 3.8. Valores de *AST* y *H*

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019			
Hora	Hora en número	<i>AST</i>	<i>H</i>
11:00 am	11.0	10.7533	- 18.700°
01:30 pm	13.5	13.2533	18.800°
03:00 pm	15.0	14.7533	41.300°
05:15 pm	17.25	17.0033	75.050°

De la misma forma, para la fecha de ejemplo se puede calcular la declinación solar (δ):

$$\delta = 1.210481 \quad (77)$$

Se procede a calcular la Altitud solar (β) y el Azimut solar (ϕ) (Ver tabla N° 3.9).

Tabla N° 3.9. Valores de β y ϕ

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019		
Hora	$\sin(\beta)$	$\cos(\phi)$
11:00 am	0.9216	- 0.56364
01:30 pm	0.9211	- 0.5615
03:00 pm	0.7301	- 0.2601
05:15 pm	0.2478	- 0.0770

Empleando la herramienta Google Earth, respecto a la orientación real del segundo edificio de muestra, el cual es más importante porque permitirá la validación de la simulación (Ver figura N° 3.1), se obtiene el Azimut superficial:

$$\psi = 131.884^\circ \quad (78)$$

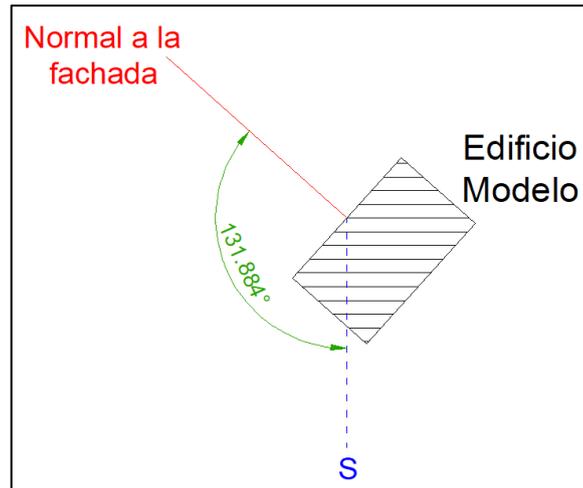


Figura N° 3.1. Azimut superficial de edificio modelo

Fuente: Elaboración propia

Con ello, se procede a calcular el azimut superficial solar (γ) (Ver tabla N° 3.10).

Tabla N° 3.10. Valores de γ

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019		
Hora	ϕ	γ
11:00 am	- 124.308°	- 256.19°
01:30 pm	124.157°	- 7.727°
03:00 pm	105.077°	- 26.807°
05:15 pm	94.416°	- 37.468°

Siendo el edificio vertical, el valor de $\zeta = 90^\circ$. Finalmente, se calcula el ángulo de incidencia efectivo (θ) (Ver tabla N° 3.11).

Tabla N° 3.11. Valores de θ

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019	
Hora	θ
11:00 am	95.314°
01:30 pm	67.305°
03:00 pm	52.415°
05:15 pm	39.741°

3.2.2.2. Carga térmica solar incidente

Para poder calcular la carga térmica solar incidente, se inicia calculando los parámetros A, B y C que dependen del día que se está haciendo la evaluación. En la tabla N° 3.12 se aprecian los valores para la fecha de ejemplo.

Tabla N° 3.12. Valores de A, B y C

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019		
A	B	C
1.1607	0.1475	0.1079

Luego, ya que el segundo edificio de muestra posee una superficie de color claro, se conoce la reflectividad del mismo ($\rho_g = 0.60$). Con ello, se procede a calcular el valor de E_{DN} , Y , E_d , E_r y E_{solar} (Ver tabla N° 3.13).

Tabla N° 3.13. Valores de E_{DN} e Y

Fuente: Elaboración propia

Fecha: 25 / 09 / 2019					
Hora	E_{DN}	Y	E_d	E_r	E_{solar}
11:00 am	- 124.308°	- 256.19°	0.05446	0.30588	0.26314
01:30 pm	124.157°	- 7.727°	0.08131	0.30599	0.76357
03:00 pm	105.077°	- 26.807°	0.09513	0.23927	0.90829
05:15 pm	94.416°	- 37.468°	0.07418	0.06929	0.63588

3.2.3. Definición de muros y losas

Para ambas muestras de edificio, los muros que poseen están compuestos por unidades de albañilería, teniendo entre estas una serie de juntas horizontales y verticales. Tal como indica la NTE E. 070 de Albañilería, las juntas horizontales y verticales quedarán completamente llenas de mortero, el cual se define como la mezcla de aglomerantes (cemento y/o cal) y agregado fino, al cual se añade la cantidad de agua para ser una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación. El espesor de dichas juntas debe ser como mínimo 1 cm y como máximo 1.5 cm (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

Estos muros pueden ser del tipo Portante o No Portante. En el primero, el muro ha sido diseñado y construido para transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación, se pueden reconocer porque las viguetas del techo se apoyan

transversalmente a ellos. El segundo, ha sido diseñado y construido para solamente llevar las cargas provenientes de su peso propio y las cargas transversales a su plano.

Respecto a la NTE E.030, la ciudad de Lima se encuentra en la zona sísmica 4 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016) y de acuerdo a la NTE E. 070 de Albañilería (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006), las unidades de albañilería para los muros portantes que pueden emplearse son los sólidos industriales y las alveolares (cuyas celdas deberán ir parcialmente llenas con grout).

Las unidades de albañilería sólidas (o macizas) son aquellas cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento, tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Caso contrario, las unidades de albañilería huecas, presentan menos del 70%. Las unidades tubulares (o pandereta), son aquellas cuyos huecos son paralelos a la superficie de asiento.

Se considera que para los muros portantes se han empleado unidades de albañilería sólidas industriales, y en caso de los muros no portantes se han empleado unidades de albañilería tubulares. En el caso de la ciudad de Lima, en cuanto a comercio de las unidades de albañilería, para el caso de las unidades sólidas se emplean los ladrillos King Kong y para el caso de las unidades tubulares se emplean los ladrillos pandereta, cuyas dimensiones se obtienen de las especificaciones técnicas de la empresa PIRÁMIDE (Ver tabla N° 3.14).

Finalmente, se considera que los muros del edificio modelo se encuentran tarrajados. Por prácticas arquitectónicas, dicho tarrajeo presenta un espesor de 1 cm y se encuentra elaborado por una mezcla con relación C:A 1:5 entre el cemento y la arena fina, empleando la cantidad de agua necesaria para obtener una mezcla trabajable y adhesiva. Dicha mezcla será la misma que se empleará para las juntas horizontales y verticales.

En cuanto a las losas, todas son del tipo aligeradas, que están constituidas por viguetas de concreto armado y elementos livianos de relleno (Unión Andina de Cementos, 2013). Las viguetas se unen por una capa superior de concreto de al menos 5 cm, y los elementos de relleno son ladrillos huecos que sirven para aligerar la losa y conseguir una superficie uniforme en el cielo raso. Al poseer una losa con espesor de 17 cm, se deben emplear ladrillos con altura de 12 cm, y en el caso de losas con espesor de 20 cm, se debe trabajar con ladrillos de 15 cm de altura (Ver tabla N° 3.14).

Tabla N° 3.14. Dimensiones de ladrillos
Fuente: Elaboración propia / Ladrillos PIRÁMIDE

Unidad de albañilería	Nombre comercial	Dimensiones (cm)	Imagen
Sólido industrial	King Kong	24 x 13 x 9	
Tubular	Pandereta	23 x 11 x 9.4	
Hueco	Hueco 12	30 x 30 x 12	
Hueco	Hueco 15	30 30 x 15	

3.2.4. Conductividad térmica de materiales

En cuanto al valor de la conductividad térmica de los materiales que componen los modelos a escala real, se recurren a múltiples fuentes bibliográficas y se obtiene una tabla con los mismos (Ver tabla N° 3.15).

Tabla N° 3.15. Conductividad térmica de materiales
Fuente: Elaboración propia

Valores de conductividad térmica en distintas referencias (W / m.K)				
Material	Norma IRAM 11601, 2002	Peña, Peña, 2013	Real Decreto 2429/79, 1979	Promedio
Mortero de cemento	0.93	0.94	1.40	1.09
Ladrillo macizo	0.81	0.71	0.76	0.76
Ladrillo tubular	--	0.56	0.49	0.525
Ladrillo hueco 12	--	0.37	--	0.37
Ladrillo hueco 15	--	0.38	--	0.38
Concreto 210	1.63	--	1.63	1.63
Parquet madera	0.23	--	--	0.23
Piso cerámica	0.70	--	--	0.70
Metal de puerta	50	--	--	50

3.2.5. Resistencia térmica de elementos constructivos

A continuación, se procede a calcular la resistencia térmica de todos los elementos constructivos identificados en los edificios.

3.2.5.1. Resistencia térmica de muros

La vista en elevación de los muros se presenta en la figura N° 3.2 y la vista longitudinal (sin el tarrajeo) en la figura N° 3.3.

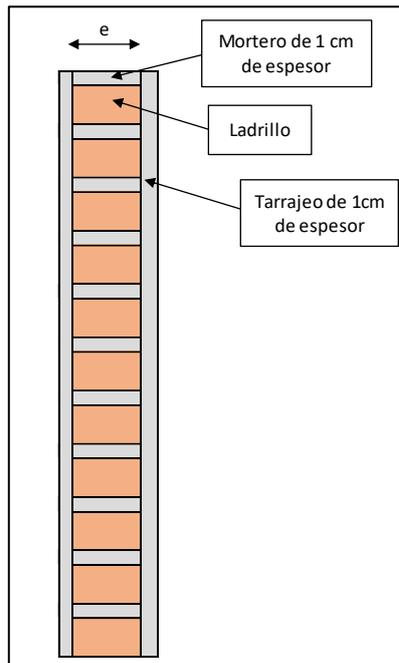


Figura N° 3.2. Elevación de muros

Fuente: Elaboración propia

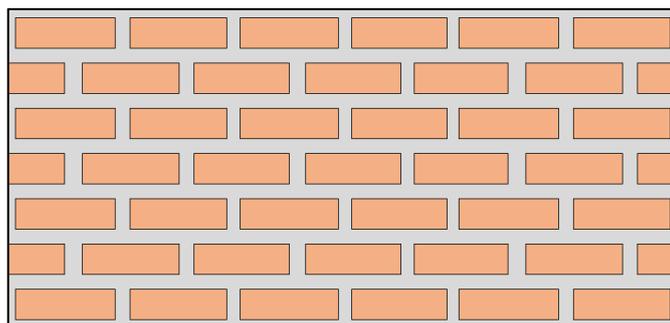


Figura N° 3.3. Vista longitudinal del muro sin tarrajeo

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la resistencia térmica del muro, se inicia el análisis solamente del muro sin tarrajeo de la figura N° 3.3, de la cual se extrae una muestra de ladrillo teórica, de la cual se ha tomado solamente la mitad de las juntas verticales y horizontales de sus

márgenes (Ver figura N° 3.4). Las dimensiones de los ladrillos presentadas tanto en la figura N° 3.3 como en la N° 3.4, se presentan en la tabla N° 3.16.

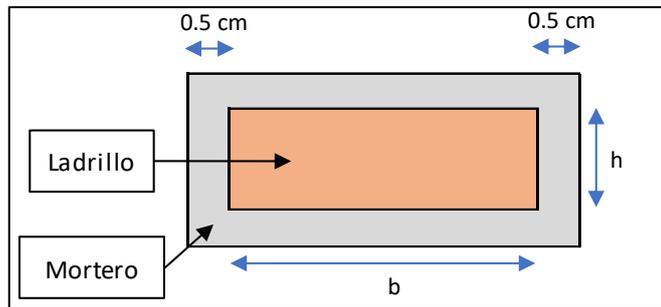


Figura N° 3. 4. Muestra teórica de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.16. Dimensiones de ladrillos

Fuente: Elaboración propia

Ladrillo	b	h	e
Macizo	24 cm	13 cm	9 cm
Tubular	23 cm	11 cm	9.4 cm

La muestra de ladrillo teórico se divide en secciones rectangulares y se enumeran (Ver figura N° 3.5). Las dimensiones de estas se enlistan en la tabla N° 3.17.

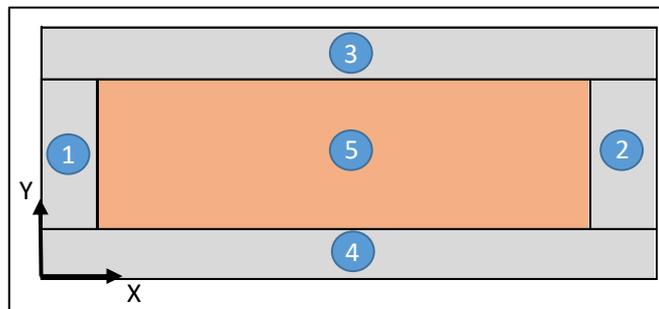


Figura N° 3.5. Seccionamiento de muestra teórica de ladrillo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.17. Dimensiones de secciones

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Macizo		Ladrillo tubular	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	0.5	9	0.5	9.4
2	0.5	9	0.5	9.4
3	25	0.5	24	0.5
4	25	0.5	24	0.5
5	24	9	23	9.4

Respecto a la teoría termodinámica, estas 5 secciones se encuentran como resistencias en paralelo, por lo que la resistencia térmica de la muestra teórica de ladrillo se obtendría de la siguiente manera:

$$\frac{1}{R_{\text{muestra de ladrillo}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \quad (79)$$

Empleando la ecuación (55) con los datos de las tablas N° 3.15, 3.16 y 3.17, se calculan las resistencias de cada una de las secciones y de la muestra teórica de ladrillo (Ver tablas N° 3.18 y 3.19).

Tabla N° 3.18. Resistencia térmica en muestra de ladrillo macizo

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Macizo			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.13	0.00045	1.09	265.04
2	0.13	0.00045	1.09	265.04
3	0.13	0.00125	1.09	95.41
4	0.13	0.00125	1.09	95.41
5	0.13	0.0216	0.76	7.92
Muestra teórica de ladrillo	0.13	0.025	0.805	6.461

Tabla N° 3.19. Resistencia térmica en muestra de ladrillo tubular

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Tubular			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.11	0.00047	1.09	214.72
2	0.11	0.00047	1.09	214.72
3	0.11	0.00120	1.09	84.10
4	0.11	0.00120	1.09	84.10
5	0.11	0.02162	0.525	9.69
Muestra teórica de ladrillo	0.11	0.02496	0.6006	7.3378

Con ello, se procede a calcular la resistencia del muro completo, considerando el tarrajeo. Respecto a la vista en elevación de la figura N° 3.2, se vuelve a generar una división por secciones, la cual se aprecia en la figura N° 3.6. Las dimensiones de estas se muestran en la tabla N° 3.20.

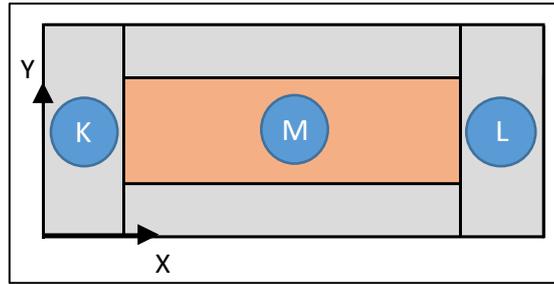


Figura N° 3.6. Seccionamiento de muro en elevación

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.20. Dimensiones de secciones

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Macizo		Ladrillo tubular	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
K	1	10	1	10.4
L	1	10	1	10.4
M	13	10	11	10.4

Respecto a la teoría termodinámica, estas 3 secciones se encuentran como resistencias en serie, por lo que la resistencia térmica de dicha región de muro se calcularía de la siguiente manera:

$$R_{\text{sección de muro}} = R_K + R_L + R_M \quad (80)$$

Empleando la ecuación (56) con los datos de las tablas N° 3.15 y 3.20, se calculan las resistencias de cada una de las secciones y de la muestra de muro tarrajado (Ver tablas N° 3.21 y 3.22).

Tabla N° 3.21. Resistencia térmica en muestra de muro con ladrillo macizo

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Macizo			
	L (m)	A (m²)	k (W / m.K)	R (K / W)
K	0.01	0.025	1.09	0.367
L	0.01	0.025	1.09	0.367
M	0.13	0.025	0.805	6.461
Muestra de muro tarrajado	0.15	0.025	0.8341	7.194

Tabla N° 3.22. Resistencia térmica en muestra de muro con ladrillo tubular

Fuente: Elaboración propia

Sección	Ladrillo Macizo			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
K	0.01	0.02496	1.09	0.3676
L	0.01	0.02496	1.09	0.3676
M	0.11	0.02496	0.6006	7.3377
Muestra de muro tarrajado	0.13	0.02496	0.6452	8.0729

Finalmente, respecto a las unidades empleadas para la resistencia térmica y con el objetivo de manejar un factor independiente del área del muro evaluado, se emplea la ecuación de la resistencia térmica presentada (Norma Argentina IRAM 11601, 2002), generándose los resultados de la tabla N° 3.23.

$$R = \frac{L}{k} \quad (m^2.K/W) \quad (81)$$

Tabla N° 3.23. Resistencia térmica en muros

Fuente: Elaboración propia

Tipo de muro	k (W / m.K)	L (m)	R (m ² .K / W)
Portante	0.8341	0.15	0.1798
No portante	0.6452	0.13	0.2015

3.2.5.2. Resistencia térmica de losas

De manera similar al caso de los muros, se inicia definiendo una sección longitudinal de losa que será analizada, la cual corresponde a una losa aligerada, que presenta acabados de parquet en todos sus niveles, excepto en el techo. La estructura de la sección de losa consta del concreto de media vigueta a sus costados izquierdo y derecho, la losa de concreto de 5 cm en su parte superior, y al mismo tiempo el acabado de parquet de madera que poseen los niveles intermedios (Ver figura N° 3.7). Debido a las dimensiones del edificio, se considera que el concreto utilizado es de 210 Kg/cm².

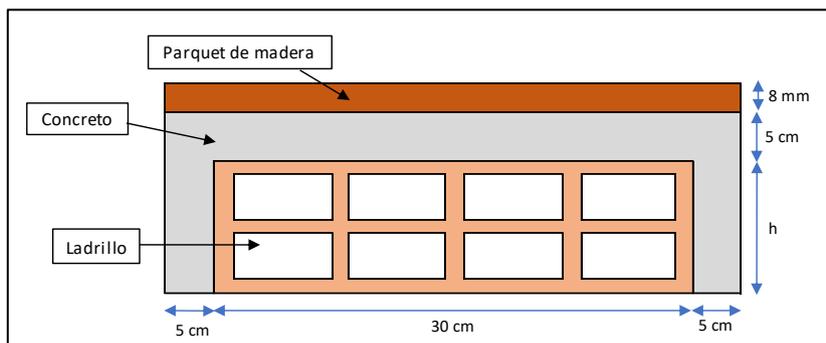


Figura N° 3.7. Sección de losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

Luego, se procede a dividir la sección de la losa aligerada en rectángulos para poder calcular la resistencia térmica de todo el sistema (Ver figura N° 3.8). Luego, se calculan las dimensiones de dichas divisiones (Ver tabla N° 3.24) y con ello se calcula la resistencia térmica del sistema (Ver tablas N° 3.25, 3.26, 3.27 y 3.28), considerando una longitud transversal de 1 m en la sección de losa analizada.

$$R_{\text{sección de losa aligerada}} = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_4}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_4 + R_2 \cdot R_4} + R_3 + R_5 \quad (82)$$

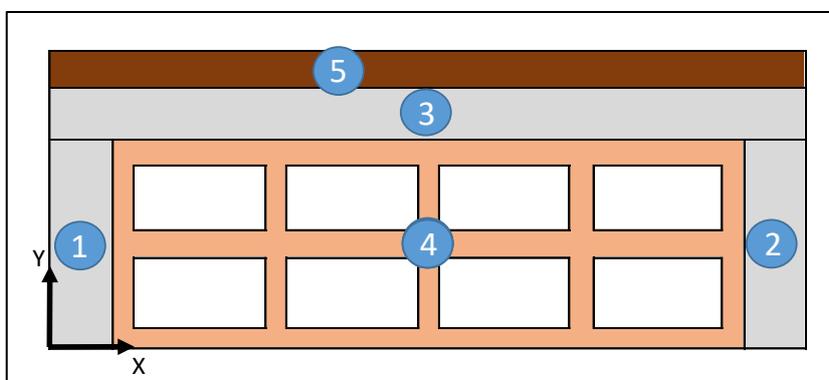


Figura N° 3.8. Seccionamiento de losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.24. Dimensión de secciones de losa aligerada

Fuente: Elaboración propia

Sección	Losa de 17 cm		Losa de 20 cm	
	X (cm)	Y (cm)	X (cm)	Y (cm)
1	5	12	5	15
2	5	12	5	15
3	40	5	40	5
4	30	12	30	15
5	40	0.8	40	0.8

Tabla N° 3.25. Resistencia térmica en losa aligerada de 17 cm sin parquet

Fuente: Elaboración propia

Sección	Losa de 17 cm			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.12	0.05	1.63	1.472
2	0.12	0.05	1.63	1.472
3	0.05	0.4	1.63	0.076
4	0.12	0.3	0.37	1.081
Sección de losa	0.17	0.40	0.8258	0.5146

Tabla N° 3.26. Resistencia térmica en losa aligerada de 17 cm con parquet

Fuente: Elaboración propia

Sección	Losa de 17 cm			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.12	0.05	1.63	1.472
2	0.12	0.05	1.63	1.472
3	0.05	0.4	1.63	0.076
4	0.12	0.3	0.37	1.081
5	0.008	0.4	0.23	0.0870
Sección de losa	0.178	0.40	0.7397	0.6016

Tabla N° 3.27. Resistencia térmica en losa aligerada de 20 cm sin parquet

Fuente: Elaboración propia

Sección	Losa de 20 cm			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.15	0.05	1.63	1.8405
2	0.15	0.05	1.63	1.8405
3	0.05	0.40	1.63	0.0767
4	0.15	0.30	0.38	1.3158
Sección de losa	0.2	0.40	0.8088	0.6182

Tabla N° 3.28. Resistencia térmica en losa aligerada de 20 cm con parquet

Fuente: Elaboración propia

Sección	Losa de 20 cm			
	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (K / W)
1	0.15	0.05	1.63	1.8405
2	0.15	0.05	1.63	1.8405
3	0.05	0.40	1.63	0.0767
4	0.15	0.30	0.38	1.3158
5	0.008	0.40	0.23	0.0870
Sección de losa	0.208	0.40	0.7374	0.7052

Finalmente, se aplica la ecuación (58) para calcular la resistencia térmica en función del espesor de la losa aligerada y su conductividad térmica (Ver tabla N° 3.29).

Tabla N° 3.29. Propiedades térmicas en losas aligeradas

Fuente: Elaboración propia

Espesor de losa (cm)	Parquet	L (m)	A (m ²)	k (W / m.K)	R (m ² .K / W)
17	No	0.170	0.40	0.8258	0.2058
	Sí	0.178	0.40	0.7397	0.2406
20	No	0.200	0.40	0.8088	0.2473
	Sí	0.208	0.40	0.7374	0.2821

3.2.5.3. Resistencia térmica de escaleras

Tal como indica el Anexo N° 04, las escaleras del edificio modelo presentan un paso de 18 cm y un contrapaso de 25 cm, ambos se encuentran cubiertos por parquet de madera de 1 cm de espesor (Ver figura N° 3.9).

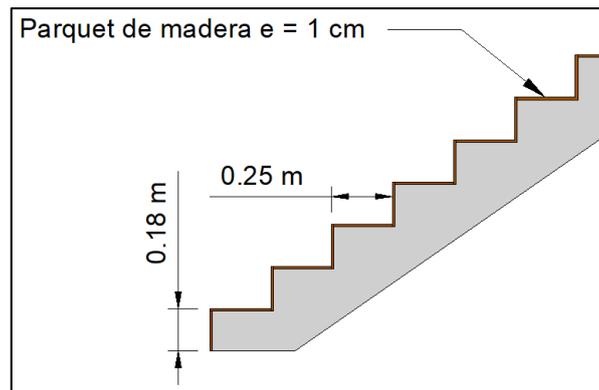


Figura N° 3.9. Escalera de edificio modelo

Fuente: Elaboración propia

Para calcular su resistencia térmica, debido a la geometría que presenta, se emplea la aproximación de convertirlo en un elemento inclinado de espesor constante, cuyo valor será el promedio entre los espesores que presenta inicialmente (Ver figura N° 3.10).

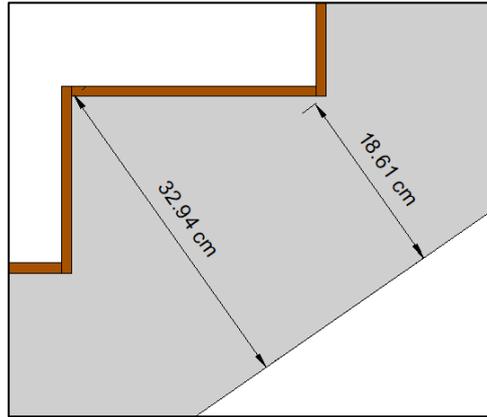


Figura N° 3.10. Espesores en escalera de edificio modelo
Fuente: Elaboración propia

Este espesor promedio resulta ser de 25.75 cm (Ver figura N° 3.11). Como el concreto es de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y se encuentra en una distribución en paralelo con el parquet de madera, se procede a calcular la resistencia térmica del conjunto (Ver tabla N° 3.30).

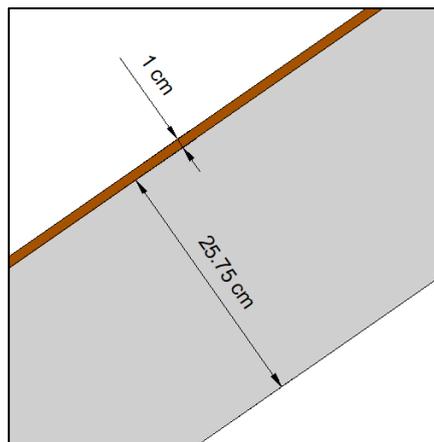


Figura N° 3.11. Espesores en escalera de edificio modelo
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.30. Resistencia térmica de escaleras
Fuente: Elaboración propia

Elemento	L (cm)	k (W / m.K)	R (m ² .K / W)
Concreto	25.75	1.63	0.158
Parquet	1	0.23	0.043
Total	26.75	1.328	0.201

De forma similar, el descanso de la escalera posee un espesor de 19 cm de concreto y 1 cm de parquet de madera, con lo cual se calcula su resistencia térmica (Ver tabla N° 3.31).

Tabla N° 3.31. Resistencia térmica de descanso de escaleras

Fuente: Elaboración propia

Elemento	L (cm)	k (W / m.K)	R (m ² .K / W)
Concreto	19	1.63	0.117
Parquet	1	0.23	0.043
Total	20	1.250	0.160

3.2.5.4. Resistencia térmica del piso

Respecto a los componentes del piso, que corresponde al falso piso, el contrapiso y el piso terminado, cuyas dimensiones se presentan en la figura N° 3.12.

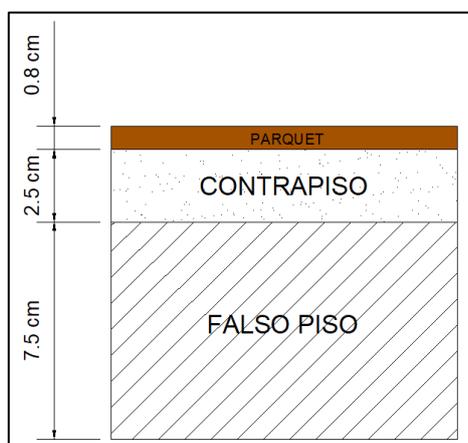


Figura N° 3.12. Espesores de capas en el piso

Fuente: Elaboración propia

Se conoce que el contrapiso del edificio evaluado posee una relación en volumen de arena gruesa y cemento de 6:1, y que el falso piso posee una relación hormigón y cemento de 12:1. Para poder estimar los valores de sus conductividades térmicas, si bien ambos materiales poseen cierta proporción de agregados gruesos, se empleará como referencia algunos valores de morteros debido a que es la información más cercana a estos materiales que se ha podido identificar. Se conoce que un mortero de arena y cemento con una relación 3:1 presenta un valor de 1.13 W/m.K y uno de relación 4:1 posee 1.10 W/m.K (Norma Argentina IRAM 11601, 2002). Con ambos valores, se genera una aproximación mediante una regresión lineal para encontrar las conductividades “k” del falso piso y contrapiso del edificio evaluado (Ver figura N° 3.13).

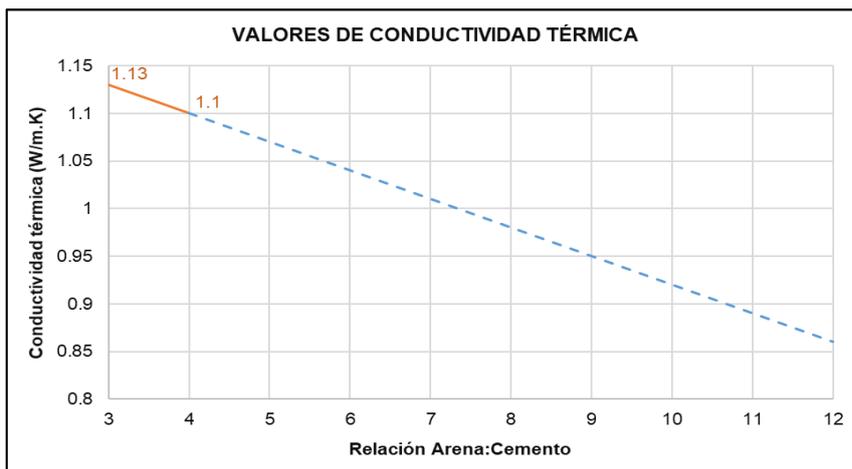


Figura N° 3.13. Regresión lineal de valores de conductividad

Fuente: Elaboración propia

Con el espesor de cada elemento, se calcula la resistencia térmica “R” (Ver tabla N° 3.32).

Tabla N° 3. 32. Resistencia térmica del piso

Fuente: Elaboración propia

Material	L (cm)	k (W / m.K)	R (m².K / W)
Falso piso	7.5	0.860	0.087
Contrapiso	2.5	1.040	0.024
Parquet	0.8	0.23	0.035
Total	10.8	0.740	0.146

3.2.5.5. Resistencia térmica de puertas y ventanas

Respecto al análisis de las puertas presentes en los modelos a escala real, se reconocen 2 tipos de estas: Aquellas que constan solamente de madera (sin vidrio) y aquellas que presentan vidrio templado en su diseño. El vidrio presenta un espesor de 8 mm y la madera empleada es del tipo Contrachapada, con 4 cm de espesor. Los valores de sus respectivas conductividades se presentan en la tabla N° 3.33. Con dicho valor, se obtiene la resistencia térmica para el espesor de la puerta:

$$R_{puerta} = \frac{L}{k} = \frac{0.04}{0.145} = 0.2759 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W} \quad (83)$$

Tabla N° 3.33. Conductividad térmica de materiales para puertas

Fuente: Elaboración propia

Valores de conductividad térmica (W / m.K)			
Material	Norma IRAM 11601, 2002	Real Decreto 2429/79	Promedio
Contrachapado	0.15	0.14	0.145
Vidrio	0.815	0.95	0.883

En cuanto a las ventanas, poseen el mismo tipo y espesor de vidrio. Dado que dichos elementos presentan una uniformidad de material, a diferencia de los muros y las losas aligeradas, no se requiere un cálculo adicional para los mismos.

3.3. APLICACIÓN DEL TEOREMA π DE BUCKINGHAM

3.3.1. Selección de variables físicas

Es necesario identificar aquellas variables físicas que repercuten en la Calidad del Aire Interior (IAQ por sus siglas en inglés). Los parámetros geométricos y funcionales relevantes para la respuesta bioclimática de una habitación son las siguientes (Pitarma, Ramos, & Graça, 2003):

- Dimensiones de la habitación
- Dimensiones de las aberturas
- Temperatura en el interior y exterior
- Densidad del aire
- Calor específico del aire
- Carga térmica
- Resistencia térmica de muros
- Flujo de aire
- Velocidad del aire
- Coeficiente de convección térmica

3.3.2. Análisis dimensional de variables físicas

Para empezar la aplicación del teorema, se inicia identificando la cantidad de variables físicas relevantes (n), así como el símbolo con el cual se representará y las unidades a emplearse (Ver tabla N° 3.34).

Tabla N° 3.34. Variables físicas relevantes

Fuente: Pitarma, Ramos and Graça (2003) / Elaboración propia

Ítem	Variable física	Símbolo	Unidad
1	Temperatura exterior	T_e	K
2	Densidad del aire	ρ	$Kg.m^{-3}$
3	Calor específico del aire	C_p	$J.Kg^{-1}.K^{-1}$
4	Carga térmica	Q	W
5	Resistencia térmica de elementos	R	$m^2.K.W^{-1}$
6	Largo de ambiente	L	m
7	Ancho de ambiente	W	m
8	Altura de ambiente	H	m
9	Tiempo	t	s
10	Temperatura interior	T_i	K
11	Largo de aberturas	W_a	m
12	Alto de aberturas	H_a	m
13	Flujo de aire	V	$m^3.s^{-1}$
14	Velocidad del aire	v	$m.s^{-1}$
15	Coeficiente de convección térmica	h	$W.m^{-2}.K^{-1}$

$$n = 15 \quad (84)$$

Luego, las variables identificadas se escriben en función de las magnitudes físicas fundamentales (Ver tabla N° 3.35).

Tabla N° 3.35. Variables físicas y magnitudes fundamentales
Fuente: Pitarma, Ramos and Graça (2003) / Elaboración propia

Ítem	Variable física	Dimensión
1	Temperatura exterior	$[\theta]$
2	Densidad del aire	$[M.L^{-3}]$
3	Calor específico del aire	$[L^2.T^2.\theta^{-1}]$
4	Carga térmica	$[M.L^2.T^{-3}]$
5	Resistencia térmica de elementos	$[T^3.\theta.M^{-1}]$
6	Largo de ambiente	$[L]$
7	Ancho de ambiente	$[L]$
8	Altura de ambiente	$[L]$
9	Tiempo	$[T]$
10	Temperatura interior	$[\theta]$
11	Largo de aberturas	$[L]$
12	Alto de aberturas	$[L]$
13	Flujo de aire	$[L^3.T^{-1}]$
14	Velocidad del aire	$[L.T^{-1}]$
15	Coeficiente de convección térmica	$[M.T^3.\theta^{-1}]$

De esta forma, se identifican 4 magnitudes físicas fundamentales, las cuales son el tiempo, la longitud, la masa y la temperatura.

$$j = 4 \quad (85)$$

3.3.3. Cálculo de coeficientes π

Con la información anterior, se obtiene la cantidad de coeficientes PI que deben ser calculados y mantenidos tanto en el edificio real, como en el modelo a escala reducida.

$$k = n - j = 15 - 4 = 11 \quad (86)$$

Así, se deben escoger 4 de las 15 variables físicas para que se repitan en las ecuaciones de los coeficientes. Se seleccionan las siguientes (Pitarma, Ramos, & Graça, 2003):

- Temperatura externa
- Densidad del aire
- Calor específico del aire
- Largo de ambiente

Empleando la ecuación (46), se calculan los coeficientes PI a emplearse para el modelamiento a escala (Ver tabla N° 3.36).

Tabla N° 3.36. Coeficientes PI

Fuente: Pitarma, Ramos and Graça (2003) / Elaboración propia

Ítem	Variable física	Coeficientes PI
1	Temperatura exterior	—
2	Densidad del aire	—
3	Calor específico del aire	—
4	Carga térmica	$\pi_1 = Q \cdot T_e^{-1.5} \cdot C_p^{-1.5} \cdot \rho^{-1} \cdot L^{-2}$
5	Resistencia térmica de elementos	$\pi_2 = R \cdot T_e^{0.5} \cdot C_p^{1.5} \cdot \rho$
6	Largo de ambiente	—
7	Ancho de ambiente	$\pi_3 = W \cdot L^{-1}$
8	Altura de ambiente	$\pi_4 = H \cdot L^{-1}$
9	Tiempo	$\pi_5 = t \cdot T_e^{0.5} \cdot C_p^{0.5} \cdot L^{-1}$
10	Temperatura interior	$\pi_6 = T_i \cdot T_e^{-1}$
11	Largo de aberturas	$\pi_7 = W_a \cdot L^{-1}$
12	Alto de aberturas	$\pi_8 = H_a \cdot L^{-1}$
13	Flujo de aire	$\pi_9 = V \cdot T_e^{-0.5} \cdot C_p^{-0.5} \cdot L^{-2}$
14	Velocidad del aire	$\pi_{10} = v \cdot T_e^{-0.5} \cdot C_p^{-0.5}$
15	Coeficiente de convección térmica	$\pi_{11} = h \cdot T_e^{-0.5} \cdot C_p^{-1.5} \cdot \rho^{-1}$

3.4. GENERACIÓN DE MODELOS A ESCALA REDUCIDA

Para finalizar el capítulo, se explica el proceso para generar los modelos a escala reducida luego de aplicar el Teorema PI de Buckingham.

3.4.1. Condición de Similaridad

Para mantener la Similaridad entre el comportamiento de los parámetros de calidad del aire interior en los edificios reales y sus respectivos modelos a escala reducida, se debe mantener la siguiente igualdad:

$$\pi_{i-real} = \pi_{i-escalado} \quad (87)$$

3.4.2. Elección del factor de escala geométrica

Para calcular el factor de escala de las variables físicas, se inicia definiendo el factor de escala geométrica que tendrán los modelos a escala reducida. Por ello, se tiene en cuenta las dimensiones que presentan las aberturas (puertas y ventanas) en ambas muestras de edificios y que el equipo de medición debe ser capaz de introducirse por estos, cuyas medidas aproximadamente son 10 cm de alto con 25 cm de largo. Además, se debe considerar la maniobrabilidad del modelo por la persona que generará los distintos escenarios de trabajo. Así, se decide trabajar con un factor de escala geométrica de 1:10 para la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI), que es más pequeña, y con un factor 1:8 para la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María), que posee mayores dimensiones y muchos más ambientes.

3.4.3. Cálculo de factores de escala para las variables físicas

Respecto a las 4 variables físicas seleccionadas para mantenerse constantes y calcular los coeficientes PI, se identifica que la Temperatura externa, la Densidad del aire y el Calor específico del aire tendrán un factor de escala igual a 1. Ello se debe a que su valor depende de las condiciones externas del edificio, las cuales no se escalan. Por ello, y considerando la ecuación (63), se calcula el resto de factores de escala (Ver tabla N° 3.37 y N° 3.38).

Tabla N° 3.37. Factores de escalamiento de variables – Primera muestra

Fuente: Elaboración propia

Ítem	Variable física	Factor de escala
1	Temperatura exterior	1.0
2	Densidad del aire	1.0
3	Calor específico del aire	1.0
4	Carga térmica	100.0
5	Resistencia térmica de elementos	1.0
6	Largo de ambiente	10.0
7	Ancho de ambiente	10.0
8	Altura de ambiente	10.0
9	Tiempo	10.0
10	Temperatura interior	1.0
11	Largo de aberturas	10.0
12	Alto de aberturas	10.0
13	Flujo de aire	100.0
14	Velocidad del aire	1.0
15	Coeficiente de convección térmica	1.0

Tabla N° 3.38. Factores de escalamiento de variables – Segunda muestra

Fuente: Elaboración propia

Ítem	Variable física	Factor de escala
1	Temperatura exterior	1.0
2	Densidad del aire	1.0
3	Calor específico del aire	1.0
4	Carga térmica	64.0
5	Resistencia térmica de elementos	1.0
6	Largo de ambiente	8.0
7	Ancho de ambiente	8.0
8	Altura de ambiente	8.0
9	Tiempo	8.0
10	Temperatura interior	1.0
11	Largo de aberturas	8.0
12	Alto de aberturas	8.0
13	Flujo de aire	64.0
14	Velocidad del aire	1.0
15	Coeficiente de convección térmica	1.0

3.4.4. Escalamiento de la carga térmica

A continuación, se explicará el escalamiento de los componentes que rigen el comportamiento de la carga térmica dentro de un edificio, lo cual influye en la calidad del aire interior.

3.4.4.1. Ángulo de incidencia efectivo

El ángulo de incidencia en ambos casos (edificio real y su escala reducida) será el mismo ya que, como se observa en el marco teórico, depende de las condiciones de ubicación, fecha y hora de análisis, y la orientación del edificio, las cuales serán las mismas.

3.4.4.2. Carga térmica solar incidente

Dentro del análisis de la carga térmica solar incidente, la única característica inherente al edificio se encuentra en la ecuación (35), la cual es la Reflectividad (ρ_g) y solamente depende del color de la superficie del mismo. Por ello, se decide que el color de esta se mantendrá igual en ambas muestras. Así, tanto en el edificio real y a escala reducida se tendrá la misma carga solar incidente.

3.4.4.3. Transferencia de calor a través de paredes y techos

Al presentarse la misma carga solar incidente, analizando la ecuación (38) se reconoce que el valor de t_{sa} será el mismo, ya que tanto el a_s como el h_0 son los mismos para los dos casos, así como el valor de t_a .

Luego, analizando la ecuación (39), se reconoce que la diferencia ($t_{sa} - t_{in}$) será también la misma. Entonces, para mantener la similaridad entre los modelos, se debe cumplir la siguiente relación. A continuación, se muestra el ejemplo empleando la escala geométrica de la segunda muestra de edificio (edificio de vivienda en Jesús María).

$$Q_{\text{térmica paredes-real}} = 64. (Q_{\text{térmica paredes-escalado}}) \quad (88)$$

$$\frac{A_{\text{real}}}{R_{\text{real}}} = 64. \left(\frac{A_{\text{escalado}}}{R_{\text{escalado}}} \right) \quad (89)$$

Considerando que las áreas son el producto de las longitudes de las dimensiones y las alturas, se puede escribir la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$\frac{L_{\text{real}} \cdot H_{\text{real}}}{R_{\text{real}}} = 64. \left(\frac{L_{\text{escalado}} \cdot H_{\text{escalado}}}{R_{\text{escalado}}} \right) \quad (90)$$

Respecto a la escala geométrica 1:8, la ecuación anterior quedará de la siguiente manera:

$$\frac{(8 \cdot L_{escalado}) \cdot (8 \cdot H_{escalado})}{R_{real}} = 64 \cdot \left(\frac{L_{escalado} \cdot H_{escalado}}{R_{escalado}} \right) \quad (91)$$

Finalmente, se obtiene la siguiente relación:

$$R_{muro-real} = R_{muro-escalado} \quad (92)$$

Con lo que se concluye que, respetando el escalamiento de la resistencia térmica de muros, se respetará el escalamiento de la transferencia de calor en los mismos.

3.4.4.4. Transferencia de calor a través de puertas y ventanas

De forma similar a la ecuación (26), para conservar la transferencia de carga térmica a través de las ventanas, se debe cumplir la siguiente expresión:

$$Q_{ventanas-real} = 64 \cdot (Q_{ventanas-escalado}) \quad (93)$$

Empleando la ecuación (40), se disgrega de la siguiente manera:

$$Q_{conducción-real} = 64 \cdot (Q_{conducción-escalado}) \quad (94)$$

$$Q_{solar-real} = 64 \cdot (Q_{solar-escalado}) \quad (95)$$

Realizando la evaluación de las ecuaciones (41) y (66):

$$U_{real} \cdot A_{real} \cdot (t_{ext} - t_{int})_{real} = 64 \cdot U_{escalado} \cdot A_{escalado} \cdot (t_{ext} - t_{int})_{escalado} \quad (96)$$

Así, considerando que las condiciones de temperatura se mantienen en ambos modelos y que, tras el escalamiento geométrico de las dimensiones de las aberturas en 8:1 (dando como ejemplo el caso de la segunda muestra de edificio), su área respectiva se escalará en 64:1. Con ello, se obtiene lo siguiente:

$$U_{real} \cdot (64 \cdot A_{escalado}) = 64 \cdot U_{escalado} \cdot A_{escalado} \quad (97)$$

$$U_{real} = U_{escalado} \quad (98)$$

Concluyendo que, para generar el escalamiento de la carga térmica por conducción, se debe mantener el mismo valor de U en ambos modelos. De la misma forma, analizando las ecuaciones (42) y (67):

$$A_{real} \cdot [E_{DN} \cdot \cos\theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) \cdot SHGC_{(D)}]_{real} \cdot I_{SAC_{real}} = A_{escalado} \cdot [E_{DN} \cdot \cos\theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) \cdot SHGC_{(D)}]_{escalado} \cdot I_{SAC_{escalado}} \quad (99)$$

Considerando el escalamiento de áreas de aberturas con un valor de 64, la expresión queda reducida a:

$$[E_{DN} \cdot \cos\theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) \cdot SHGC_{(D)}]_{real} \cdot I_{SAC_{real}} = [E_{DN} \cdot \cos\theta \cdot SHGC_{(\theta)} + (E_d + E_r) \cdot SHGC_{(D)}]_{escalado} \cdot I_{SAC_{escalado}} \quad (100)$$

Conservando las características externas al edificio como su orientación, la fecha y hora del análisis, se obtienen los mismos valores de E_{DN} , $\cos\theta$, E_d y E_r . Así, se concluye que, para mantener la igualdad, se deben mantener los mismos valores de $SHGC_{(\theta)}$, $SHGC_{(D)}$ y I_{SAC} . De esta forma se concluye que en el modelo escalado los valores de U , $SHGC_{(\theta)}$, $SHGC_{(D)}$ y I_{SAC} deben ser los mismos que en el edificio real.

3.4.5. Elección de material para modelos a escala reducida

En cuanto a los muros, pisos y losas, debido al escalamiento del valor de la conductividad térmica para generar los modelos a escala reducida, se reconoce la poca variedad de materiales que posean un valor bajo del mismo y que a su vez presenten características de constructibilidad. Inicialmente, se tomó la decisión de emplear concreto ligero con perlas de poliestireno expandido. Como parte del proceso para el diseño de mezcla de concretos con perlas de poliestireno expandido, el agregado grueso es reemplazado por dichas perlas (Arapa, 2016), cuyo tamaño máximo nominal es aproximadamente 3/8" y su densidad es de 10 Kg/m³, tal como se observa en la ficha técnica de dicho material (TECHMO, Construction Products, 2017). A continuación, en la tabla N° 3.39 se presentan los valores de resistencia a la compresión para distintas densidades del material (Paulino & Espino, 2017).

Tabla N° 3.39. Resistencia a la compresión en concreto liviano
Fuente: Paulino y Espino / Elaboración propia

Densidad (Kg/m ³)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
200	8
250	10
300	15
350	19

Sin embargo, considerando el consejo de expertos en el uso de dicho material en cuanto a problemas de fisuramientos, y reconociendo la falta de personal con experiencia para el armado del modelo a escala empleándose este, se decide trabajar con tableros de madera compuesto por partículas aglomeradas (comúnmente llamado MDF). Empleando valores referenciales de la conductividad térmica del material (Norma Argentina IRAM 11601, 2002), se grafica la relación de este en función a su densidad (Ver figura N° 3.14).

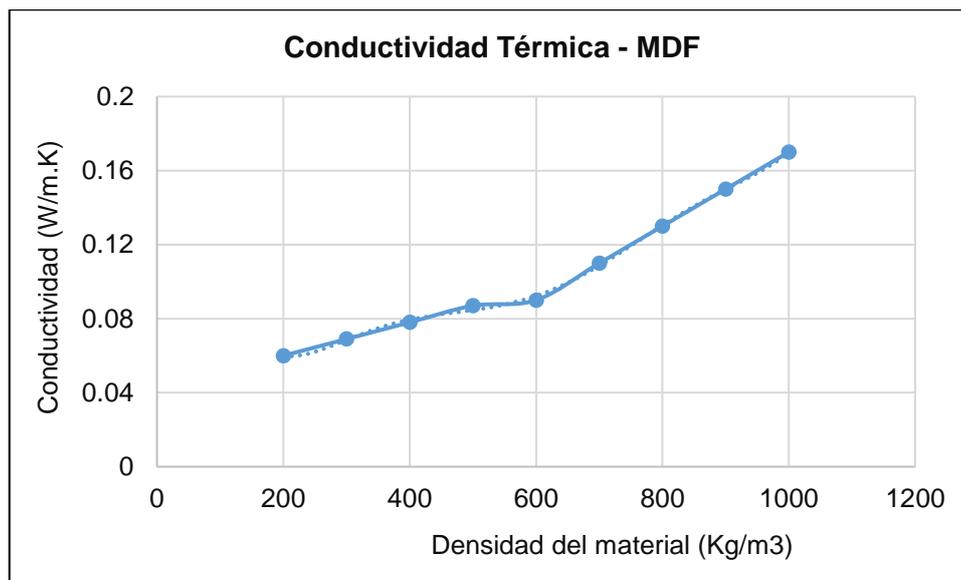


Figura N° 3.14. Selección de material en muros

Fuente: Elaboración propia

Respecto a las especificaciones técnicas del material, las densidades comerciales varían según el espesor del tablero (Ver tabla N° 3.40), con lo cual se puede reconocer la conductividad térmica para cada uno.

Tabla N° 3.40. Densidades de tableros comerciales

Fuente: Elaboración propia a partir de la Norma Argentina IRAM 11601 (2002)

Espesor de tableros (mm)	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad (W / m.K)	Resistencia térmica (K / W)
9	590	0.088	0.102
15	610	0.092	0.163
18	640	0.099	0.182

Por otro lado, en cuanto a las ventanas y puertas, en líneas anteriores se demostró que manteniéndose el mismo material y espesor de las mismas se cumpliría con las condiciones de Similaridad.

3.4.6. Espesor de elementos en modelos a escala reducida

En cuanto a los materiales elegidos para construir los modelos a escala reducida, se procede a definir la combinación de los mismos para cumplirse con las condiciones de escalamiento térmico. Debido a que la primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) posee una configuración más simplificada, se presenta el cálculo llevado a cabo para definir los espesores a emplearse (Ver tabla N° 3.41).

Tabla N° 3.41. Escalamiento de materiales en el aula

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Edificio real			Modelo a escala	
	L (cm)	k (W / m.K)	R (K / W)	Tablero	Espesor (cm)
Techo	17	0.8258	0.2059	9 y 9 mm	1.8
Piso	20.85	0.7225	0.2886	9 y 18 mm	2.7
Muros	20	0.7955	0.2514	9 y 15 mm	2.4

A continuación, se presenta el mismo análisis, pero para la segunda muestra de edificio (edificio de vivienda en Jesús María), la cual presenta una configuración más detallada.

3.4.6.1. Muros

Considerando la conservación de la resistencia térmica debido al factor de escalamiento unitario y con el fin de obtener un espesor de muros similar al que se generaría tras un escalamiento netamente geométrico, se realizan las operaciones de la tabla N° 3.42 para reconocer la conductividad necesaria del material en el modelo a escala.

Tabla N° 3.42. Selección de material en muros

Fuente: Elaboración propia

Tipo de muro	Escala real		Escala reducida	
	Espesor (cm)	R (K / W)	Espesor escalado (cm)	“k” requerido (W / m.K)
No portante	13	0.2015	1.625	0.1043
Portante	15	0.1798	1.875	0.0806

Utilizando la tabla N° 3.40, se emplea la combinación de tableros más cercana al requerimiento de la tabla N° 3.42 (Ver tabla N° 3.43).

Tabla N° 3.43. Espesor de muros en modelo a escala

Fuente: Elaboración propia

Tipo de muro	Escala reducida			
	R (K / W)	k (W / m.K)	Espesor (cm)	Tablero
No portante	0.2015	0.088	1.78	2 de 9 mm
Portante	0.1798	0.099	1.77	18 mm

3.4.6.2. Losas

De forma similar al cálculo anterior, se parte de la conservación de la resistencia térmica para el cálculo del valor de conductividad requerido en el material de losa para el edificio a escala reducida (Ver tabla N° 3.44).

Tabla N° 3.44. Selección de material en losas

Fuente: Elaboración propia

Espesor de losa (cm)	Escala real		Escala reducida	
	Parquet	R (K / W)	Espesor escalado (cm)	“k” requerido (W / m.K)
20	No	0.2473	2.50	0.1011
	Sí	0.2821	2.60	0.0922

Con los valores de conductividad calculados y utilizando la tabla N° 3.40, se emplea la combinación de tableros más cercana al requerimiento de la tabla N° 3.44 (Ver tabla N° 3.45).

Tabla N° 3.45. Espesor de losas en modelo a escala

Fuente: Elaboración propia

Espesor de losa	Parquet	Escala reducida			
		R (K / W)	R real (K / W)	Tablero	Espesor (cm)
20	No	0.2473	0.265	9 y 15 mm	2.4
	Sí	0.2821	0.284	9 y 18 mm	2.7

3.4.6.3. Escaleras

Considerando los valores de conductividad calculados y utilizando la tabla N° 3.40, se emplea la combinación de tableros más cercana al requerimiento (Ver tabla N° 3.46).

Tabla N° 3.46. Espesor de escalera y descansos escalados

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Escala reducida			
	R (K / W)	k (W / m.K)	Espesor (cm)	Tablero
Escalera	0.201	0.099	1.98	18 mm
Descanso	0.160	0.092	1.47	15 mm

3.4.6.4. Piso

De forma similar al punto anterior, se emplea el valor de la resistencia térmica del piso y se escala considerando la tabla N° 3.40, para emplea la combinación de tableros más cercana al requerimiento (Ver tabla N° 3.47).

Tabla N° 3.47. Espesor de piso

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Escala reducida			
	R (K / W)	k (W / m.K)	Espesor (cm)	Tablero
Piso	0.146	0.092	1.34	15 mm

3.4.6.5. Ventanas

Durante el proceso de escalamiento de la carga térmica, se concluye que los valores de U , $SHGC_{(\theta)}$, $SHGC_{(D)}$ y I_{SAC} se conservarían en los modelos a escala reducida. Ello se consigue empleando el mismo tipo de vidrio del edificio real, el cual es un vidrio templado con un espesor de 8 mm.

3.4.6.6. Puertas

En cuanto a las puertas, considerando el escalamiento del material de madera tanto para las puertas con o sin vidrio, se realiza el siguiente cálculo:

$$R_{puerta-real} = R_{puerta-escalado} \quad (101)$$

Con ello, se realiza el cálculo de la conductividad necesaria para el material de las puertas en el modelo a escala utilizando la tabla N° 3.40, empleando la combinación de tableros más cercana al requerimiento (Ver tabla N° 3.48).

Tabla N° 3.48. Espesor de puertas escaladas

Fuente: Elaboración propia

Elemento	Escala reducida			
	R (K / W)	R real (K / W)	Tablero	Espesor (cm)
Puertas	0.276	0.284	9 y 18 mm	2.70

3.4.7. Definición de aberturas escaladas

A continuación, se explica el proceso para generar las dimensiones de las aberturas del modelo a escala reducida en la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María).

3.4.7.1. Dimensiones de puertas

Respecto a los tipos y dimensiones de puertas presentes en la segunda muestra de edificio (Ver Anexo N° 04), se genera la tabla N° 3.49. Un ejemplo de las mismas se encuentra en la figura N° 3.15.

Tabla N° 3.49. Dimensiones de puertas reales

Fuente: Elaboración propia

Tipo de puerta	Ancho (m)	Alto (m)	Área de ventanas (m ²)
P1	0.95	2.30	0.78
P2	0.95	2.30	--
P3	0.71	2.15	0.52
P4	0.71	2.15	--
P5	0.55	2.10	0.35
P6	0.74	2.25	0.60
P7	1.40	2.30	2.20

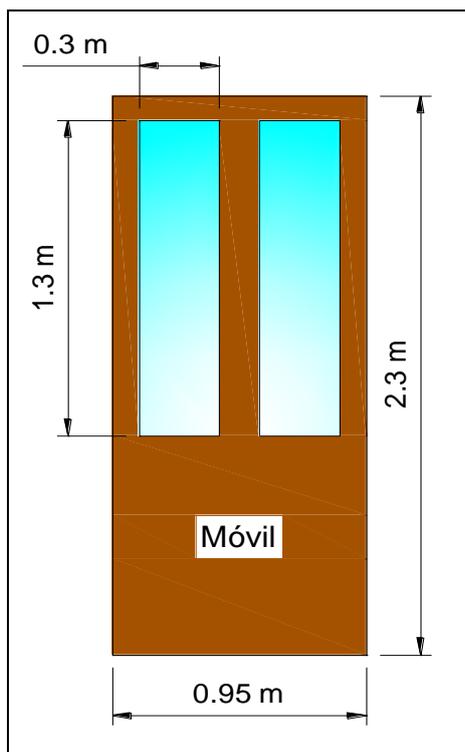


Figura N° 3.15. Puerta tipo P1

Fuente: Elaboración propia

Con dicha información, se procede a realizar el escalamiento geométrico de las mismas, generándose las dimensiones presentadas en la tabla N° 3.50. En el caso del vidrio en las puertas, si bien en el edificio real presentan vidrio dividido en 2 o 3 partes, para el modelo a escala se simplifica dicho elemento en uno solo, cuyas dimensiones corresponden al área escalada de las mismas.

Tabla N° 3.50. Dimensiones de puertas escaladas

Fuente: Elaboración propia

Tipo de puerta	Dimensiones de puerta		Dimensiones de ventana		Espesor de vidrio (mm)
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	
PE1	12	28.5	6	20	6
PE2	12	28.5	--	--	--
PE3	9	27	4	10	6
PE4	9	27	--	--	--
PE5	6.5	27	3	18	6
PE6	9.6	27	5.2	18	6
PE7	17.5	28.8	14.0	24.5	6

3.4.7.2. Dimensiones de ventanas

Se comienza con las ventanas de la fachada (Ver tabla N° 3.51), las cuales presentan una forma trapezoidal y al ser escaladas serán convertidas a una forma rectangular por objetivos de simplificación, conservándose su área previamente escalada.

Tabla N° 3.51. Dimensiones de ventanas reales de fachada

Fuente: Elaboración propia

Tipo de ventana	Área fija superior (m ²)	Área fija inferior (m ²)	Área de elementos centrales (m ²)
V1	0.882	0.308	0.678
V2	0.946	0.330	0.732

Con dicha información, se procede al escalamiento (Ver tabla N° 3.52).

Tabla N° 3.52. Dimensiones de ventanas de fachada escaladas

Fuente: Elaboración propia

Tipo de puerta	Elemento horizontal		Elementos verticales		Espesor de vidrio (mm)
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	
VE1	26	7.2	6.5	16.3	8
VE2	28	7.1	7.0	16.3	8

A continuación, se procede con el escalamiento del resto de ventanas (Ver tabla N° 3.53).

Tabla N° 3.53. Dimensiones de ventanas reales

Fuente: Elaboración propia

Tipo de ventana	Ancho (m)	Alto (m)	Espesor de vidrio (mm)
V3	0.6	1.70	8
V4	0.57	1.50	8
V5	0.6	1.40	8

Con dicha información, se procede al escalamiento (Ver tabla N° 3.54).

Tabla N° 3.54. Dimensiones de ventanas escaladas

Fuente: Elaboración propia

Tipo de ventana	Ancho (cm)	Alto (cm)	Espesor de vidrio (mm)
VE3	7.5	21.3	8
VE4	7.1	18.7	8
VE5	7.5	17.5	8

3.4.8. Planos de modelos a escala reducida

Luego de definirse los materiales y secciones a utilizarse, se procede a graficar las distintas vistas de los modelos a escala reducida. Dicha información permitirá la fabricación de las piezas que constituirán los modelos en físico.

La información referida al modelo a escala de la primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) se encuentra en el Anexo N° 05, mientras que la información del segundo modelo se encuentra en el Anexo N° 06.

3.4.9. Construcción de modelos a escala reducida

En función de los planos de los modelos a escala reducida, se procede a construirlos.

3.4.9.1. Definición de piezas

Debido a que el material a emplear se comercializa en forma de tableros cuyo corte se realiza en líneas rectas, se trabajarán con piezas de formas rectangulares. Así, se procede a seccionar los distintos elementos del modelo en figuras rectangulares, las cuales serán unidas mediante herramientas y accesorios. La primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) presenta una configuración sencilla, por lo que en el propio Anexo N° 05 es posible obtener las piezas necesarias para el mismo. Sin embargo, la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María) sí presenta una configuración compleja, por lo que resulta necesario realizar una nueva adaptación de sus piezas y asignárseles una nomenclatura, las cuales se presentan en el Anexo N° 07. A continuación, se presentan las piezas que se identificaron (Ver tabla N° 3.55).

Tabla N° 3.55. Secciones rectangulares

Fuente: Elaboración propia

Nombre	Ancho	Largo	Cantidad	Espesor (mm)
A	6.5	27	1	18
B	8	27	1	18
C	4.6	27	1	18
D	32.5	150.2	2	18
E	32.5	108.4	2	18
F	7.5	28.5	1	9
G	16.8	28.5	1	9
H	4	36.3	1	9
I	9	27.7	1	9

J	28.8	37	1	18
K	32.5	40.9	1	18
L	28.5	42.1	1	18
M	20.4	27.4	1	9
N	20.4	30.3	1	9
O	12.5	40.9	1	18
P	1.6	28.8	1	18
Q	5	28.5	1	18
R	4	59.1	1	18
S	32.5	130	2	18
T	5.6	32.5	1	18
U	12.9	32.5	1	18
V	13.1	32.5	1	18
W	5.9	32.5	1	18
X	32.5	44.4	1	9
Y	32.5	46	1	9
Z	24.3	28.5	2	9
AA	28.5	29	1	9
AB	4	80	1	9
AC	18.8	28.5	1	9
AD	20.1	28.5	1	9
AE	4	51	1	9
AF	4	36.3	1	9
AG	32.5	41.1	1	18
AH	15	40.9	1	18
AI	28.5	42.8	1	18
AJ	4	54.8	1	18
AK	20	32.5	1	9
AL	13.3	28.5	1	9
AM	13.4	28.5	1	9
AN	4	38.7	1	9
AO	2.5	32.5	1	18
AP	3.9	32.5	1	18
AQ	9	26	1	18

AR	9.1	28	2	18
AS	5.5	119.5	1	18
AT	3	17.5	1	18
AU	17.5	20	1	18
AV	2.9	17.5	1	18
AW	2.7	40.9	2	18
AX	11.2	30	1	18
AY	3.7	71.8	1	9
AZ	13.8	14.2	1	18

Además de las piezas rectangulares, se definen las dimensiones para el piso y las losas de los distintos niveles (Ver figura N° 3.16), con lo cual se reconoce la cantidad necesaria de cada una de estas (Ver tabla N° 3.56).

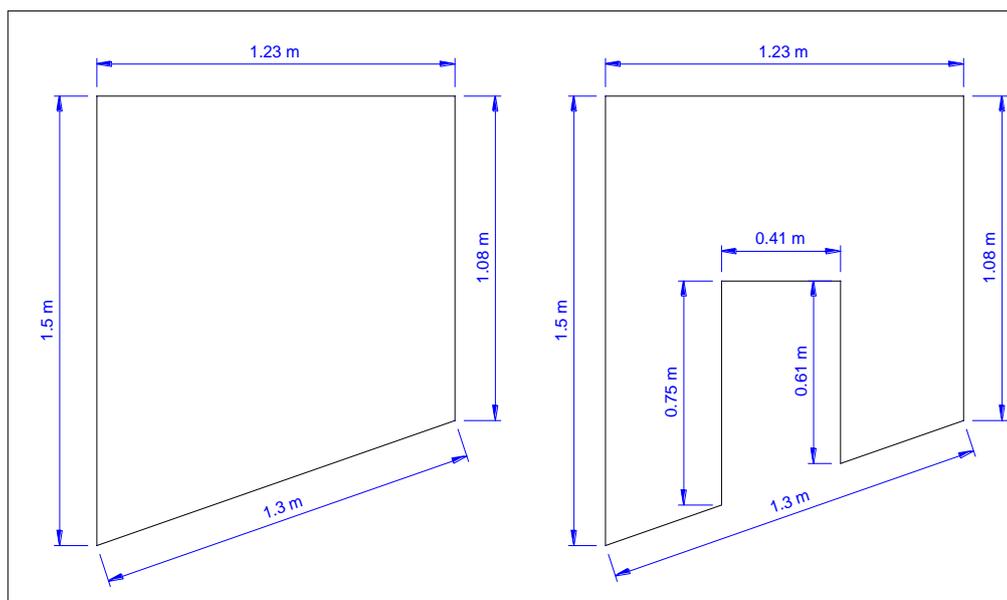


Figura N° 3.16. Secciones para bases: Tipo L – 1 (Izquierda) y L – 2 (Derecha)

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 3.56. Cantidades de secciones para bases

Fuente: Elaboración propia

Nivel	Tipo	Espesores (mm)
Piso	L - 1	1 de 15
Nivel 1	L - 2	1 de 9 y 1 de 18
Azotea	L - 1	2 de 9, 1 de 15 y 1 de 18

3.4.9.2. Cortado de piezas

Debido a que la venta del material se realiza en forma de planchas con dimensiones de 2.14 x 2.44 metros, se calcula la cantidad necesaria a adquirir en función de las dimensiones, cantidad y espesores de las piezas respectivas. Para ello, se genera un trazo considerando la pérdida de un espesor de 4 mm por efectos de la sierra de corte (Ver figura N° 3.17).

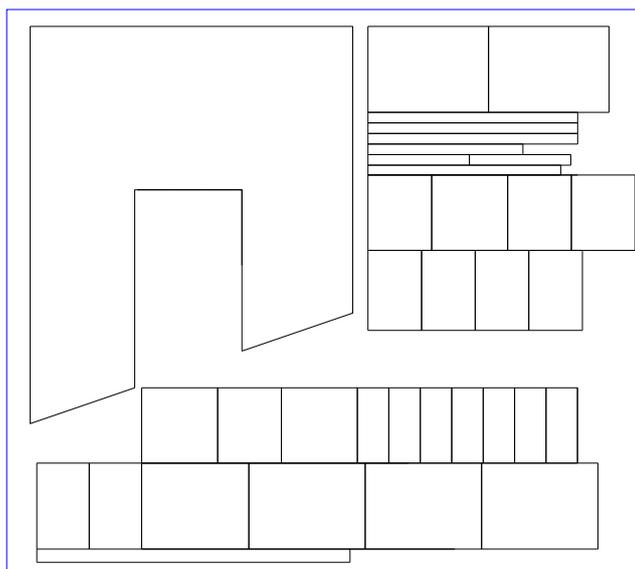


Figura N° 3.17. Cálculo de planchas a adquirir

Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se obtiene la cantidad de planchas necesarias para generar los modelos a escala reducida, en los diferentes espesores que se requieren (Ver tabla N° 3.57).

Tabla N° 3. 57. Planchas necesarias para modelo a escala reducida

Fuente: Elaboración propia

Espesor (mm)	Cantidad
9	3
15	1
18	3

Con la adquisición de dichas planchas y la contratación de servicios de carpintería para el cortado de los mismos, se generan todas las piezas requeridas para el modelo reducido.

3.4.9.3. Estimación del peso de los modelos a escala reducida

Con el objetivo de reconocer el peso que presentará el modelo reducido, se identifican las piezas que poseen los elementos verticales en cada nivel (Ver tablas N° 3.58 y 3.59).

Tabla N° 3.58. Peso de verticales en el primer nivel

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Cantidad	Peso (Kg)
A	1	0.20
B	1	0.25
C	1	0.14
D	1	5.62
E	1	4.06
F	2	0.23
G	2	0.51
H	2	0.15
I	2	0.26
J	1	1.23
K	1	1.53
L	1	1.38
M	1	0.30
N	1	0.33
O	1	0.59
P	1	0.05
Q	1	0.16
R	1	0.27
S	1	4.87
AS	1	0.76
AW	1	0.13
AY	1	0.14
Total (Kg)		23.17

Tabla N° 3.59. Peso de verticales en el segundo nivel

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Cantidad	Peso (Kg)
D	1	5.62
E	1	4.06
M	1	0.30
N	1	0.33
O	1	0.59
S	1	4.87
T	1	0.21
U	1	0.48
V	1	0.49
W	1	0.22
X	2	1.53
Y	2	1.59
Z	4	3.18
AA	2	0.88
AB	2	0.34
AC	2	0.57
AD	2	0.61
AE	2	0.22
AF	2	0.15
AG	1	1.61
AH	1	0.71
AI	1	1.41
AJ	1	0.25
AK	2	0.69
AL	2	0.40
AM	2	0.41
AN	2	0.16
AO	1	0.09
AP	1	0.15
AQ	1	0.27
AR	2	0.59
AT	1	0.06
AU	1	0.40
AV	1	0.06
AW	1	0.13
AX	1	0.39
AZ	1	0.23
Total (Kg)		34.23

De la misma forma, se calcula el peso de las bases (Ver tabla N° 3.60).

Tabla N° 3.60. Peso de bases

Fuente: Elaboración propia

Nivel	Peso (Kg)
Piso	14.57
Nivel 1	22.12
Nivel 2	23.02

Tomando en cuenta los resultados de los pesos, se toma la decisión de que el modelo sea desmontable, para que de esta forma sea transportable. Cada parte del modelo contará con una base y los elementos verticales de su último nivel, siendo la última parte netamente el techo de la azotea (Ver tabla N° 3.61).

Tabla N° 3.61. Peso de partes del modelo a escala

Fuente: Elaboración propia

Parte	Composición	Peso (Kg)
1	Piso y verticales del primer nivel	37.74
2	Losa del primer nivel y verticales del segundo nivel	56.35
3	Losa de azotea	45.14
Total		139.23

3.4.9.4. Unión de piezas fijas

Tal como se presentó en el cálculo del espesor de los elementos del modelo, es necesario unir distintos espesores de tableros para generar las piezas según indican los planos. Para ello, se emplean tornillos en los extremos que fijen dichas uniones (Ver figura N° 3.18).



Figura N° 3.18. Unión de tableros para muros no portantes

Fuente: Elaboración propia

En el caso de las piezas tanto verticales u horizontales, se realiza la unión mediante elementos metálicos de ensamble en forma de L y tornillos (Ver ejemplo en la figura N° 3.19). Una atornilladora automática permite la colocación rápida de los tornillos y para validar la verticalidad de los elementos se emplea un nivel de mano. La ubicación de los mismos se identifica con una wincha o una regla de 30 cm para cortas distancias.



Figura N° 3.19. Unión de elementos horizontales y verticales

Fuente: Elaboración propia

Para las puertas, el pegado de piezas se realiza mediante cola adhesiva, mientras que los vidrios se adhieren con silicona líquida. Finalmente, se obtiene los modelos a escala reducida construidos (Ver figuras N° 3.20, 3.21 y 3.22)



Figura N° 3.20. Modelo a escala reducida – Primera muestra – Con techo

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 3.21. Modelo a escala reducida – Primera muestra – Sin techo

Fuente: Elaboración propia



Figura N° 3.22. Modelo a escala reducida – Segunda muestra

Fuente: Elaboración propia

3.4.9.5. Costo en la construcción de modelos

Se cotizan todos los insumos requeridos para generar los modelos (Ver tabla N° 3.62).

Tabla N° 3. 62. Peso de partes del modelo a escala

Fuente: Elaboración propia

Rubro	Descripción	Cantidad	PU (S/.)	Parcial (S/.)
Mano de obra	Corte de piezas grandes	60	0.50	30.00
	Corte de piezas pequeñas	60	1.00	60.00
	Corte de vidrio	39	0.50	19.50
	Unión de piezas	80	1.50	120.00

Materiales	Plancha de 9 mm	3	67.20	201.60
	Plancha de 15 mm	1	119.90	119.90
	Plancha de 18 mm	3	121.20	363.60
	Vidrio de 6 mm	16	1.50	24.00
	Vidrio de 8 mm	23	2.00	46.00
	Cola adhesiva	1	7.50	7.50
	Uniones metálicas	50	0.40	20.00
	Tornillos	100	0.09	9.00
Herramientas	Atornilladora automática	1	70.00	70.00
	Wincha	1	10.00	10.00
	Nivel de mano	1	10.00	10.00
	Hoja de sierra	1	6.00	6.00
	Reglas de plástico 30 cm	2	1.00	2.00
Total				S/. 1, 119.10

Por otro lado, para generarse un ratio de costo, el área construida de la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María) es de 200.49 m². Así, se estima que, para generar un modelo a escala 1:8 empleando tableros de madera compuesto por partículas aglomeradas (MDF), se requiere una inversión aproximada de S/. 5.58 / m².

Sin embargo, dado que las uniones de los elementos de madera se hicieron mediante atornillado, estos pueden ser desmontados y utilizados nuevamente en otro modelo a escala. Asimismo, se puede realizar la recuperación del vidrio empleado mediante el corte fuera del pegamento. Además, tanto los tornillos como las uniones metálicas pueden volver a utilizarse en un 100 %, así como las herramientas mencionadas. Dependiendo de las dimensiones del nuevo modelo a escala que se requiera armar, se puede considerar que aproximadamente el 70% de la madera y vidrio en el modelo anterior pueden ser reutilizados. De esta forma, los costos incurridos en realizar dos modelos a escala reducida, recuperando materiales del primero, sería de aproximadamente S/. 3.91 / m², valor que continuaría disminuyendo conforme se generen nuevos modelos a futuro.

CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN

Dentro de este nuevo capítulo, una vez generados los modelos a escala reducida bajo variables físicas asociadas con la Calidad del Aire Interior (IAQ), se debe validar de forma experimental que efectivamente dichos modelos simulan el comportamiento del IAQ. Dicha validación permitirá el cumplimiento del segundo objetivo específico planteado en la presente tesis.

4.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Previo a la validación, es necesario recolectar la información suficiente de los distintos casos existentes en los modelos. Respecto al IAQ, las variables que serán evaluadas son solamente la Temperatura y Humedad relativa.

4.1.1. Equipo de medición

Tal como se indicó, las variables del IAQ a medirse son la Temperatura y Humedad relativa. Dadas las dimensiones de las aberturas en los modelos a escala reducida y de las pequeñas dimensiones de los ambientes, se opta por emplear el equipo con las menores dimensiones posibles. Así, se decide emplear el equipo marca AZ INSTRUMENT (Taiwán), cuyo modelo es el 88162 T+RH (Ver figura N° 4.1), el cual posee un Datalogger para la recolección hasta de 48, 000 datos, los cuales finalmente pueden ser descargados a una computadora mediante el puerto USB que el equipo posee, emitiéndose informes en formato Excel o PDF.



Figura N° 4.1. Equipo medidor de temperatura y humedad

Fuente: Especificaciones técnicas del medidor de temperatura y humedad

Tal como indica las especificaciones técnicas del equipo, los intervalos de muestreo pueden ser cada 30 segundos, 5, 10, 30, 60, 90 o 120 minutos. Posee un peso de solamente 90 gramos y sus dimensiones son 10 x 5 x 3 cm. Las características de lectura de datos, se presentan en la tabla N° 4.1.

Tabla N° 4.1. Características del medidor de temperatura y humedad
Fuente: Especificaciones técnicas del medidor de temperatura y humedad

Característica	Temperatura	Humedad
Medición	- 30.0 a 70.0 °C	0.1 a 99.9 %
Resolución	0.1 °C	0.1 %
Precisión	+/- 0.5 °C	+/- 3 %

Asimismo, el equipo posee un certificado de calibración con fecha del 31 de diciembre del año 2017, lo cual valida la confiabilidad en los datos recolectados (Ver figura N° 4.2).

Calibration Certificate			
We certify that the product listed below has been manufactured and tested for calibration accuracy to meet the published specifications. This calibration testing was performed in accordance with national system guidelines of ISO/IEC Guide 17025			
Our Calibration Standards instruments are traceable to NML/ROC and NIST/USA or other countries Standards.			
Product: USB datalogger w/ PDF and Excel report			
Serial Number:	1702654		
Lot MFG Date:	31 Dec. 2017		
MFG lot#:	1801349		
Firmware version:	V1.5		
Function:	Air Temperature & Humidity Measurement and Logging		
Sensor type of Air temp. :	NTC thermistor, 833ET-1S87P-70370		
Measuring Range:	-30°C to 70°C (-22°F to 158°F)		
Accuracy:	+/-0.5°C		
Sensor type of Humidity:	Capacitive humidity sensor, CS10-195		
Measuring Range:	0.1~99.9%RH		
Accuracy:	+/-3%RH (at 25°C, 10-90%RH range), others +/-5%		
Product Test Criteria			
Function	Test temperature	Accepted tolerance	Test result
Air Temp.	25.5°C	+/-0.5°C	Pass
Humidity	33%RH	+/-3%RH	Pass
Humidity	55%RH	+/-3%RH	Pass
Humidity	75%RH	+/-3%RH	Pass
Calibration Reference			
Device	Model	Certificate No.	Uncertainty of measurement
Digital Multimeter	Agilent 34401A	201309106711	0.10hm
Thermometer	Uei DT200	RGcp2014-0016	+/-0.2°C
Hygrometer	rotronic CP11	2SB14001559-0002	1%RH
Date of calibration: 31 Dec. 2017			
Inspector number: 130004			

Figura N° 4.2. Certificado de calibración del medidor de temperatura y humedad

Fuente: Especificaciones técnicas del medidor de temperatura y humedad

4.1.2. Protocolo de toma de datos

Para la validación de la simulación, se realizará la medición simultánea de las condiciones en el interior del edificio real y su respectivo modelo a escala reducida, en todos los ambientes que posean las muestras de edificios. Para ello, se contará con dos de los equipos de medición antes mencionado. A continuación, se explican los detalles del proceso.

4.1.2.1. Escenarios de trabajo

Se realizará la lectura de información ante distintas condiciones de los ambientes analizados, las cuales se generarán por el abrir y/o cerrar de las aberturas que poseen (Puertas y/o ventanas). Por ejemplo, al evaluar un dormitorio el cual posee una puerta de ingreso y una ventana, se deben realizar lecturas en los siguientes escenarios de trabajo:

- Puerta cerrada y ventana cerrada.
- Puerta cerrada y ventana abierta.
- Puerta abierta y ventana cerrada.
- Puerta abierta y ventana abierta.

4.1.2.2. Duración de medición

En cada punto donde se desee realizar la lectura de información, el equipo debe permanecer el tiempo necesario que permita lecturas fieles al escenario de trabajo analizado. Tal como fue mencionado en la descripción del equipo, se poseen distintos intervalos de tiempo para realizar la lectura de datos. Dada la necesidad de generar la mayor cantidad de estos, se decide emplear el intervalo de 30 segundos. Dicha característica se programa en el equipo al momento de conectarlo por su puerto USB a una computadora, configurándose también el punto de inicio (Ver figura N° 4.3).

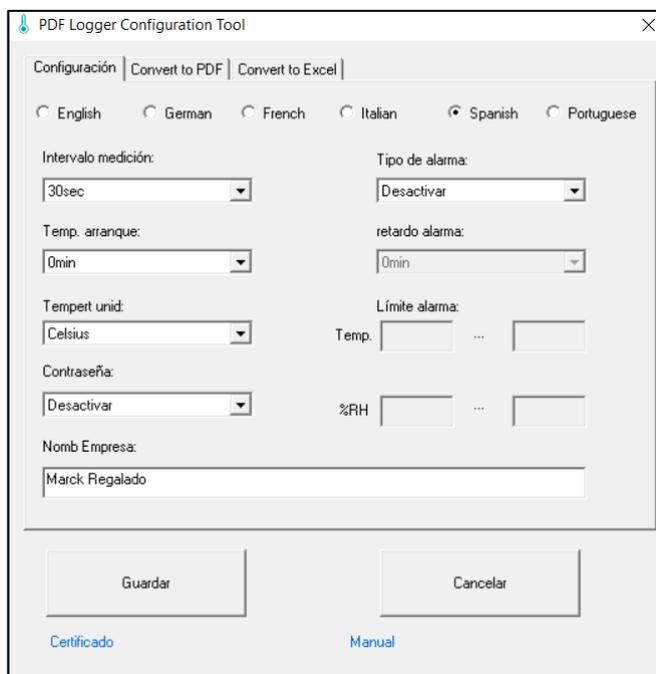


Figura N° 4.3. Configuración del medidor de temperatura y humedad

Fuente: Elaboración propia

Tras una prueba realizada en la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María), al generar la lectura de datos y el posterior informe en cierto escenario de trabajo, si bien el resultado esperado son valores constantes a lo largo del tiempo o con una variación no abrupta, el resultado real son datos muy dispersos entre sí durante los periodos iniciales de tiempo, luego de los cuales se mantienen cierta homogeneidad (Ver figura N° 4.4).

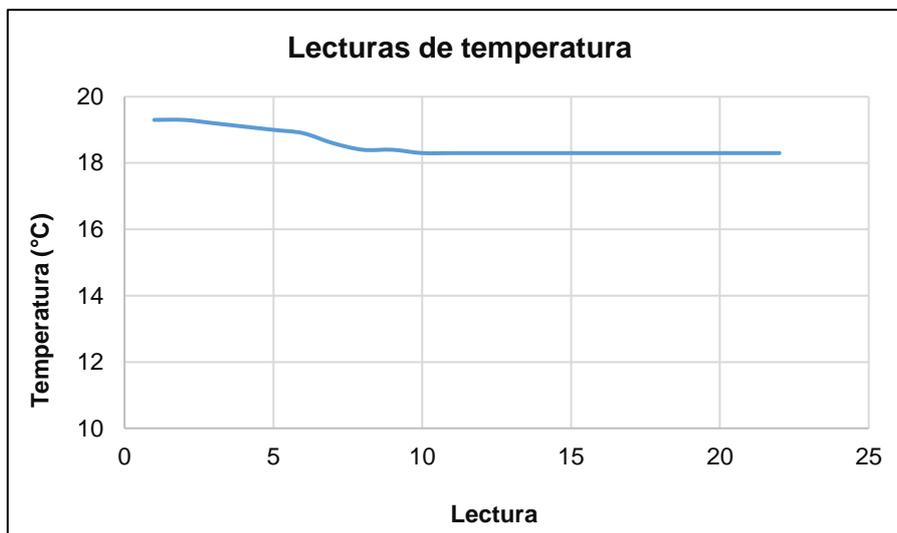


Figura N° 4.4. Variaciones en lectura de temperatura

Fuente: Elaboración propia

Dicho problema podría deberse a los cambios de condiciones entre los escenarios de trabajo, donde al abrir una abertura ingresan masas de aire con temperaturas y humedades muy distintas a la que existe dentro del ambiente que se está evaluando, generando inicialmente grandes variaciones, las cuales se transforman en constantes luego de la dispersión y el equilibrio térmico de estas. Por otro lado, el cerrar una abertura interrumpe el flujo de las masas de aire con el exterior, las cuales al ser interrumpidas generan inicialmente lecturas con grandes variaciones, volviéndose constantes al generarse el equilibrio térmico respectivo con las condiciones del escenario de trabajo.

Como puede observarse en la figura N° 4.4, las variaciones iniciales suelen mantenerse hasta los primeros 5 minutos (10 lecturas que se realizan cada 30 segundos), luego de los cuales ya existe un resultado constante. Por ello, se decide que las lecturas de datos en cada punto tendrán una duración total de 10 minutos (20 lecturas que se realizan cada 30 segundos), permitiéndose una primera parte de datos con grandes variaciones y una segunda parte con datos constantes o con pequeñas variaciones, cuyo promedio se considerará como las condiciones del escenario generado.

4.1.2.3. Hora del día para medición

Para definir la hora del día donde se realizará la toma de datos, se realizan mediciones durante varios días en épocas de invierno en Lima, de forma simultánea tanto en el interior (con aberturas cerradas) como en el exterior del edificio real, tomando como ejemplo la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) (Ver figura N° 4.5 y 4.6).

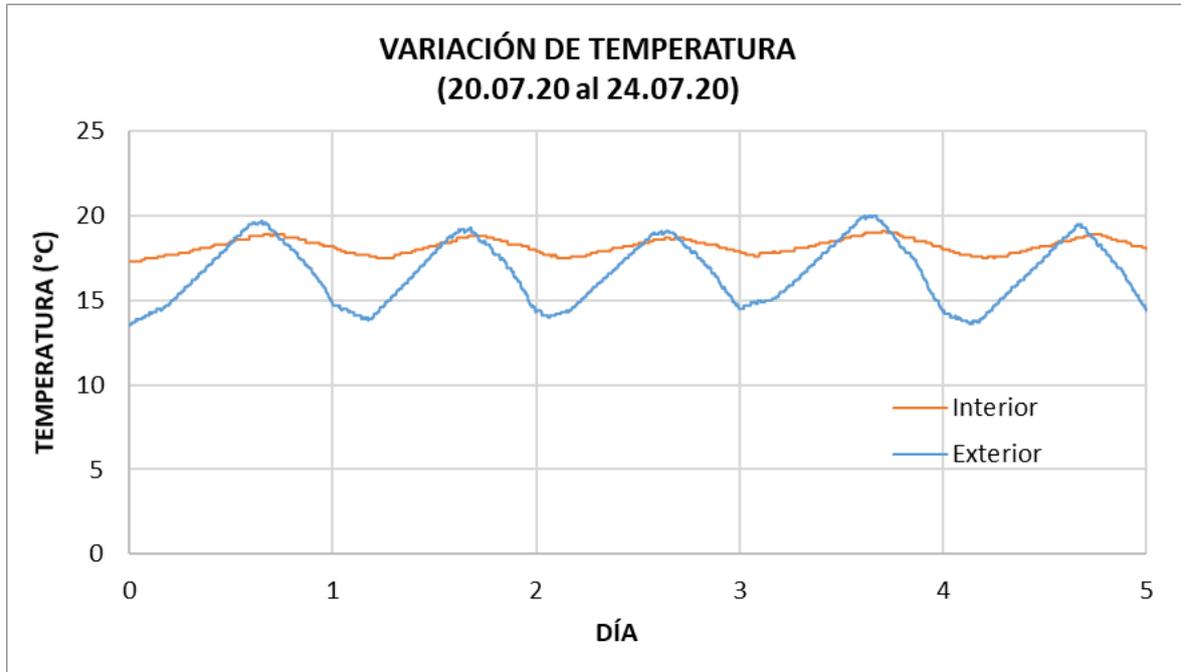


Figura N° 4.5. Temperatura interna y externa en edificio real durante varios días - Primera muestra

Fuente: Elaboración propia

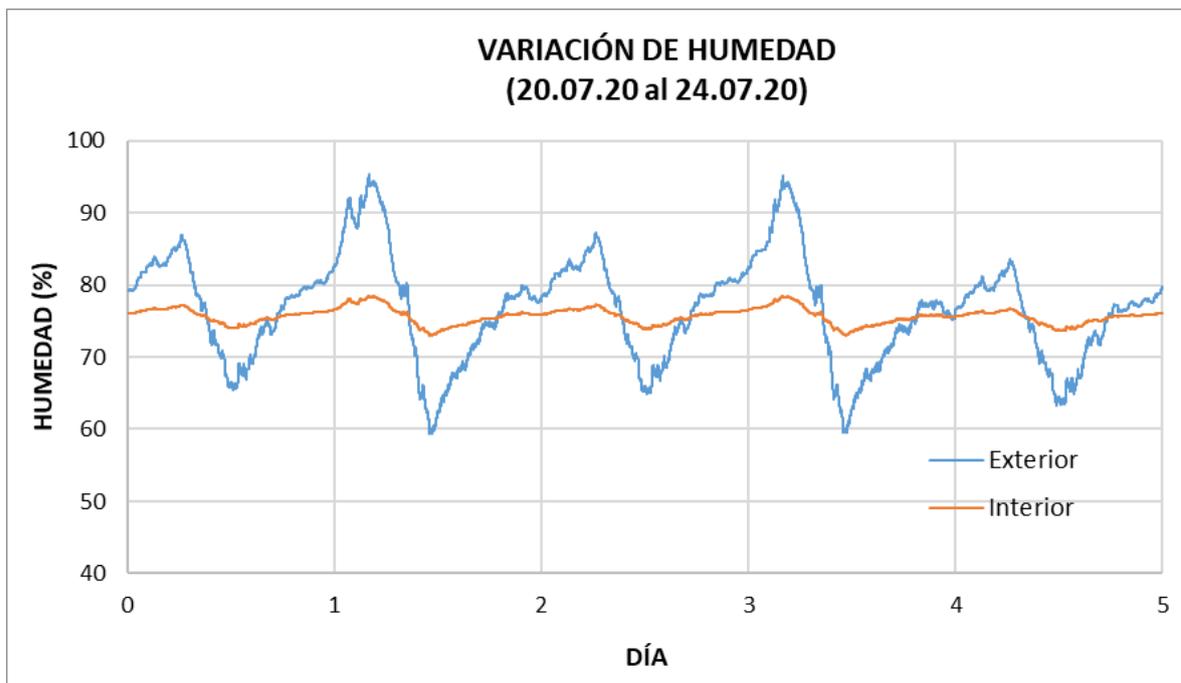


Figura N° 4.6. Humedad interna y externa en edificio real durante varios días - Primera muestra

Fuente: Elaboración propia

El objetivo es identificar el periodo horario donde se maximiza la diferencia entre condiciones internas y externas, con el fin de evaluar la simulación del modelo a escala en dichos periodos más críticos. De las figuras anteriores, se obtienen los valores de los deltas, tanto térmico como para la humedad relativa. Para ello, se realiza la diferencia entre las condiciones internas y externas en cada periodo de tiempo (Ver figura N° 4.7 y 4.8).

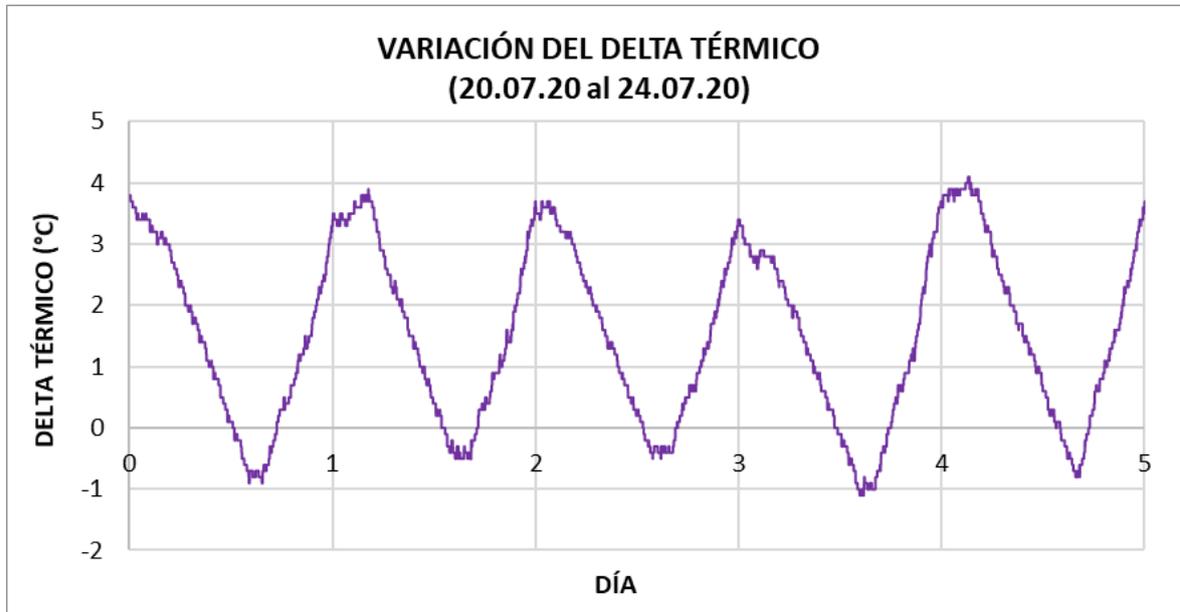


Figura N° 4.7. Delta térmico (°C): Interior - Exterior

Fuente: Elaboración propia

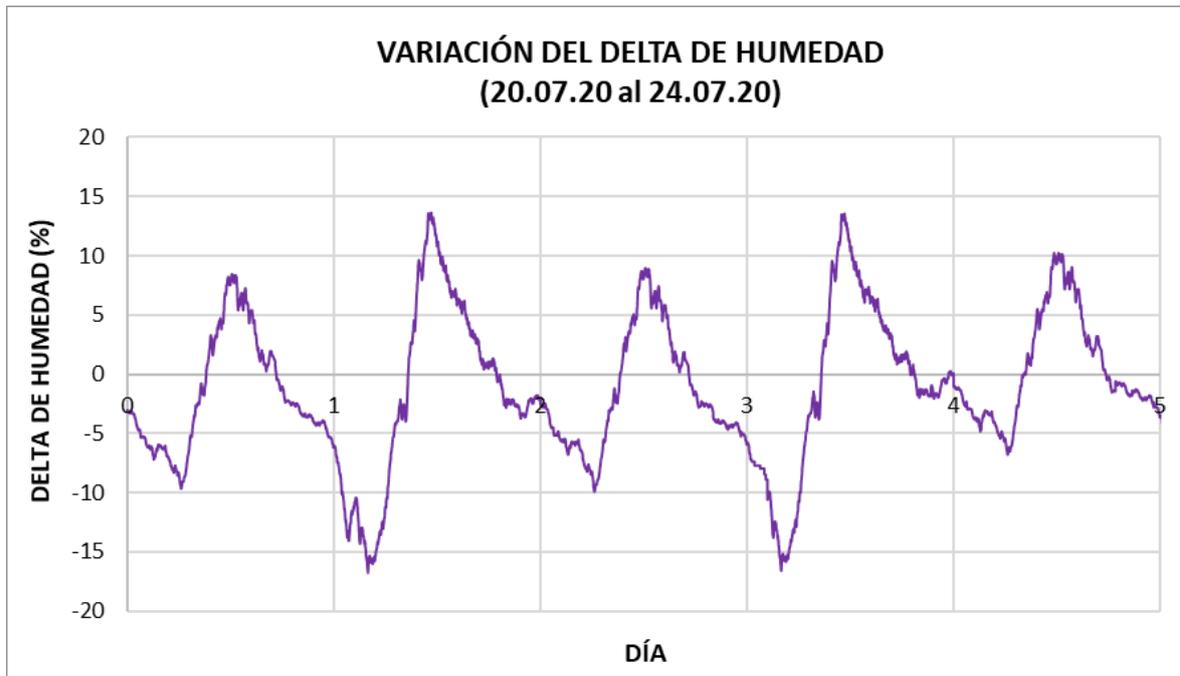


Figura N° 4.8. Delta de humedad (%): Interior - Exterior

Fuente: Elaboración propia

Evaluando las figuras anteriores, se identifica que las mayores diferencias se generan aproximadamente entre las 11:00 pm y 6:00 am. De la misma manera, se realiza el análisis con el resto de días y se obtiene resultados similares. Por ello, se decide que las mediciones de validación se realizarán en dicho horario.

Por otro lado, según los conceptos teóricos presentados, para cada valor de las condiciones exteriores debería existir un único valor de delta (térmico y de temperatura). Sin embargo, al realizar mediciones reales se pueden encontrar pequeños valores de error, los cuales se aprecian en las figuras N° 4.9 y 4.10. Por ello, se grafica la recta de regresión lineal respectiva, presentándose la ecuación que la describe y su coeficiente de correlación.

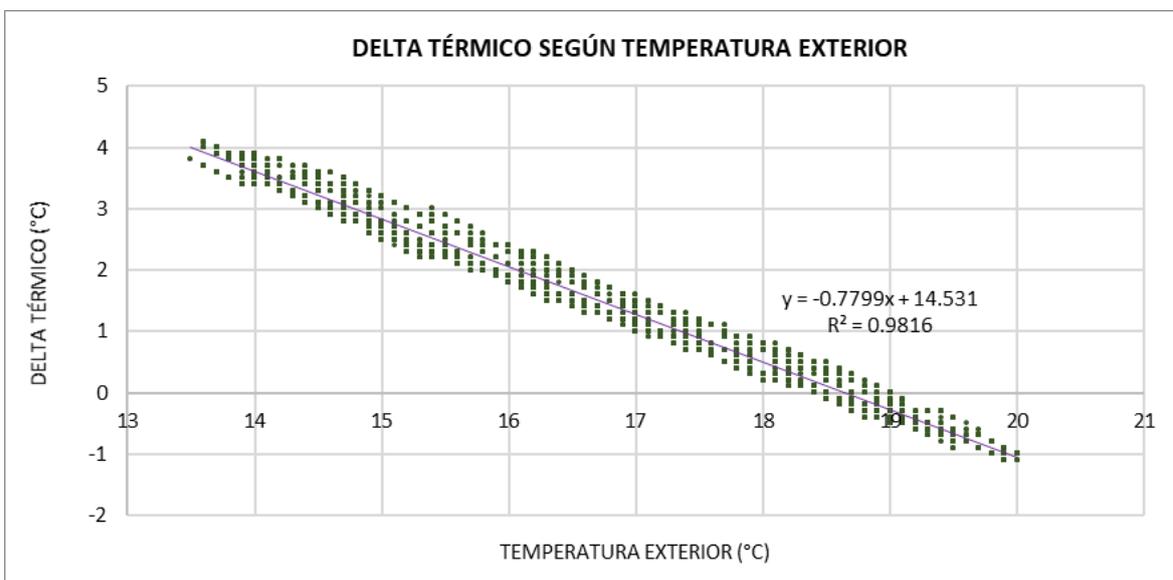


Figura N° 4.9. Delta térmico según temperatura exterior

Fuente: Elaboración propia

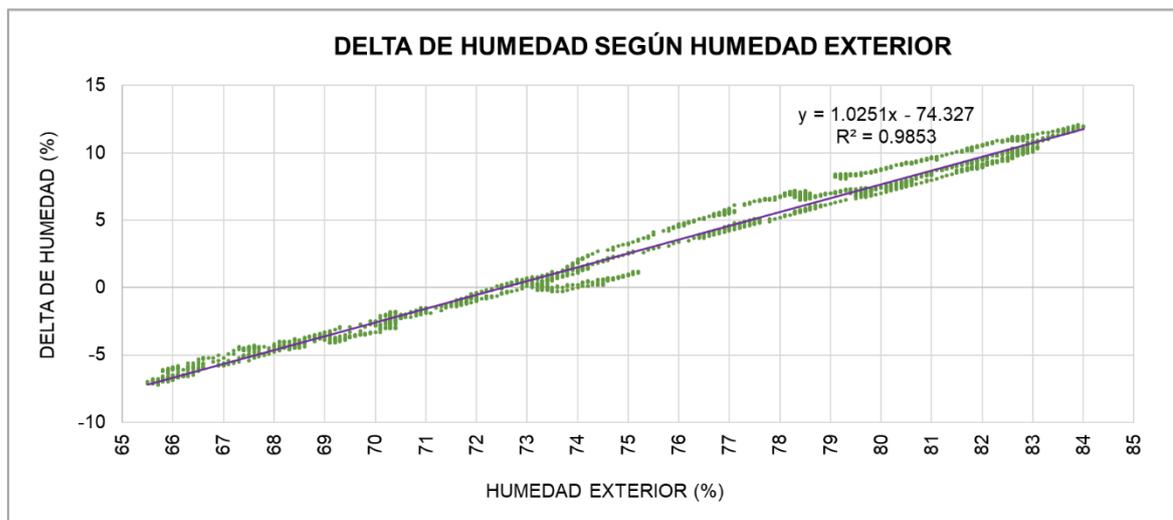


Figura N° 4.10. Delta de humedad según humedad exterior

Fuente: Elaboración propia

Ambas rectas de regresión poseen coeficientes de correlación con valores mayores a 0.98, por lo que se acepta una correcta correlación.

4.1.2.4. Ubicación del equipo

Debido a las dimensiones que presentan los ambientes de los modelos a escala reducida, se debe decidir la ubicación donde se generará la lectura de datos representativa para el mismo. Para definir ello, se realiza el análisis en la sala – comedor en la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María), donde se seleccionan 7 puntos los cuales corresponden a los 4 extremos del ambiente, 2 a los puntos medios de sus dimensiones más largas y uno al centro de este (En la figura N° 4.11 se presenta el croquis de la ubicación de estos). Luego, se realiza la lectura de datos según las indicaciones de duración descritas, con lo cual se obtiene el valor de temperatura y humedad, las cuales se promedian y se comparan con el obtenido en el punto central P-7 (Ver tabla N° 4.2). Finalmente, se aprecia que el promedio de los valores calculados en los 7 puntos en promedio se aproxima al calculado en el centroide del ambiente, por lo cual se decide que este será la ubicación del equipo durante las mediciones.

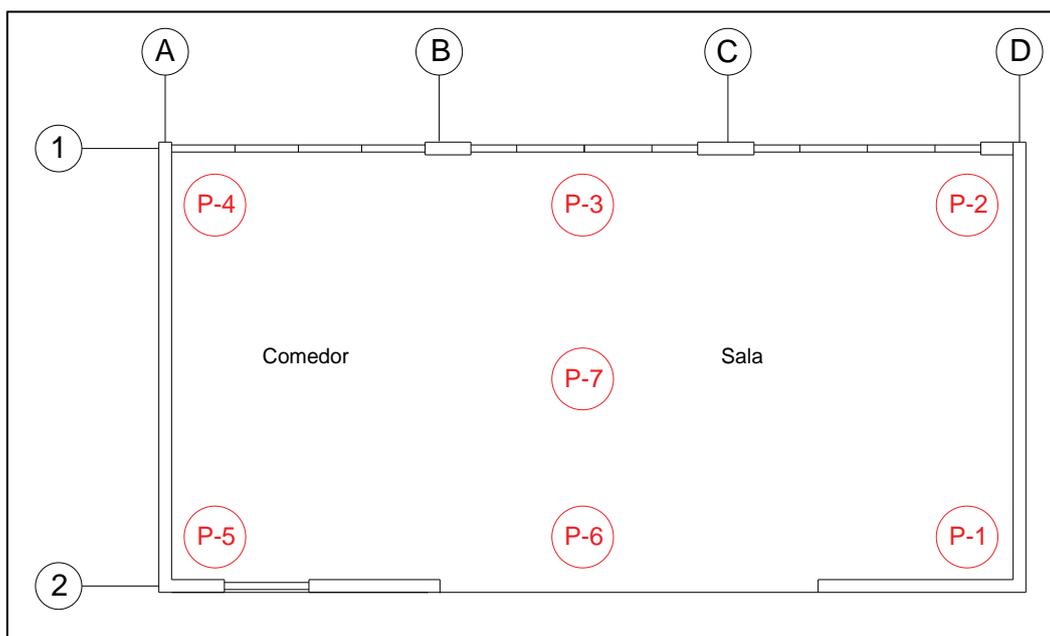


Figura N° 4.11. Puntos de medición en sala - comedor

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4.2. Mediciones en sala - comedor

Fuente: Elaboración propia

Punto	Temperatura (°C)	Humedad (%)
P - 1	19.61	74.97
P - 2	19.86	75.70
P - 3	20.13	73.93
P - 4	20.10	74.20
P - 5	19.56	76.35
P - 6	19.81	75.14
P - 7	19.86	74.90
Promedio	19.85	75.03
Diferencia entre el promedio y el centro	0.05 %	0.17

4.1.3. Recopilación de información

Luego de haber construido los modelos a escala reducida y de definir el protocolo de toma de datos, se procede a realizar el levantamiento de información para comparar los resultados entre el modelo escalado y real, para así validar la metodología de simulación del IAQ.

4.1.3.1. Ambientes a evaluar

Inicialmente, tal como puede apreciarse en los Anexos N° 03 y 04, se identifican los ambientes que poseen ambas muestras de edificios. Debido a que la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI) solo posee un ambiente simple de forma rectangular, se obvia sus detalles y se explica lo relacionado a la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María), la cual posee los siguientes ambientes:

- Sala – comedor
- Cocina
- Dormitorio 01
- Cuarto de estudio
- Dormitorio 02
- Sala de cómputo

Si bien se cuenta también con servicios higiénicos y una zona de almacén, estos poseen un área muy pequeña de movilización y poca presencia de personas durante el día, por lo cual se propone no evaluarlas. Luego, en el Anexo N° 08 se presentan vistas individuales de los ambientes enlistados de la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María),

asignándose una nomenclatura a las aberturas móviles que poseen, las cuales se mantendrán abiertas y/o cerradas para generar distintos escenarios de trabajo. Asimismo, se presenta la ubicación del medidor de temperatura y humedad, teniendo en cuenta que el medidor de la velocidad y flujo del viento se ubicará en cada abertura abierta.

4.1.3.2. Planificación de escenarios de trabajo

En cuanto a la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI), se procede a planificar los escenarios de trabajo, en función de la condición de las aberturas que presenta, cuya nomenclatura que puede apreciar en el Anexo N° 05 (Ver Tabla N° 4.3). Las celdas con una "C" simbolizan que la abertura estará cerrada y la "A" que se encontrarán abiertas.

Tabla N° 4.3. Escenarios de trabajo en la primera muestra

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1	V - 2
1	A	A	A
2	A	A	C
3	A	C	A
4	C	A	A
5	A	C	C
6	C	C	A
7	C	A	C
8	C	C	C

Asimismo, se planifican los escenarios de trabajo que se evaluarán en cada ambiente de la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María) (Ver tablas N° 4.4 al 4.9).

Tabla N° 4.4. Escenarios de trabajo en la sala

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura					
	P - 1a	P - 1b	P - 2a	P - 2b	P - 3a	P - 3b
1	C	C	C	C	C	C
2	A	C	C	C	C	C
3	A	A	C	C	C	C
4	C	C	A	C	C	C
5	C	C	A	A	C	C
6	C	C	C	C	A	C
7	C	C	C	C	A	A
8	A	A	A	A	C	C
9	C	C	A	A	A	A
10	A	A	C	C	A	A
11	A	A	A	A	A	A

Tabla N° 4.5. Escenarios de trabajo en la cocina

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	P - 2a	P - 2b
1	A	C	C
2	A	C	A
3	A	A	C
4	C	A	C
5	C	C	A
6	C	C	C

Tabla N° 4.6. Escenarios de trabajo en el dormitorio 1

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1a	V - 1b
1	C	C	C
2	C	A	C
3	A	C	C
4	A	C	A
5	A	A	A
6	C	A	A

Tabla N° 4.7. Escenarios de trabajo en el cuarto de estudio

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura	
	V - 1a	V - 1b
1	C	C
2	C	A
3	A	C
4	A	A

Tabla N° 4.8. Escenarios de trabajo en el dormitorio 2

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1a	V - 1b
1	C	C	C
2	C	A	C
3	C	A	A
4	A	A	A
5	A	C	A
6	A	C	C

Tabla N° 4.9. Escenarios de trabajo en la sala de cómputo

Fuente: Elaboración propia

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1a	V - 1b
1	A	C	C
2	A	C	A
3	A	A	C
4	A	A	A
5	C	A	A
6	C	C	A
7	C	A	C
8	C	C	C

Cabe señalar que, en la cocina, las puertas “P - 2a” y “P - 2b” son deslizables, similar a una mampara, por lo cual no pueden estar abiertas ambas al mismo tiempo. Además, el cuarto de estudio no posee una puerta de ingreso.

4.1.3.3. Mediciones de temperatura y humedad relativa

Respecto a los escenarios de trabajo propuestos y empleando los protocolos de toma de datos, se realiza la recolección de información simultánea tanto en los edificios reales como en los modelos a escala reducida.

En el Anexo N° 09 se presenta la base de datos recolectada respecto a los valores de temperatura y humedad en cada escenario de trabajo, para el caso de la primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI). Del mismo modo, en el Anexo N° 10, se presenta la base de datos para la segunda muestra (edificio de vivienda en Jesús María), en todos los ambientes que esta posee. En total, se han tomado más de 1,000 datos, ya que para cada escenario es necesario un total de 20 datos según el protocolo propuesto.

4.2. VALIDACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Se procede a realizar el análisis de la data recolectada, para determinar la diferencia entre el comportamiento en los edificios reales y a escala reducida, y validar su comportamiento.

4.2.1. Prueba de Normalidad en la base de datos

Dado que es necesario calcular la diferencia estadística entre las muestras de datos en los Anexos N° 09 y 10, se debe previamente evaluar la diferencia entre sus varianzas (tal como se explica en el marco teórico). Para poder realizarlo, previamente se debe comprobar la normalidad de dichos datos.

Sin embargo, se identificó un problema asociado a la resolución de los datos en los equipos de medición, que impiden que ninguna muestra cumpla con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. A continuación, se presenta un ejemplo para explicar el caso, empleándose la data del Anexo N° 09, en el escenario 1 (Ver tabla N° 4.10).

Tabla N° 4.10. Ejemplo de prueba de Kolmogorov-Smirnov – Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Ítem	T (°C)	Orden creciente	Z	P(Z)	P(i)	D_{KS}^+	D_{KS}^-
1	17.400	17.300	-0.949	0.171	0.1	0.071	0.071
2	17.400	17.300	-0.949	0.171	0.2	0.029	0.071
3	17.400	17.300	-0.949	0.171	0.3	0.129	0.029
4	17.400	17.300	-0.949	0.171	0.4	0.229	0.129
5	17.400	17.300	-0.949	0.171	0.5	0.329	0.229
6	17.300	17.400	0.949	0.829	0.6	0.229	0.329
7	17.300	17.400	0.949	0.829	0.7	0.129	0.229
8	17.300	17.400	0.949	0.829	0.8	0.029	0.129
9	17.300	17.400	0.949	0.829	0.9	0.071	0.029
10	17.300	17.400	0.949	0.829	1.0	0.171	0.071
Promedio		17.350					
Desviación est.		0.05					
D_{KS}		0.33					
D_{α}		0.26					

Tal como se puede apreciar: $D_{KS} > D_{\alpha}$, por lo que se rechazaría la hipótesis H_0 de la prueba de normalidad. Pero, si existiese un leve cambio en los ítems 5 y 6, reemplazando los datos por valores de 17.35 °C, sí se cumpliría con la prueba (Ver tabla N° 4.11).

Tabla N° 4.11. Modificación en ejemplo de prueba de Kolmogorov-Smirnov – Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Ítem	T (°C)	Orden creciente	Z	P(Z)	P(i)	D_{KS}^+	D_{KS}^-
1	17.400	17.300	-1.061	0.144	0.1	0.044	0.044
2	17.400	17.300	-1.061	0.144	0.2	0.056	0.044
3	17.400	17.300	-1.061	0.144	0.3	0.156	0.056
4	17.400	17.300	-1.061	0.144	0.4	0.256	0.156
5	17.350	17.350	0.000	0.500	0.5	0.000	0.100
6	17.350	17.350	0.000	0.500	0.6	0.100	0.000
7	17.300	17.400	1.061	0.856	0.7	0.156	0.256
8	17.300	17.400	1.061	0.856	0.8	0.056	0.156
9	17.300	17.400	1.061	0.856	0.9	0.044	0.056
10	17.300	17.400	1.061	0.856	1.0	0.144	0.044
Promedio		17.350					
Desviación est.		0.05					
D_{KS}		0.256					
D_{α}		0.262					

Por ello, se concluye que, si los equipos de medición poseyeran resoluciones hasta valores centesimales, sería más factible la realización de una prueba de Normalidad. Por lo tanto, para los fines de la presente tesis, se trabajará con el supuesto que todos los datos cumplen con un comportamiento normal.

4.2.2. Prueba de igualdad de varianzas en la base de datos

A continuación, se procede a aplicar la prueba de igualdad de varianzas entre las bases de datos recolectadas. El detalle de cada una puede apreciarse en los Anexos N° 09 y 10, pero a continuación se muestra el resumen de resultados (Ver tablas N° 4.12 a 4.25).

Tabla N° 4.12. Prueba de igualdad de varianzas - 1ra muestra - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0028	0.0032	3.1789	1.1600	Homogéneas
2	0.0018	0.0018	3.1789	1.0000	Homogéneas
3	0.0028	0.0027	3.1789	1.0417	Homogéneas
4	0.0010	0.0023	3.1789	2.3333	Homogéneas
5	0.0027	0.0010	3.1789	2.6667	Homogéneas
6	0.0018	0.0050	3.1789	2.8125	Homogéneas
7	0.0018	0.0023	3.1789	1.3125	Homogéneas
8	0.0023	0.0018	3.1789	1.3125	Homogéneas

Tabla N° 4.13. Prueba de igualdad de varianzas - 1ra muestra - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0343	0.0632	3.1789	1.8414	Homogéneas
2	0.0179	0.0684	3.1789	3.8261	Heterogéneas
3	0.0210	0.1360	3.1789	6.4762	Heterogéneas
4	0.0404	0.0707	3.1789	1.7473	Homogéneas
5	0.0317	0.0623	3.1789	1.9684	Homogéneas
6	0.0388	0.0379	3.1789	1.0235	Homogéneas
7	0.0173	0.1254	3.1789	7.2372	Heterogéneas
8	0.0196	0.0823	3.1789	4.2102	Heterogéneas

Tabla N° 4.14. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala comedor - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0018	0.0010	3.1789	1.7778	Homogéneas
2	0.0018	0.0049	3.1789	2.7500	Homogéneas
3	0.0018	0.0018	3.1789	1.0000	Homogéneas
4	0.0010	0.0040	3.1789	4.0000	Heterogéneas
5	0.0023	0.0023	3.1789	1.0000	Homogéneas
6	0.0018	0.0023	3.1789	1.3125	Homogéneas
7	0.0028	0.0027	3.1789	1.0417	Homogéneas
8	0.0023	0.0027	3.1789	1.1429	Homogéneas
9	0.0010	0.0023	3.1789	2.3333	Homogéneas
10	0.0000	0.0049	3.1789	Infinito positivo	Heterogéneas
11	0.0028	0.0023	3.1789	1.1905	Homogéneas

Tabla N° 4.15. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala comedor – Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0449	0.1023	3.1789	2.2797	Homogéneas
2	0.0173	0.0632	3.1789	3.6474	Heterogéneas
3	0.0268	0.0618	3.1789	2.3071	Homogéneas
4	0.0490	0.0850	3.1789	1.7347	Homogéneas
5	0.0357	0.1662	3.1789	4.6604	Heterogéneas
6	0.0240	0.1284	3.1789	5.3519	Heterogéneas
7	0.0290	0.0939	3.1789	3.2375	Heterogéneas
8	0.0116	0.0739	3.1789	6.3942	Heterogéneas
9	0.0160	0.0601	3.1789	3.7569	Heterogéneas
10	0.0379	0.0582	3.1789	1.5367	Homogéneas
11	0.0450	0.1489	3.1789	3.3086	Heterogéneas

Tabla N° 4.16. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cocina - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0000	0.0027	3.1789	Infinito positivo	Heterogéneas
2	0.0010	0.0018	3.1789	1.7778	Homogéneas
3	0.0018	0.0023	3.1789	1.3125	Homogéneas
4	0.0010	0.0027	3.1789	2.6667	Homogéneas
5	0.0010	0.0010	3.1789	1.0000	Homogéneas
6	0.0010	0.0044	3.1789	4.4444	Heterogéneas

Tabla N° 4. 17. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cocina - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0294	0.1210	3.1789	4.1094	Heterogéneas
2	0.0188	0.0739	3.1789	3.9349	Heterogéneas
3	0.0267	0.1690	3.1789	6.3375	Heterogéneas
4	0.0179	0.0329	3.1789	1.8385	Homogéneas
5	0.0290	0.0529	3.1789	1.8238	Homogéneas
6	0.0338	0.1117	3.1789	3.3059	Heterogéneas

Tabla N° 4.18. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0023	0.0049	3.1789	2.0952	Homogéneas
2	0.0027	0.0071	3.1789	2.6667	Homogéneas
3	0.0027	0.0027	3.1789	1.0000	Homogéneas
4	0.0018	0.0071	3.1789	4.0000	Heterogéneas
5	0.0010	0.0054	3.1789	5.4444	Heterogéneas
6	0.0010	0.0018	3.1789	1.7778	Homogéneas

Tabla N° 4.19. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0232	0.0966	3.1789	4.1579	Heterogéneas
2	0.0373	0.0854	3.1789	2.2887	Homogéneas
3	0.0317	0.2668	3.1789	8.4246	Heterogéneas
4	0.0360	0.0627	3.1789	1.7407	Homogéneas
5	0.0316	0.1801	3.1789	5.7077	Heterogéneas
6	0.0188	0.0766	3.1789	4.0769	Heterogéneas

Tabla N° 4.20. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cuarto de estudio - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0018	0.0062	3.1789	3.5000	Heterogéneas
2	0.0023	0.0028	3.1789	1.1905	Homogéneas
3	0.0027	0.0049	3.1789	1.8333	Homogéneas
4	0.0023	0.0049	3.1789	2.0952	Homogéneas

Tabla N° 4.21. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Cuarto de estudio - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0249	0.0383	3.1789	1.5402	Homogéneas
2	0.0294	0.1846	3.1789	6.2679	Heterogéneas
3	0.0361	0.0378	3.1789	1.0462	Homogéneas
4	0.0179	0.0516	3.1789	2.8820	Homogéneas

Tabla N° 4.22. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0027	0.0010	3.1789	2.6667	Homogéneas
2	0.0010	0.0028	3.1789	2.7778	Homogéneas
3	0.0000	0.0018	3.1789	$+\infty$	Heterogéneas
4	0.0027	0.0040	3.1789	1.5000	Homogéneas
5	0.0028	0.0027	3.1789	1.0417	Homogéneas
6	0.0018	0.0089	3.1789	5.0000	Heterogéneas

Tabla N° 4.23. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0166	0.1707	3.1789	10.3087	Heterogéneas
2	0.0290	0.1084	3.1789	3.7395	Heterogéneas
3	0.0188	0.0427	3.1789	2.2722	Homogéneas
4	0.0062	0.0899	3.1789	14.4464	Heterogéneas
5	0.0356	0.1366	3.1789	3.8406	Heterogéneas
6	0.0183	0.1623	3.1789	8.8545	Heterogéneas

Tabla N° 4.24. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala de cómputo - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0023	0.0050	3.1789	2.1429	Homogéneas
2	0.0027	0.0027	3.1789	1.0000	Homogéneas
3	0.0000	0.0054	3.1789	$+\infty$	Homogéneas
4	0.0000	0.0054	3.1789	$+\infty$	Heterogéneas
5	0.0027	0.0032	3.1789	1.2083	Homogéneas
6	0.0000	0.0010	3.1789	$+\infty$	Heterogéneas
7	0.0010	0.0027	3.1789	2.6667	Homogéneas
8	0.0018	0.0023	3.1789	1.3125	Homogéneas

Tabla N° 4.25. Prueba de igualdad de varianzas - 2da muestra - Sala de cómputo - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Varianza en el edificio real	Varianza en el modelo reducido	$F(0.95, n_2 - 1, n_1 - 1)$	$\frac{s_2^2}{s_1^2}$	Tipo de varianzas
1	0.0404	0.0782	3.1789	1.9341	Homogéneas
2	0.0493	0.0600	3.1789	1.2162	Homogéneas
3	0.0090	0.1299	3.1789	14.4321	Heterogéneas
4	0.0228	0.0760	3.1789	3.3366	Heterogéneas
5	0.0201	0.1046	3.1789	5.1989	Heterogéneas
6	0.0307	0.1677	3.1789	5.4674	Heterogéneas
7	0.0293	0.1693	3.1789	5.7727	Heterogéneas
8	0.0179	0.1032	3.1789	5.7702	Heterogéneas

4.2.3. Diferencia estadística entre muestra de datos

Por último, se realiza la comparación entre los datos tomados en los edificios reales y a escala reducida, para calcular la diferencia estadística entre los mismos. El detalle de cada una puede apreciarse en los Anexos N° 09 y 10, pero a continuación se muestra el resumen de resultados (Ver tablas N° 4.26 a 4.39).

Tabla N° 4.26. Diferencia entre datos - 1ra muestra - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.0085
2	Homogéneas	2.1009	0.2604
3	Homogéneas	2.1009	0.2410
4	Homogéneas	2.1009	0.2016
5	Homogéneas	2.1009	0.1098
6	Homogéneas	2.1009	0.2153
7	Homogéneas	2.1009	0.1474
8	Homogéneas	2.1009	0.2074

Tabla N° 4.27. Diferencia entre datos - 1ra muestra - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	2.0125
2	Heterogéneas	2.1604	1.8493
3	Heterogéneas	2.2010	1.4942
4	Homogéneas	2.1009	1.0385
5	Homogéneas	2.1009	1.5763
6	Homogéneas	2.1009	2.1560
7	Heterogéneas	2.2010	1.9270
8	Heterogéneas	2.1604	1.9319

Tabla N° 4.28. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala comedor - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	<i>T</i>	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.1350
2	Homogéneas	2.1009	0.2058
3	Homogéneas	2.1009	0.2004
4	Heterogéneas	2.1604	0.1817
5	Homogéneas	2.1009	0.1546
6	Homogéneas	2.1009	0.1674
7	Homogéneas	2.1009	0.1610
8	Homogéneas	2.1009	0.0830
9	Homogéneas	2.1009	0.1216
10	Heterogéneas	2.2622	0.1900
11	Homogéneas	2.1009	0.0325

Tabla N° 4.29. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala comedor - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	<i>T</i>	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	1.3751
2	Heterogéneas	2.1604	1.9961
3	Homogéneas	2.1009	0.8523
4	Homogéneas	2.1009	1.5768
5	Heterogéneas	2.1788	1.5004
6	Heterogéneas	2.1788	1.5710
7	Heterogéneas	2.1448	1.7822
8	Heterogéneas	2.2010	0.5065
9	Heterogéneas	2.1604	1.8015
10	Homogéneas	2.1009	1.7240
11	Heterogéneas	2.1604	1.3492

Tabla N° 4.30. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cocina - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	<i>T</i>	Diferencia
1	Heterogéneas	2.2622	0.2031
2	Homogéneas	2.1009	0.0050
3	Homogéneas	2.1009	0.0074
4	Homogéneas	2.1009	0.0098
5	Homogéneas	2.1009	0.2503
6	Heterogéneas	2.1788	0.2592

Tabla N° 4.31. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cocina - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Heterogéneas	2.1604	1.6750
2	Heterogéneas	2.1604	1.7520
3	Heterogéneas	2.2010	1.8221
4	Homogéneas	2.1009	2.0003
5	Homogéneas	2.1009	2.1599
6	Heterogéneas	2.1604	0.8495

Tabla N° 4.32. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 1 - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.0135
2	Homogéneas	2.1009	0.0457
3	Homogéneas	2.1009	0.1515
4	Heterogéneas	2.1604	0.1556
5	Heterogéneas	2.1788	0.1647
6	Homogéneas	2.1009	0.1350

Tabla N° 4.33. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 1 - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Heterogéneas	2.1604	1.7836
2	Homogéneas	2.1009	1.1972
3	Heterogéneas	2.2010	1.0998
4	Homogéneas	2.1009	1.4713
5	Heterogéneas	2.1788	0.6130
6	Heterogéneas	2.1604	2.0091

Tabla N° 4.34. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cuarto de estudio - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Heterogéneas	2.1604	0.0789
2	Homogéneas	2.1009	0.2325
3	Homogéneas	2.1009	0.0377
4	Homogéneas	2.1009	0.0135

Tabla N° 4.35. Diferencia entre datos - 2da muestra - Cuarto de estudio - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	1.7230
2	Heterogéneas	2.2010	1.5980
3	Homogéneas	2.1009	1.2694
4	Homogéneas	2.1009	1.8949

Tabla N° 4.36. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 2 - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.1098
2	Homogéneas	2.1009	0.0992
3	Heterogéneas	2.2622	0.2498
4	Homogéneas	2.1009	0.0858
5	Homogéneas	2.1009	0.2410
6	Heterogéneas	2.1788	0.1088

Tabla N° 4.37. Diferencia entre datos - 2da muestra - Dormitorio 2 - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Heterogéneas	2.2281	1.9251
2	Heterogéneas	2.1604	1.3567
3	Homogéneas	2.1009	0.2653
4	Heterogéneas	2.2281	0.1116
5	Heterogéneas	2.1604	0.1734
6	Heterogéneas	2.2010	1.2842

Tabla N° 4.38. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala de cómputo - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.0369
2	Homogéneas	2.1009	0.0515
3	Homogéneas	2.1009	0.0410
4	Heterogéneas	2.2622	0.0572
5	Homogéneas	2.1009	0.0190
6	Heterogéneas	2.2622	0.1674
7	Homogéneas	2.1009	0.1098
8	Homogéneas	2.1009	0.0074

Tabla N° 4.39. Diferencia entre datos - 2da muestra - Sala de cómputo - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Tipo de varianzas	T	Diferencia
1	Homogéneas	2.1009	0.4511
2	Homogéneas	2.1009	1.6203
3	Heterogéneas	2.2281	1.8974
4	Heterogéneas	2.1604	1.3753
5	Heterogéneas	2.1788	1.4167
6	Heterogéneas	2.1788	1.6032
7	Heterogéneas	2.1788	0.0729
8	Heterogéneas	2.1788	1.8202

4.2.4. Análisis de resultados

Finalmente, se procede a analizar las diferencias estadísticas calculadas con la prueba T Student. En resumen, se presentan las mayores diferencias en cada ambiente evaluado (Ver tabla N° 4.40).

Tabla N° 4.40. Máximas diferencias entre muestras

Fuente: Elaboración propia

Muestra	Ambiente	Temperatura (°C)	Humedad (%)
1°	Aula G2 - 302	0.2604	2.1560
2°	Sala comedor	0.2058	1.9961
2°	Cocina	0.2592	2.1599
2°	Dormitorio 1	0.1647	2.0091
2°	Cuarto de estudio	0.2325	1.8949
2°	Dormitorio 2	0.2498	1.9251
2°	Sala de estudio	0.1674	1.8974

En teoría, las mediciones simultáneas en los edificios reales y a escala reducida deberían ser iguales de cumplirse la simulación prevista y considerando que el equipo de medición recolecte información con una precisión exacta. Sin embargo, este equipo presenta ciertos valores de precisión los cuales son, según sus especificaciones, 0.5 °C para la temperatura y 3% para la humedad. Por ello, considerando que ninguno de los resultados de la tabla N° 4.40 supera dichos valores, se puede concluir que sí se realiza una simulación entre los modelos y que las diferencias son originadas solamente por el nivel de precisión propio del equipo de medición.

CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL IAQ

Tal como fue expuesto en el primer capítulo de la presente tesis, la finalidad principal de la investigación es proponer una metodología que permita anticipar los valores de la calidad del aire interior que poseerá una vivienda, en caso esta se construya según el diseño previamente propuesto (considerándose las dimensiones de los ambientes, los materiales, espesores de elementos, ubicación y tamaño de puertas o ventanas).

Una vez validada la metodología, en el presente capítulo se explicará el procedimiento de cómo debería evaluarse el IAQ en una vivienda, durante su etapa de diseño, empleándose su respectivo modelo a escala reducida. En caso de encontrarse algunas falencias, se podrá proponer acciones preventivas, para mejorar su respectivo diseño.

5.1. REGIONES DE CONFORT EN LIMA

Debido a que la investigación presenta como alcance a la ciudad de Lima (Perú) y, dado que los parámetros evaluados del IAQ son la temperatura y la humedad, se procede a señalar aquellas regiones donde los usuarios de un edificio perciben el confort a causa de la combinación de ambos parámetros.

5.1.1. Condiciones de baja humedad

Para una humedad relativa menor al 50% se obtiene el confort cuando se cumplen las siguientes condiciones (Wieser, 2006):

$$20 \% \leq Humedad \leq 50 \% \text{ y } \begin{cases} \text{Para verano: } 20.74^{\circ}\text{C} \leq Temperatura \leq 24.76^{\circ}\text{C} \\ \text{Para invierno: } 18.30^{\circ}\text{C} \leq Temperatura \leq 21.66^{\circ}\text{C} \end{cases} \quad (82)$$

5.1.2. Condiciones de alta humedad

En caso de valores de humedad relativa mayores, se emplea la ecuación de Temperatura Efectiva (González, 1998):

$$TE = T - 0.4 * (T - 10) * \left(1 - \frac{H}{100}\right) \quad (83)$$

Para el caso de los valores extremos, se obtienen los valores de TE (Ver tabla N° 5.1) y con ello se calcula la región de confort, ya que, trabajando con valores constantes de TE, se puede generar una relación entre la temperatura y la humedad:

$$T = \frac{TE - 4 * \left(1 - \frac{H}{100}\right)}{0.6 + 0.004 * H} \quad (84)$$

Tabla N° 5.1. Valores de Temperatura Efectiva
Fuente: Elaboración propia

Época	Valor	T (°C)	TE (°C)
Verano	Límite superior	24.76	21.81
	Límite inferior	20.74	18.59
Invierno	Límite superior	21.66	19.33
	Límite inferior	18.3	16.64

5.1.3. Zona de depresión

Previamente, se limita la presión de vapor de 15 mmHg, ya que por encima de ella se identifica una “Sensación de Depresión”. Para calcular el límite de dicha zona de depresión, se emplean las ecuaciones antes presentadas:

$$P_{ws} = A * 10^{\left(\frac{m.T}{T+T_n}\right)} \quad (hPa) \quad (85)$$

$$P_w = \frac{P_{ws} * H}{100} \quad (86)$$

Donde se obtiene la relación para el cálculo de la presión de vapor presente:

$$P_w = \frac{6.1164 * 10^{\left(\frac{7.5914 * T}{T + 240.726}\right)} * H}{100} \quad (hPa) \quad (87)$$

Para convertir las unidades de hPa a mmHg se emplea el factor 0.75, por lo que la relación será:

$$P_w = 0.04587 * 10^{\left(\frac{7.5914 * T}{T + 240.726}\right)} * H \quad (mmHg) \quad (88)$$

Siendo el límite de 15 mmHg, la ecuación para dicho valor será:

$$15 = 0.04587 * 10^{\left(\frac{7.5914 * T}{T + 240.726}\right)} * H \quad (89)$$

$$10^{\left(\frac{7.5914 * T}{T + 240.726}\right)} * H = 327.011 \quad (90)$$

5.1.4. Construcción de las regiones de confort

Considerando lo antes mencionado, se grafican las regiones de confort para verano (Ver figura N° 5.1) e invierno (Ver figura N° 5.2).

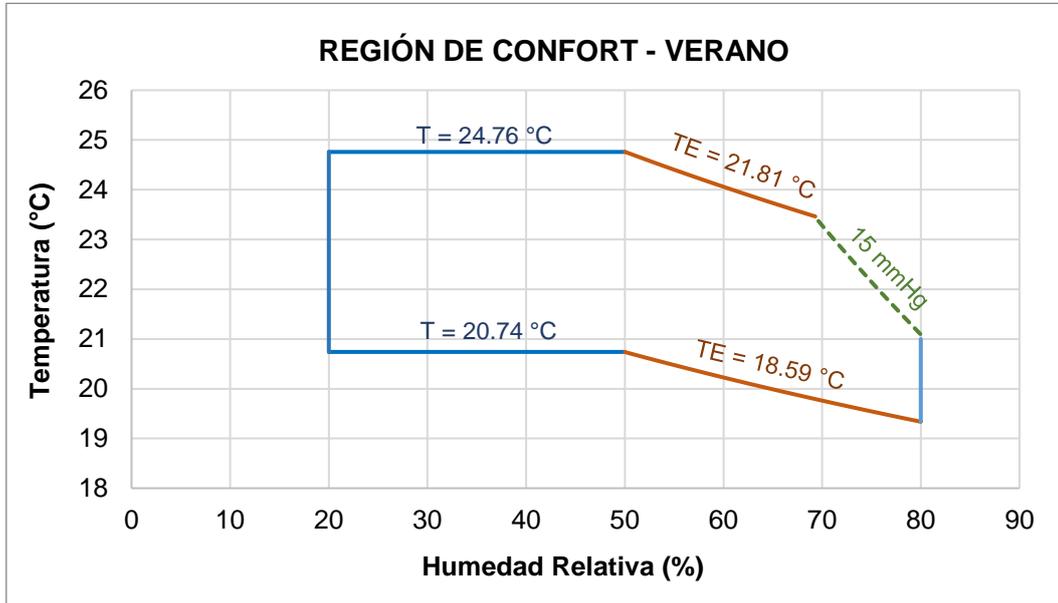


Figura N° 5.1. Región de confort en Lima para el verano

Fuente: Elaboración propia

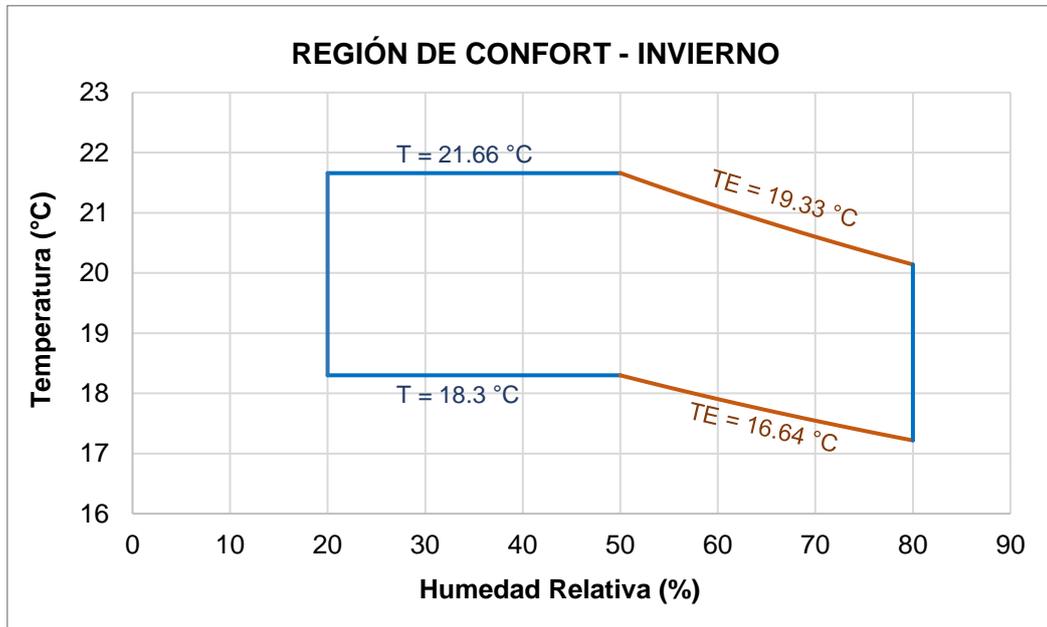


Figura N° 5.2. Región de confort en Lima para el invierno

Fuente: Elaboración propia

5.2. VERIFICACIÓN DEL IAQ EN LOS MODELOS A ESCALA REDUCIDA

Una vez conocidas las regiones donde se permite el confort del IAQ, se debe identificar si la vivienda se encontrará en dichas regiones. Para ello, se inicia con las mediciones respectivas, solamente en el modelo a escala reducida (en el interior y exterior). Luego, dadas las múltiples condiciones climáticas externas, se propone generar predicciones empleando una regresión lineal simple en cada escenario de trabajo. Finalmente, se verifica el cumplimiento del confort por el IAQ.

5.2.1. Toma de datos en los modelos a escala reducida

En primer lugar, se realiza la toma de datos en el modelo a escala reducida, tanto en su interior como en su exterior. Tal como se pudo apreciar en las figuras N°4.9 y 4.10, existe una relación entre las condiciones externas y su diferencia con la condición interna, cuya forma tiende en gran medida a una línea recta. Por ello, se realizará la medición de ambas condiciones (internas y externas) empleándose ambos equipos de medición de forma simultánea, durante un periodo de 1 hora completa (considerando la toma de datos cada 30 segundos, se obtendrán en total 120).

Dicha medición se realizará para cada uno de los escenarios de trabajo y permitirá obtener una serie de puntos que se ajustarán a una recta de regresión lineal (en cada escenario). Con el fin de mostrar un ejemplo, se ha recolectado dicha información en la primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI), correspondiendo los anexos N° 11 y 12 a los datos de temperatura y humedad respectivamente.

5.2.2. Predicciones del IAQ en los modelos a escala reducida

Luego de haberse recolectado la base de datos, se procede a calcular los coeficientes de correlación y la recta de regresión entre el estado de las condiciones externas (X) y la diferencia con las condiciones internas (Y).

$$Y = a * X + b \quad (91)$$

El resultado se obtiene para cada uno de los escenarios de trabajo (Ver tablas N° 5.2 y 5.3).

Tabla N° 5.2. Resultados de correlación y regresión lineal - Temperatura

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Coefficiente de correlación	a	b
1	-0.8803	-0.6413	12.7916
2	-0.8456	-0.6302	13.1835
3	-0.9014	-0.6263	13.3784
4	-0.9228	-0.6354	12.7150
5	-0.9144	-0.6230	13.4061
6	-0.8976	-0.6227	13.2378
7	-0.9129	-0.6236	13.7337
8	-0.9396	-0.6117	14.1518

Tabla N° 5.3. Resultados de correlación y regresión lineal – Humedad

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Coefficiente de correlación	a	b
1	0.9195	0.7554	-53.2011
2	0.9283	0.7902	-56.9543
3	0.8626	0.7960	-58.2914
4	0.9172	0.8059	-58.9066
5	0.8889	0.8106	-60.0385
6	0.8516	0.8122	-60.2845
7	0.8876	0.8300	-62.0713
8	0.8707	0.8466	-63.9050

En cuanto al coeficiente de correlación (Zou et al, 2011), se tiene como referencia que cuando los valores absolutos son mayores a 0.80, se identifica una alta correlación. Se puede observar que este es el caso de la base de datos recolectada.

Por otro lado, se grafican las rectas de regresión de cada escenario de trabajo (tomar como referencia la tabla N° 4.3 sobre las características de los escenarios), comparándose los deltas con los respectivos valores exteriores (Ver figura N° 5.3 y 5.4). En el caso de la figura N° 5.3, es necesario señalar que los resultados del Escenario 04 son muy similares al Escenario 01, por lo que ambas rectas son casi las mismas.

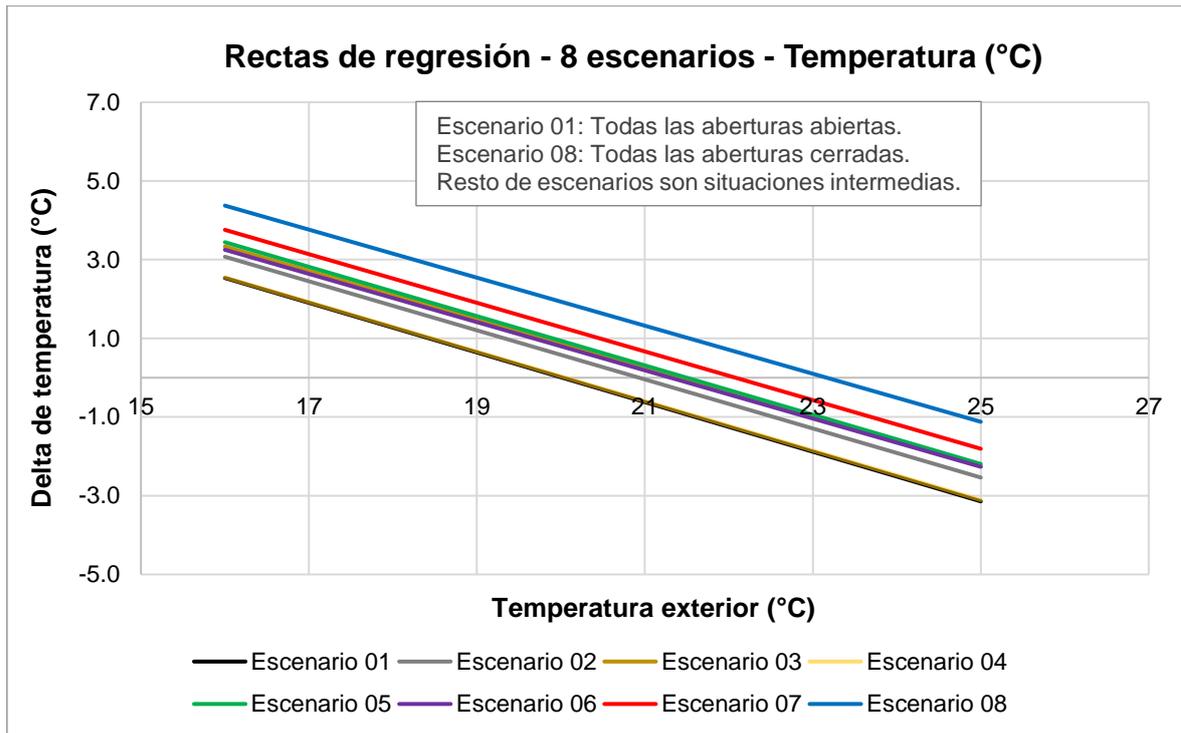


Figura N° 5.3. Rectas de regresión - Temperatura

Fuente: Elaboración propia

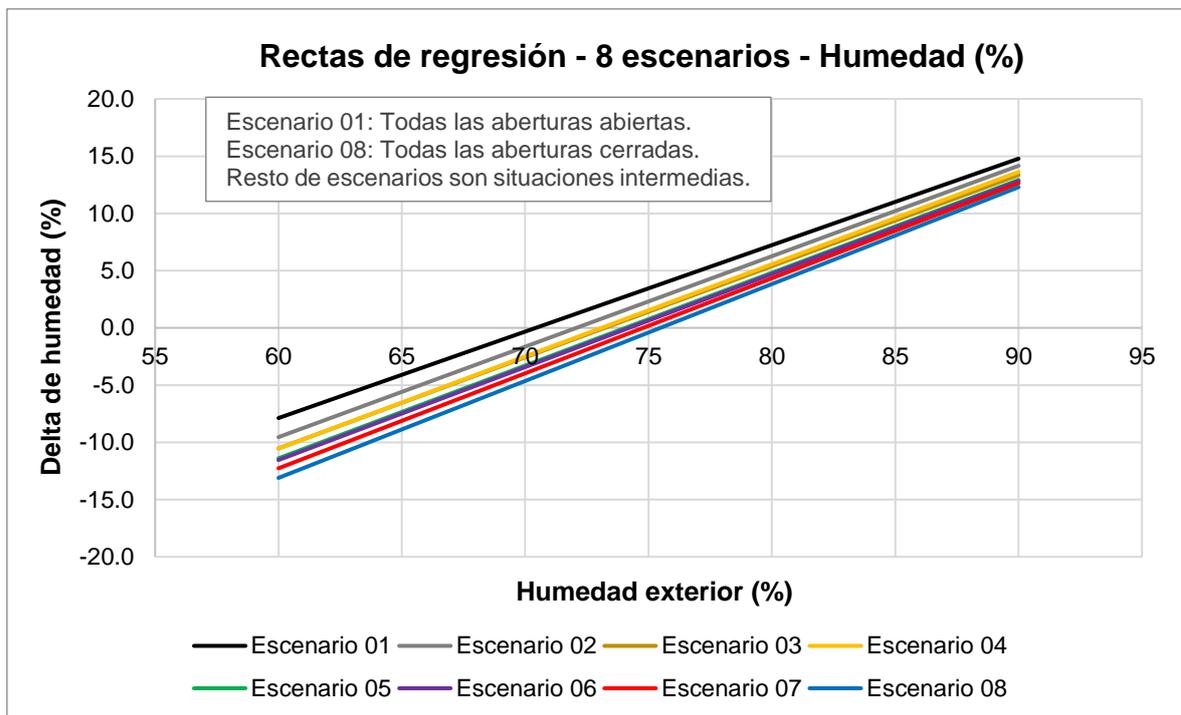


Figura N° 5.4. Rectas de regresión - Humedad

Fuente: Elaboración propia

Empleando los resultados anteriores, se pueden construir las gráficas de las condiciones interiores respecto a las exteriores (Ver figura N° 5.5 y 5.6).

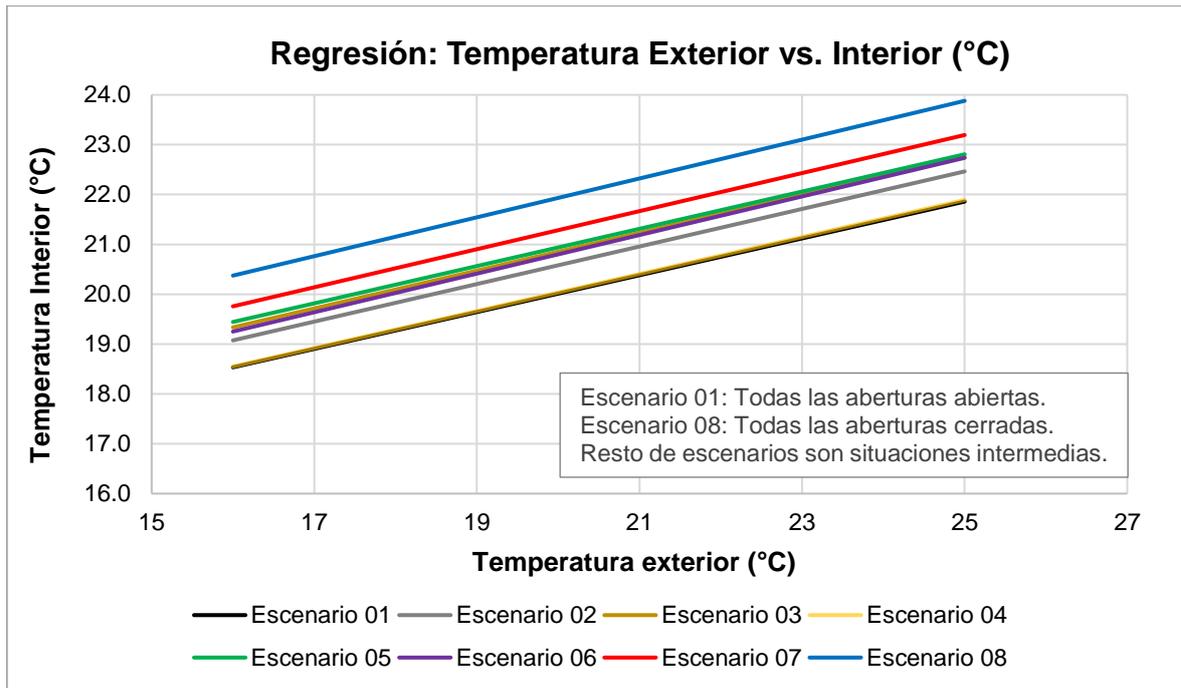


Figura N° 5.5. Condiciones exteriores e interiores - Temperatura

Fuente: Elaboración propia

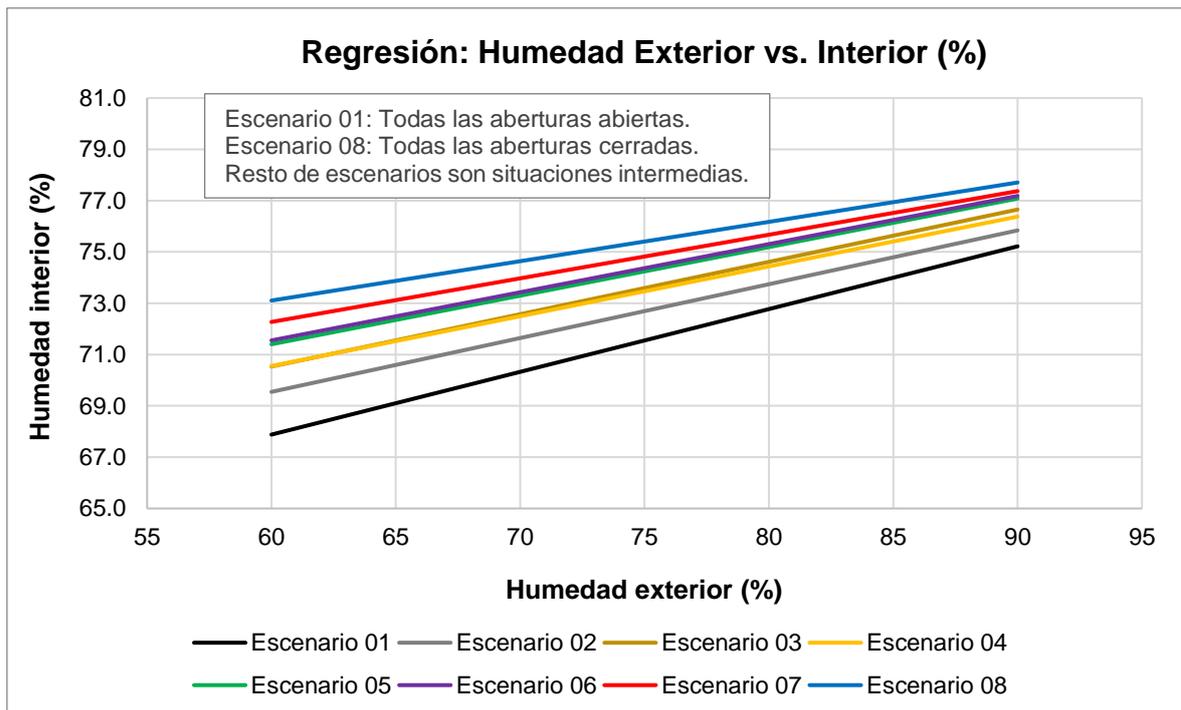


Figura N° 5.6. Condiciones exteriores e interiores - Humedad

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Verificación de las condiciones del IAQ

Luego de calcularse las ecuaciones que simulan los parámetros del IAQ en la vivienda evaluada, se procede a predecir el rango de valores dentro del cual se pueden encontrar

dichos parámetros. Para ello, se emplea información del SENAMHI y se identifica de forma aproximada los valores máximos y mínimos que adoptan ambos parámetros del IAQ (en el exterior de una vivienda), en las distintas épocas del año en la ciudad de Lima (Ver tablas N° 5.4 y 5.5).

Tabla N° 5.4. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C)

Fuente: Elaboración propia

Época	Mínimo (°C)	Máximo (°C)
Verano	19.0	26.5
Otoño	16.0	24.5
Invierno	15.5	19.5
Primavera	15.5	22.0

Tabla N° 5.5. Valores mínimos y máximos - Humedad (%)

Fuente: Elaboración propia

Época	Mínimo (%)	Máximo (%)
Verano	56.5	83.0
Otoño	62.0	84.5
Invierno	70.0	90.0
Primavera	63.5	88.0

Luego, empleándose las ecuaciones de regresión (Ver tablas N° 5.2 y 5.3), junto con los valores mínimos y máximos en el exterior del edificio evaluado en las distintas épocas del año (Ver tablas N° 5.4 y 5.5), se identifican las regiones de posibles combinaciones del IAQ en el interior del edificio, para el caso de todos los escenarios que presenta. Para el caso del ejemplo de la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI), se presentan los cálculos respectivos (Ver tablas N° 5.6 al 5.9).

Tabla N° 5.6. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C) - Verano

Fuente: Elaboración propia

Condición	T _{ext} (°C)	Escenario							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Mínimo	19.0	19.6	20.2	20.5	19.7	20.6	20.4	20.9	21.5
Máximo	26.5	22.4	23	23.3	22.4	23.4	23.3	23.8	24.5

Tabla N° 5.7. Valores mínimos y máximos - Humedad (%) - Verano

Fuente: Elaboración propia

Condición	H _{ext} (%)	Escenario							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Mínimo	56.5	67.0	68.8	69.8	69.9	70.7	70.9	71.7	72.6
Máximo	83.0	73.5	74.4	75.2	75.0	75.8	75.9	76.2	76.6

Tabla N° 5.8. Valores mínimos y máximos - Temperatura (°C) - Invierno

Fuente: Elaboración propia

Condición	T _{ext} (°C)	Escenario							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Mínimo	15.5	18.3	18.9	19.1	18.4	19.3	19.1	19.6	20.2
Máximo	19.5	19.8	20.4	20.7	19.8	20.8	20.6	21.1	21.7

Tabla N° 5.9. Valores mínimos y máximos - Humedad (%) - Invierno

Fuente: Elaboración propia

Condición	H _{ext} (%)	Escenario							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Mínimo	70.0	70.3	71.6	72.6	72.5	73.3	73.4	74.0	74.6
Máximo	90.0	75.2	75.8	76.7	76.4	77.1	77.2	77.4	77.7

Empleando dichos resultados, se procede a graficar las regiones de simulación en cada escenario y para ambas estaciones (Ver figuras N° 5.7 al 5.14). Estas serán comparadas con las regiones de confort previamente presentadas.

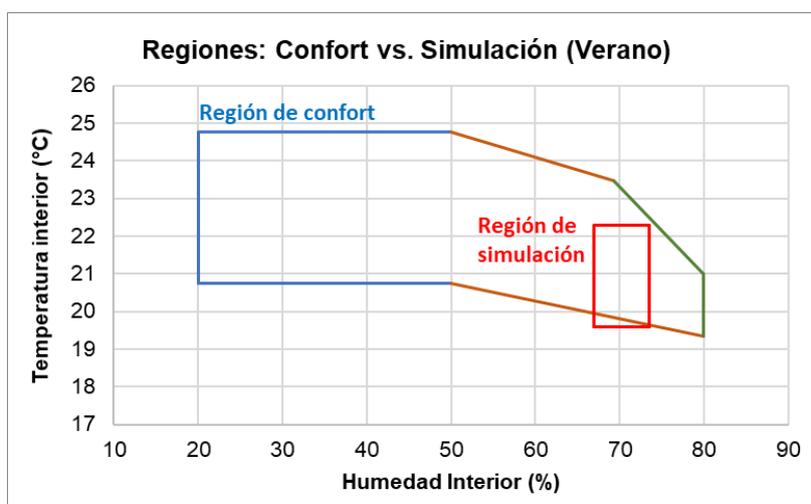


Figura N° 5.7. Verificación del confort - Verano - Escenario 01

Fuente: Elaboración propia

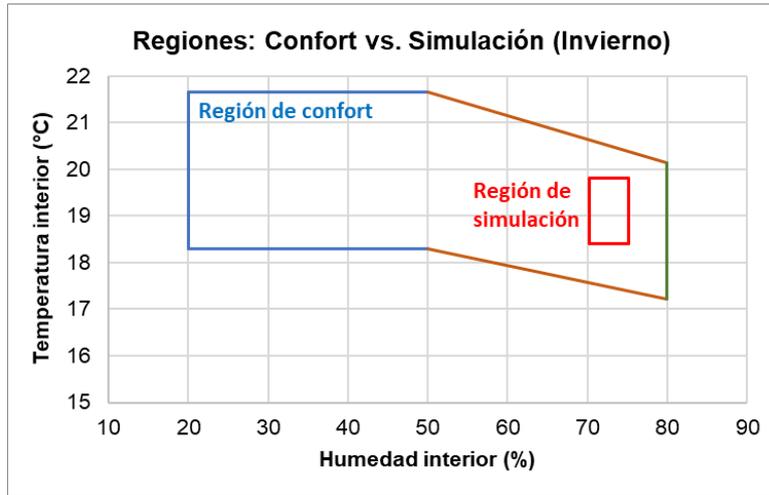


Figura N° 5.8. Verificación del confort - Invierno - Escenario 01
 Fuente: Elaboración propia

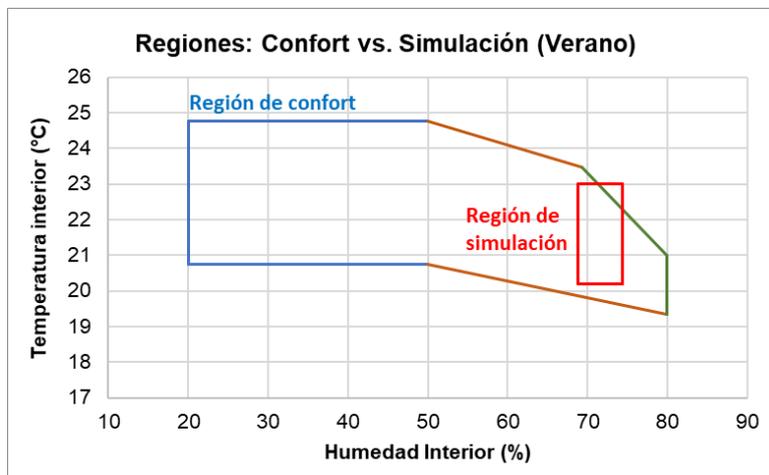


Figura N° 5.9. Verificación del confort - Verano - Escenario 02
 Fuente: Elaboración propia

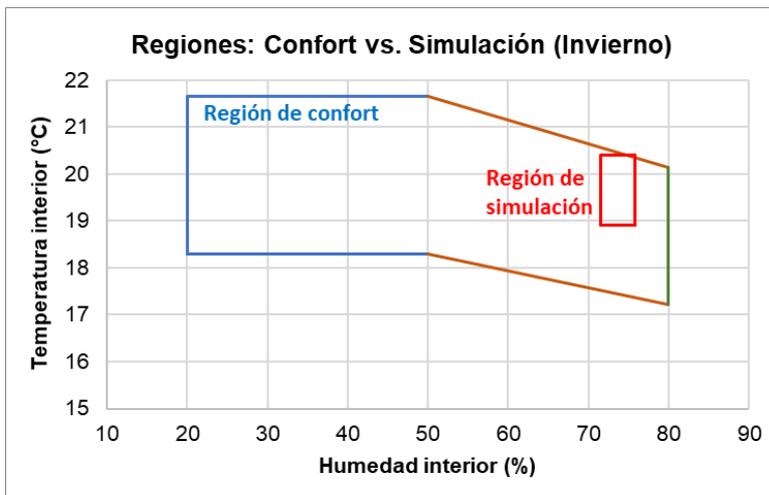


Figura N° 5.10. Verificación del confort - Invierno - Escenario 02
 Fuente: Elaboración propia

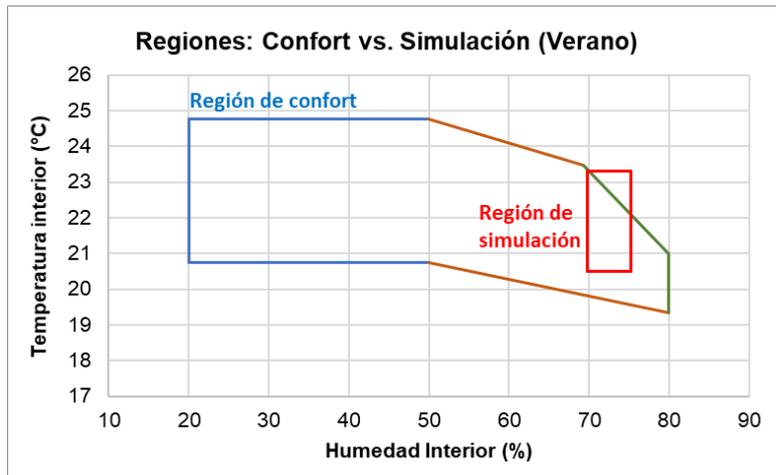


Figura N° 5.11. Verificación del confort - Verano - Escenario 03
Fuente: Elaboración propia

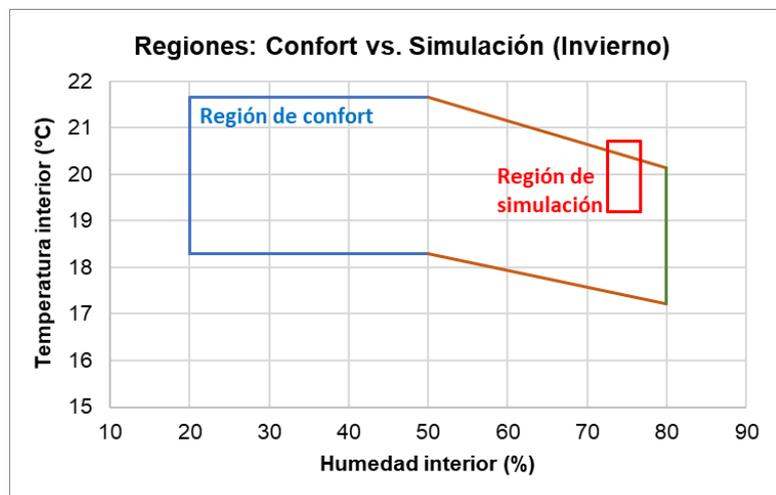


Figura N° 5.12. Verificación del confort - Invierno - Escenario 03
Fuente: Elaboración propia

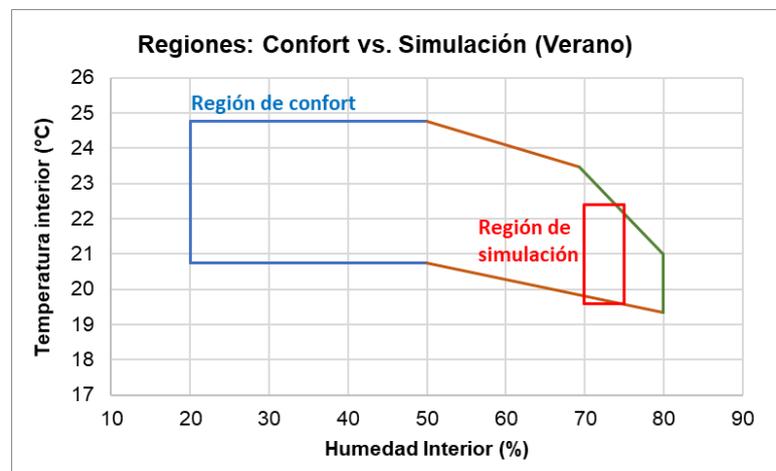


Figura N° 5.13. Verificación del confort - Verano - Escenario 04
Fuente: Elaboración propia

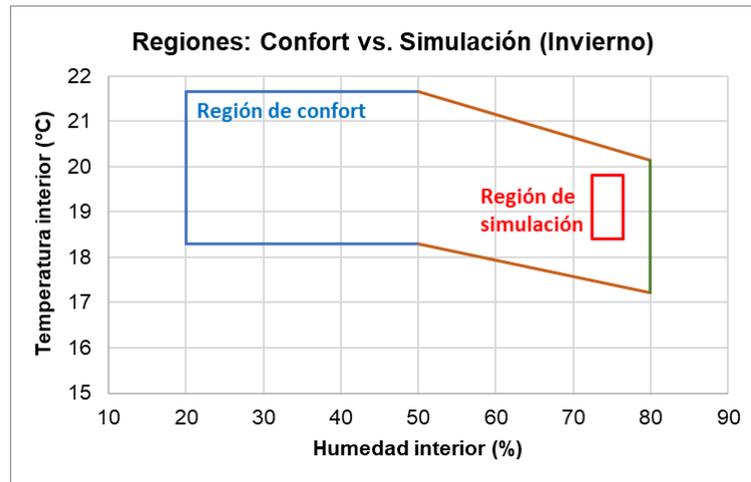


Figura N° 5.14. Verificación del confort - Invierno - Escenario 04

Fuente: Elaboración propia

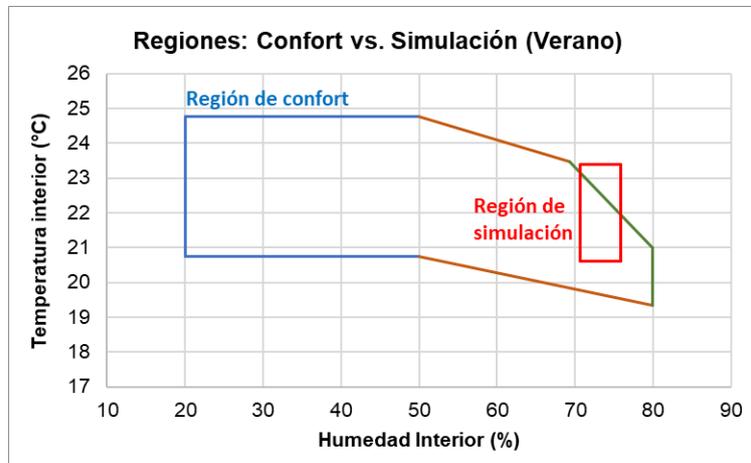


Figura N° 5.15. Verificación del confort - Verano - Escenario 05

Fuente: Elaboración propia

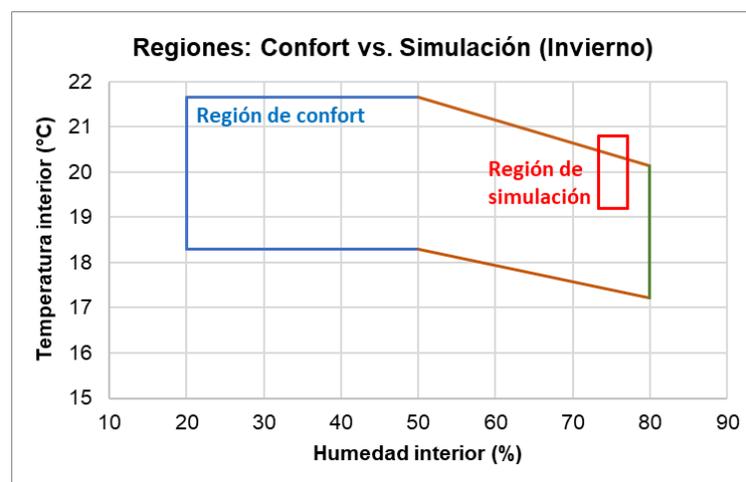


Figura N° 5.16. Verificación del confort - Invierno - Escenario 05

Fuente: Elaboración propia

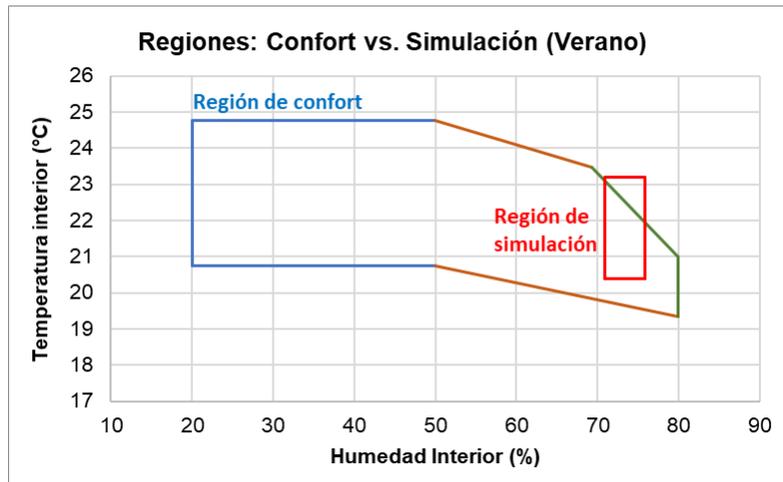


Figura N° 5.17. Verificación del confort - Verano - Escenario 06
Fuente: Elaboración propia

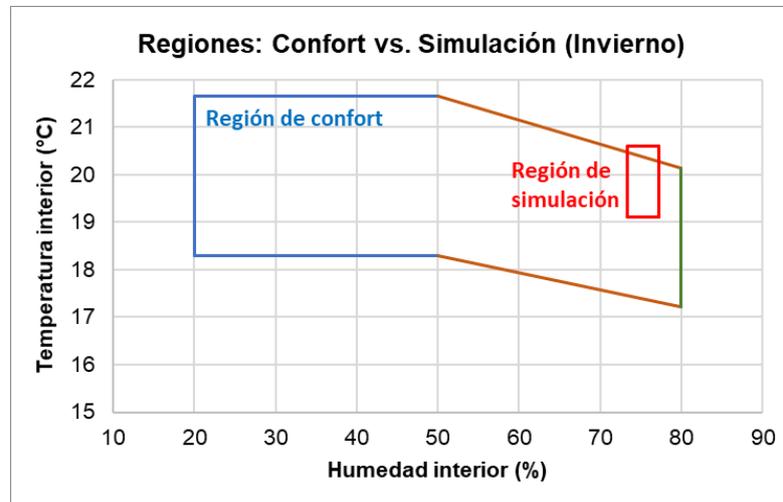


Figura N° 5.18. Verificación del confort - Invierno - Escenario 06
Fuente: Elaboración propia

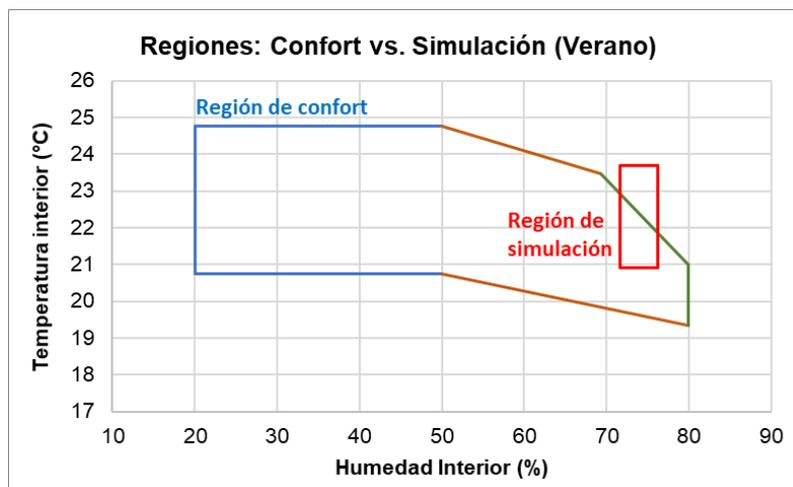


Figura N° 5.19. Verificación del confort - Verano - Escenario 07
Fuente: Elaboración propia

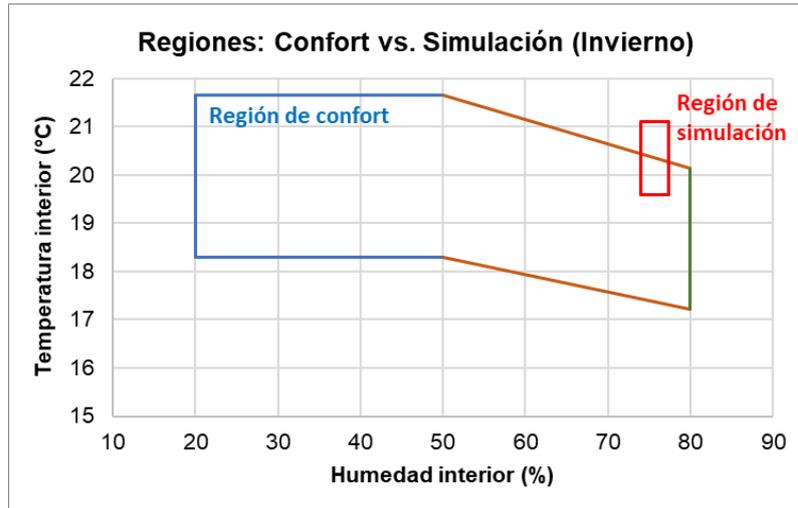


Figura N° 5.20. Verificación del confort - Invierno - Escenario 07

Fuente: Elaboración propia

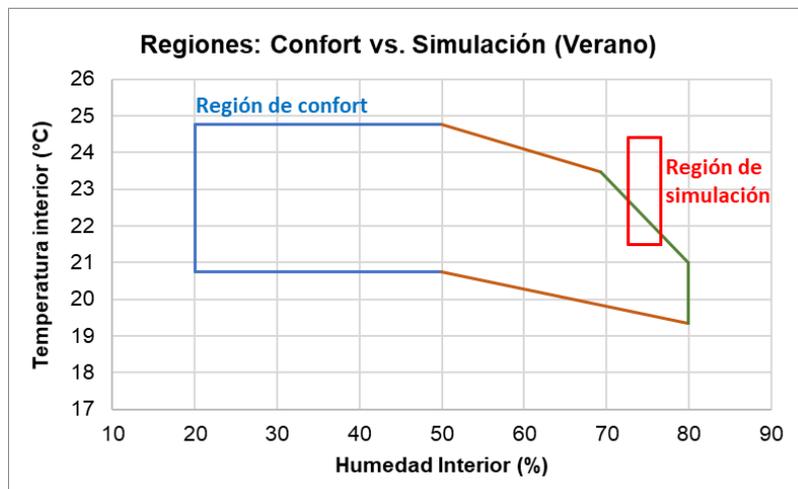


Figura N° 5.21. Verificación del confort - Verano - Escenario 08

Fuente: Elaboración propia

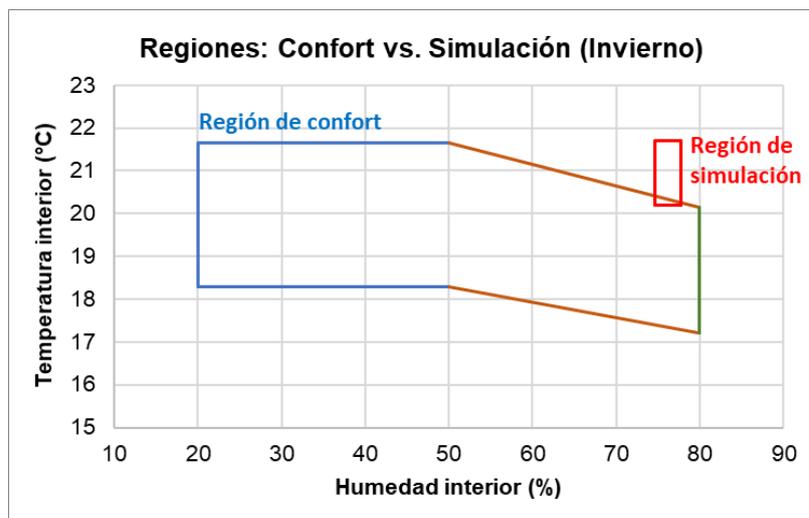


Figura N° 5.22. Verificación del confort - Invierno - Escenario 08

Fuente: Elaboración propia

Analizando las gráficas anteriores, se puede concluir los requerimientos para cumplir con las regiones de confort en cada escenario (Ver tabla N° 5.10).

Tabla N° 5.10. Requerimientos para confort en escenarios

Fuente: Elaboración propia

Escenario	Verano	Invierno
1	Aumentar la temperatura en 0.4°C	Sí se cumple el confort
2	Disminuir la temperatura en 0.6°C o la humedad en 3%	Sí se cumple el confort
3	Disminuir la humedad en 5% o la temperatura en 1.0°C	Disminuir la temperatura en 0.4°C o la humedad en 10%
4	Sí se cumple el confort	Sí se cumple el confort
5	Disminuir la temperatura entre 0.2°C a 1.4°C, o disminuir la humedad en 5%	Disminuir la temperatura entre 0.3°C a 0.6°C, o la humedad en 10%
6	Disminuir la temperatura entre 0.1°C a 1.2°C, o disminuir la humedad en 6%	Disminuir la temperatura entre 0.1°C a 0.3°C, o disminuir la humedad en 5%
7	Disminuir la temperatura entre 0.9°C a 1.8°C, o disminuir la humedad en 11%	Disminuir la temperatura entre 0.6°C a 0.9°C, o disminuir la humedad en 15%
8	Disminuir la temperatura entre 1.8°C a 2.8°C, o disminuir la humedad en 20%	Disminuir la temperatura entre 1.3°C a 1.5°C, o disminuir la humedad en 28%

Cabe recalcar que los requerimientos antes descritos se consideran modificando solo una de las variables (Temperatura o humedad), manteniendo la otra constante. Sin embargo, se puede identificar otra solución haciendo la modificación de ambas. Dependiendo del escenario de trabajo que pueda darse en el ambiente, se puede optar por cambiar de escenario (abrir y/o cerrar alguna abertura) o contar con algún método que permita obtener las modificaciones requeridas, lo cual se trabajará a continuación.

5.3. PROPUESTA PARA MEJORAR EL IAQ

Luego de identificar el cumplimiento de las regiones de confort en el edificio evaluado, reconociéndose la cantidad de incremento o reducción necesaria para los parámetros del IAQ, se analiza de forma preliminar algunas propuestas que permitan mejorar dichos resultados.

5.3.1. Sistema de Techo verde

Un techo verde es un sistema de cobertura vegetal, de forma total o parcial, que presenta distintos grosores de tierra y permite obtener beneficios ambientales. Entre otros, permite el ahorro energético, el aislamiento acústico, reducción de efectos de la isla de calor, disminución de la contaminación del aire, etc. Sin embargo, para efectos de la presente tesis, la principal ventaja es que reduce la transferencia de temperatura entre el interior y el exterior de un edificio. En épocas de verano, se reduce el calor excesivo y, durante el invierno, se minimizan las pérdidas de calor en el edificio (Ayuntamiento de Barcelona, 2015).

Para efectos de la presente tesis, no se profundizará en el diseño de los sistemas de Techos Verdes ni en el detalle de la cuantificación de sus ventajas. La finalidad solo será visualizar algunas mejoras que generan las coberturas vegetales en un edificio.

En calidad de ejemplo, se emplea la primera muestra de edificio (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI). En esta, se colocó una cobertura de grass, la cual es separada del material del modelo a escala mediante una lámina plástica, para evitarse el contacto directo con la humedad (Ver figura N° 5.23).



Figura N° 5.23. Modelo a escala con cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

Luego, como caso de ejemplo, se hace la evaluación en el escenario de trabajo con valores más críticos en las condiciones de temperatura, que es el escenario 8. La medición se realizó en horario diurno, durante los periodos de mayor nivel de temperatura, el detalle de la base de datos puede encontrarse en la parte final del Anexo N° 11. La comparación entre

el delta térmico producido en cada caso puede observarse en la figura N° 5.24, luego de aplicarse la regresión respectiva.

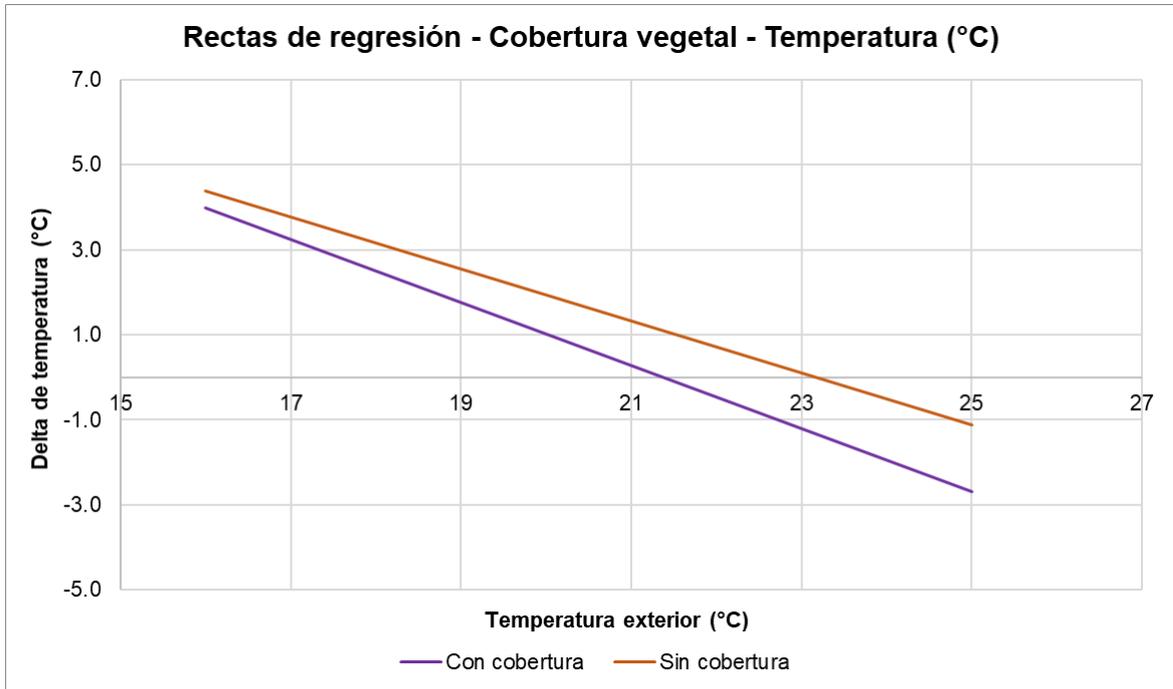


Figura N° 5.24. Comparación de delta térmico empleando cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

La información respectiva de cada recta puede observarse en la tabla N° 5.11.

Tabla N° 5.11. Rectas de regresión empleando cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

Caso	Coefficiente de correlación	a	b
Con cobertura	-0.8630	-0.7409	15.8323
Sin cobertura	-0.8376	-0.6105	14.1410

Mediante lo anterior, se puede obtener la comparativa entre las rectas de las condiciones internas respecto a las condiciones externas, en ambos casos (Ver figura N° 5.25).

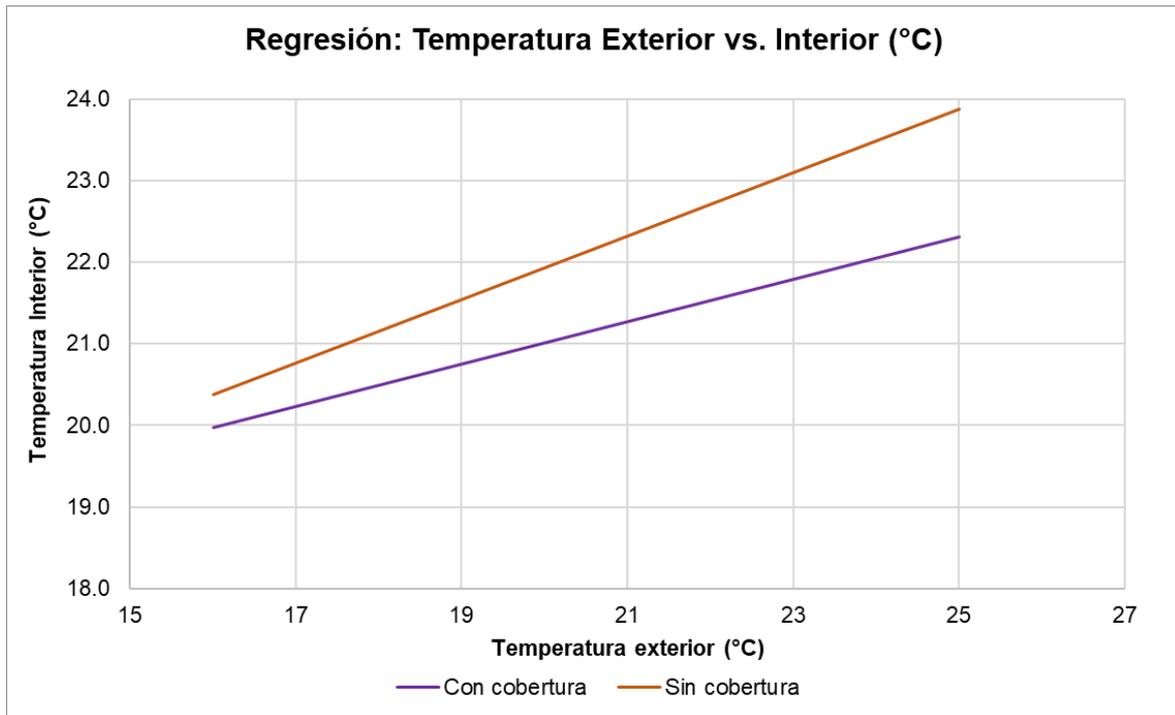


Figura N° 5.25. Condiciones internas empleando cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, las regiones de regresión comparadas con las regiones de confort, se comparan en las figuras N° 5.26 y 5.27.

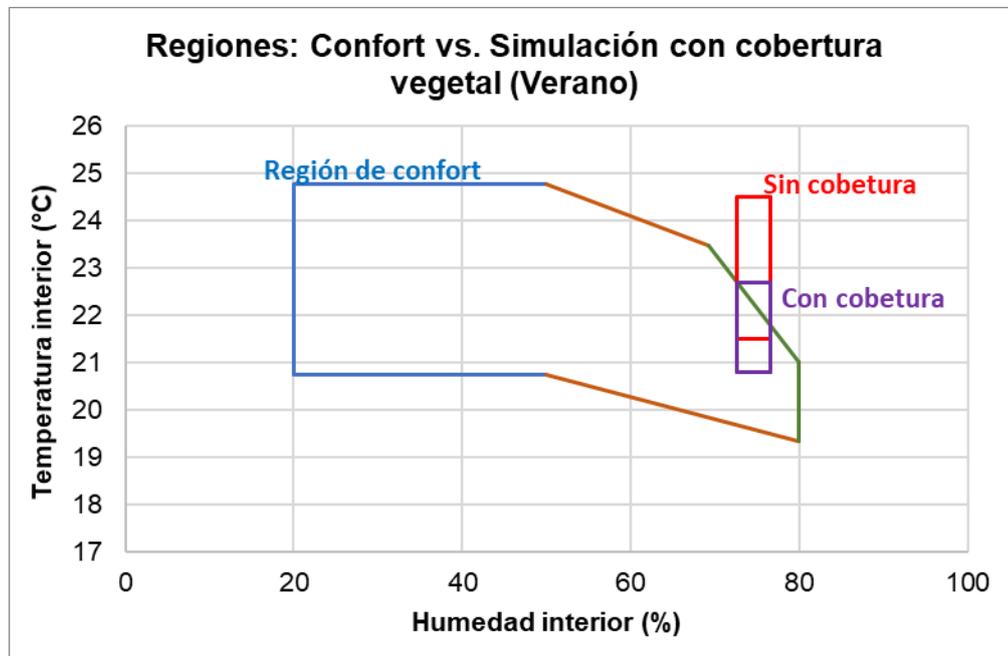


Figura N° 5.26. Región de confort respecto a región de regresión - Con cobertura - Verano

Fuente: Elaboración propia

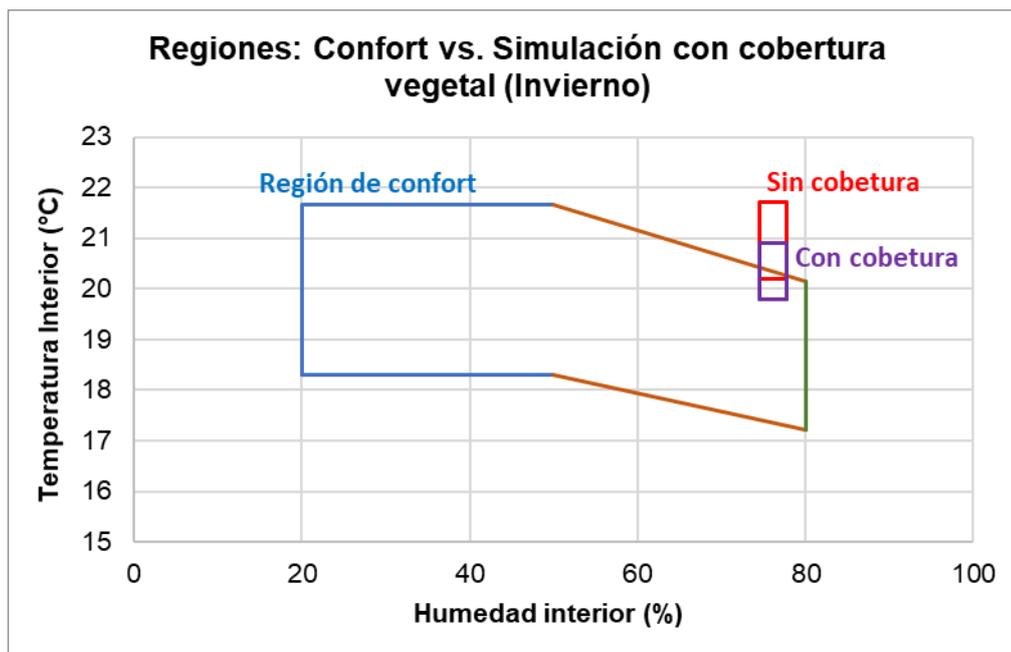


Figura N° 5.27. Región de confort respecto a región de regresión - Con cobertura - Invierno

Fuente: Elaboración propia

Tal como puede apreciarse, hay una mejora significativa en las condiciones de confort para los valores de la temperatura. El cumplimiento total podría obtenerse disminuyendo los valores de humedad en un 4% durante el verano y en un 10% durante el invierno.

Cabe recalcar nuevamente que este ha sido un análisis somero, de forma introductoria a lo que podría trabajarse en investigaciones futuras, mas no es materia de la presente tesis trabajar dicho tema al detalle.

5.3.2. Otras alternativas

Si bien los techos verdes son la una de las mejores alternativas que permitirían regular las condiciones de temperatura dentro de un edificio, es posible proponer otras para mejorar no solo este parámetro, sino también las condiciones de humedad. A continuación, se mencionan algunas de estas que, a diferencia de la anterior, no han sido investigadas a profundidad dado que no se encuentran en el alcance de la presente tesis. Sin embargo, se hace la recomendación respectiva de ahondar en su investigación en modelos a escala, posterior a la comprobación de la metodología de simulación.

5.3.2.1. Ventilación cruzada

La ventilación permite una adecuada climatización ya que, en primer lugar, el paso del viento sobre los ocupantes de un edificio provoca la sensación de enfriamiento ya que absorbe el calor por convección, acelerando la evaporación del sudor. Por otro lado, la

ventilación remueve el aire más caliente del interior, sustituyéndolo por aire más fresco del exterior (Fuentes & Rodríguez, 2008).

Para que se genere la ventilación, es necesario que exista la Ventilación Cruzada, la cual se logra únicamente cuando existen 2 aberturas. La primera de estas debe ubicarse en un lado de barlovento (bajo presión positiva del aire) por la cual entrará el viento. La segunda, debe estar en sotavento o en cualquier zona de presión negativa, ya que de lo contrario el viento no podrá salir y no existirá flujo de ventilación (Ver figura N° 5.24).

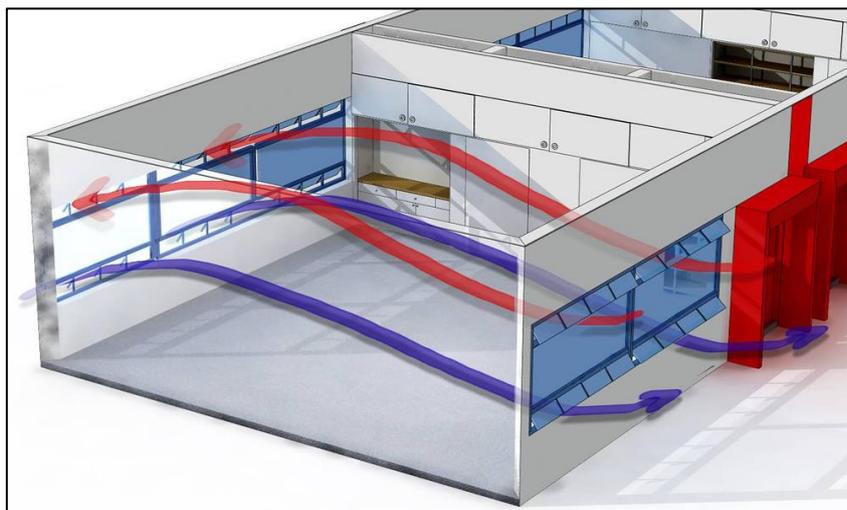


Figura N° 5.28. Ejemplo de Ventilación Cruzada

Fuente: Rojas, 2008

5.3.2.2. Deshumidificación

A diferencia del caso anterior donde la mejora se debe al diseño propio de la estructura, la deshumidificación consiste en un método mecánico a través de un equipamiento que permite controlar los niveles de humedad en el interior de un ambiente. Para ello, la forma más económica y eficaz es la deshumidificación por condensación, en la cual la extracción de la humedad se produce mediante su enfriamiento por debajo del punto de rocío (Pillai & Desai, 2018). Asimismo, dependiendo del volumen del ambiente que se desee controlar, se puede identificar la capacidad del deshumidificador a emplearse, ya que cada uno maneja cierto valor máximo de caudal de aire (Ver figura N° 5.25).



Figura N° 5.29. Ejemplo de Deshumificador
Fuente: Marca STEREN

5.3.2.3. Aire acondicionado

El aire acondicionado consiste en un sistema que puede abarcar tanto el control de la temperatura, salida de aire, eliminación de la humedad y circulación de viento. La unidad de energía con la que se caracteriza comúnmente es el BTU (British Thermal Unit), definido como la cantidad de energía necesaria para incrementar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit. Para definirse la capacidad necesaria de un sistema de Aire Acondicionado, debe tenerse en cuenta el volumen del ambiente, la cantidad y ubicación de las ventanas, la cantidad de personas en el espacio, los materiales de construcción y la presencia de equipos que generen calor.

CONCLUSIONES

- La aplicación del Teorema Pi de Buckingham, bajo parámetros que influyen en el IAQ (Ej. Resistencia térmica, velocidad del aire, etc.), junto con la aplicación de las condiciones de Similaridad, permitieron la generación de los modelos a escala reducida. Ello valida la primera hipótesis específica planteada inicialmente.
- Respecto a la metodología de simulación del IAQ, al comparar las mediciones simultáneas de la Temperatura y Humedad en las muestras de edificios, tanto en los reales y en sus respectivos modelos a escala reducida se identifica que, para los distintos escenarios de trabajo, la diferencia estadística (empleando la prueba t-Student) entre ambos modelos es menor al valor de precisión del equipo de medición (0.5°C para la temperatura y 3% para la humedad). Ello permite concluir que las diferencias son originadas por el propio equipo y se puede validar la metodología de simulación del IAQ empleando los modelos a escala reducida, lo cual permite validar la segunda hipótesis específica de la presente tesis.
- La aplicación de la Regresión Lineal Simple, junto con la base de datos dentro de los modelos a escala y la información climatológica de Lima, permiten una confiable predicción del comportamiento del IAQ en los edificios (dado los coeficientes de regresión mayores a 0.80 en todos los casos). En base a ello, es posible identificar las brechas de mejoras necesarias en los parámetros del IAQ (aumentar o disminuir la temperatura y/o humedad), para así proponer las mejoras respectivas (Ej. Techos verdes). Ello permite validar la tercera hipótesis específica de la presente tesis.
- Luego de construirse los modelos a escala reducida, pudo validarse la metodología de simulación del IAQ, identificando que las condiciones internas se correlacionaban con las condiciones externas bajo una relación lineal. Con ello, se pudo evaluar las condiciones de confort que presentaba el modelo y así estudiar posibles alternativas considerando el valor exacto de la diferencia de temperatura y/o humedad que deberá solucionarse. Ello permite validar la hipótesis general de la presente tesis.
- En el caso del análisis del techo verde en el modelo a escala reducida de la primera muestra (Aula G2 - 302 de la FIC - UNI), se identificó que generaba en el ambiente un amortiguamiento térmico entre aproximadamente 0.5°C a 1.5°C, según el escenario de trabajo en que se encuentren sus aberturas.
- Si bien el costo promedio de generar el modelo a escala 1:8 resultó ser de S/. 5.58 por m², dada las características desmontables y reutilizables de los materiales empleados, se estima una reducción de costos a S/. 3.91 por m² para el caso de generar un segundo modelo a escala 1:8. Además del ahorro monetario, el procedimiento resulta ser amigable con el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

- Respecto a la conductividad térmica de materiales, se emplearon valores presentes en normativas extranjeras. Sin embargo, es necesario que se generen tablas propias del país, con el fin de poder presentar valores con mayor exactitud.
- Se recomienda implementar el proceso de generación de modelos a escala reducida para la simulación de la calidad interior como un servicio hacia terceros, con el objetivo de que las personas interesadas puedan conocer el comportamiento bioclimático de su diseño previo a su construcción, identificando las deficiencias que puedan presentarse e implementándose las mejoras necesarias.
- Por otro lado, si bien la presente tesis tiene como alcance la simulación de edificios de vivienda en Lima, se recomienda continuar con la investigación en otro tipo de estructuras (oficinas, colegios, etc.), en distintas provincias del país (ya que se reconocen climas muy variados a lo largo de todo el territorio nacional), y con diversos materiales de construcción (Ej. Adobe o madera).
- Luego de la validación del método de simulación del IAQ, se debe ahondar en el análisis de las propuestas de mejora, experimentándose con los modelos a escala reducida. Por ejemplo, en el caso del sistema de techos verdes, experimentar distintas especies vegetales, la ubicación en planta de la cubierta vegetal, la influencia de su ubicación de forma vertical, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alcolea Javier, 2012, "Historia del tiempo. Del tiempo solar verdadero al tiempo atómico", Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, Madrid, España.
- [2] Al-Shemmeri Tarik, 2010, "Engineering Thermodynamics", ISBN 978-87-7681-670-4, U.K.
- [3] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc., 2001, "ASHRAE Handbook", Georgia, U.S.
- [4] Arapa Jigoro, 2016, "Análisis y diseño comparativo de concreto celular usando espuma de poliestireno y agente espumante", para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Juliaca, Perú.
- [5] Ayuntamiento de Barcelona, 2015, "Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes", Área de Ecología Urbana, Barcelona, España.
- [6] Barozzi Giovanni, Imbabi Mohammed, Erico Nobile, 2015, "Bio-climatic building design: small-scale modelling and CFD working together", Instituto di Fisica Tecnica, Università di Trieste, Trieste, Italia.
- [7] Becerra Luis, Guardado María, 2001, "Estimación de la Incertidumbre en la Determinación de la Densidad del Aire", Centro Nacional de Meteorología, Querétaro, México.
- [8] Bernal Miguel, 2015, "Teorema PI - Construyendo ciencia en el aula", Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.
- [9] Cámara Peruana de la Construcción, 2018, "Mercado de Edificaciones Urbanas en Lima Metropolitana", Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, Perú.
- [10] Caron, F., Guichard, R., Robert, L., Verrielle, M. & Thevenet, F., 2020, "Behaviour of individual VOCs in indoor environments: How ventilation affects emission from materials", Atmospheric Environment, vol. 243, pp. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117713>.
- [11] Cascales Monreal Matilde, 2009, "Determinación del síndrome del edificio enfermo", Revista digital de salud y seguridad en el trabajo, Hospital Universitario Virgen Macarena, Sevilla, España.
- [12] Castilla M., Álvarez J.D., Berenguel M., 2010, "Técnicas del Control del Confort en Edificios", Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Volumen 7, Número 3, Almería, España.
- [13] Çengel Yunus, Ghajar Afshin, 2011, "Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications", Mc Graw Hill, Fifth Edition, New York, U.S.
- [14] Christensen Ronald, 2000, "Analysis of Variance, Design, and Regression: Applied Statistical Methods", Department of Mathematics and Statistics, University of New Mexico, Mexico.

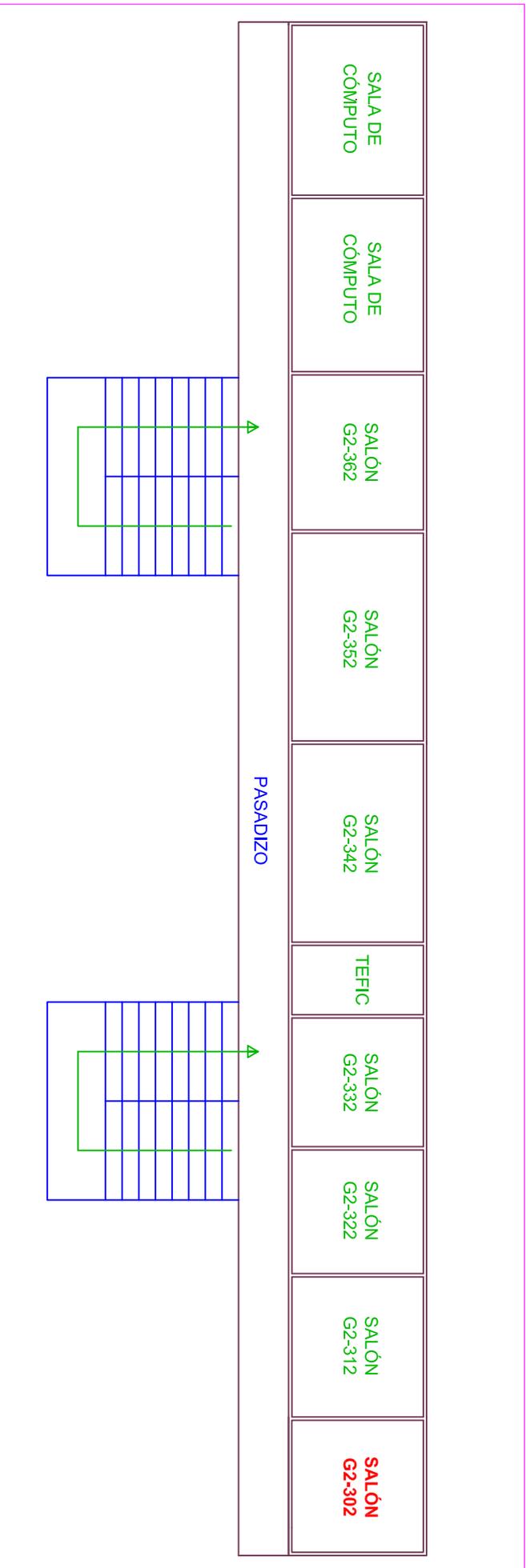
- [15] Coladarci Theodore & Cobb Casey D., 2013, "Fundamentals of Statistical Reasoning in Education", Wiley, 4th edition, USA.
- [16] Dannemiller, K. C., Weschler, C. J. & Peccia, J., 2016, "Fungal and bacterial growth in floor dust at elevated relative humidity levels", *Indoor Air*, vol. 27, n° 2, pp. 354-363. <https://doi.org/10.1111/ina.12313>.
- [17] Fisk William, 2007, "Providing better indoor environmental quality brings economic benefits", Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, California, USA.
- [18] Flores De los Santos Roberto Ángel, 2002, "Diagnóstico preliminar de la vulnerabilidad sísmica de las autoconstrucciones en Lima", Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- [19] Fuentes F. Víctor & Rodríguez V. Manuel, 2004, "Ventilación Natural: Cálculos básicos para arquitectura", Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México, México.
- [20] Fu, X., Norbäck, D., Yuan, Q., Li, Y., Zhu, X., Hashim, J.H., Hashim, Z., Ali, F., Hu, Q., Deng, Y. & Sun, Y., 2021, "Association between indoor microbiome exposure and sick building syndrome (SBS) in junior high schools of Johor Bahru, Malaysia", *Science of The Total Environment*, vol. 753, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141904>.
- [21] García Palacios, Jaime, 2013, "Apuntes de Modelos Hidráulicos", Universidad Politécnica de Madrid, España.
- [22] Goodman, N. B., Wheeler, A. J., Paevere, P. J., Selleck, P. W., Cheng, M. & Steinemann, A., 2018, "Indoor volatile organic compounds at an Australian university", *Building and Environment*, vol. 135, pp. 344-351. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.035>.
- [23] Guyer J. 2009, "Introduction to Air Conditioning Systems", Continuing Education and Development Inc., New York, USA.
- [24] Hagan Martin T., Demuth Howard B., Beale Mark Hudson, De Jesús Orlando, 2012, "Neural Network Design", 2nd edition, USA.
- [25] Harb, P., Locoge, N. & Thevenet, F., 2018, "Emissions and treatment of VOCs emitted from wood-based construction materials: Impact on indoor air quality", *Chemical Engineering Journal*, vol. 354, pp. 641-652. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.085>.
- [26] Henríquez Mauricio, Palma Patricio, 2011, "Control Automático de Condiciones Ambientales en Domótica usando Redes Neuronales Artificiales", Universidad Austral de Chile, Escuela de Ingeniería en Computación, Puerto Montt, Chile.
- [27] Hernández Sampieri, Roberto, 2014, "Metodología de la Investigación", Ed. Mc Graw Hill Education, 6ta edición, México.
- [28] Huguez Ifan G., Hase Thomas P., 2010, "Measurements and their uncertainties: A practical guide to modern error analysis", University of Oxford, New York, USA.

- [29] Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018, "Perú: Perfil sociodemográfico – Informe Nacional Censos Nacionales 2017", INEI, Lima, Perú.
- [30] Khabari A., Zenouzi M., O'Connor T., Rodas A., 2014, "Natural and Forced Convective Heat Transfer Analysis of Nanostructured Surface", Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol. I, London, U.K.
- [31] Macías Byron, 2013, "Desarrollo de Programa para Cálculo de Cargas Térmicas en Edificaciones", Proyecto para optar el título de Magister en Ingeniería, énfasis en Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- [32] Martínez Isidoro, 1992, "Termodinámica básica y aplicada", Editorial DOSSAT, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid España.
- [33] Menghi, R., Ceccacci, S., Papetti, A., Marconi, M. & Germani, M., 2018, "A method to estimate the total VOC emission of furniture products", Procedia Manufacturing, vol. 21, pp. 486-493. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.148>.
- [34] Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Electrificación Rural, Dirección de Fondos Concursables, 2008, "Atlas Eólico del Perú", Lima, Perú.
- [35] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Decreto Supremo N° 003, 2016, "Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente", Lima, Perú.
- [36] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Resolución Ministerial N° 011, 2006, "Norma técnica E.070 Albañilería", Lima, Perú.
- [37] Monti G.S., Mateu-Figueras G., Ortego M. I., Pawlowsky-Glahn V. & Egozcue J. J., 2017, "Modified Kolmogorov-Smirnov Test of Goodness of Fit", University of Milano-Bicocca, Italy.
- [38] Norma Argentina IRAM 11601, 2002, "Aislamiento térmico de edificios: Métodos de cálculo", Argentina.
- [39] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2012, "Educación para el Desarrollo Sostenible – Libro de consulta", Sector Educación de la UNESCO, París, Francia.
- [40] Paulino Jean, Espino Ronald, 2017, "Análisis comparativo de la utilización del concreto simple y el concreto liviano con perlitas de poliestireno como aislante térmico y acústico aplicado a unidades de albañilería en el Perú", Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- [41] Peña G., Peña J., Gómez M., 2014, "Determinación Experimental de la Conductividad Térmica Efectiva en Bloques Extinguidos de Arcilla Roja", Revista de Ciencia en Desarrollo, Vol. 5, No. 1, Cúcuta, Colombia.
- [42] Pillai Jagan & Desai Rushil, 2018, "Dehumidification strategies and their applicability based on climate and building typology", Atelier Ten, New York, USA.

- [43] Pitarma Rui, Ramos João, Graça M., 2003, "Computational and Experimental Reduced-Scale Modelling of Air-Conditioned Rooms", Eight International IBPSA Conference, Eindhoven, Netherlands.
- [44] Pratama Jouvan, 2015. "Effects of indoor air quality on the occupant's health and productivity in an office building", master's thesis, University Tun Hussein Onn Malaysia. Institutional repository. <http://eprints.uthm.edu.my/id/eprint/7022>.
- [45] Preethi Prakash, 2005, "Effect of indoor environmental quality on occupant's perception of performance: A comparative study", thesis presented to the graduate school of the university of Florida, degree of master of interior design, University of Florida, Florida, USA.
- [46] Real Decreto 2429/79, 1979, "Norma NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios", Madrid, España.
- [47] República del Perú, Ministerio de Defensa, Marina de Guerra del Perú, Dirección de Hidrografía y Navegación, 2013, "Normas Técnicas Hidrográficas N° 43. Oceanografía: Manual de Procedimientos para el estudio de mareas", 1ra edición, Lima, Perú.
- [48] Rojas Jaime A., 2008, "Remodelación de Colegios Moisés Mussa y República Argentina: Espacios educativos ciudad de Rancagua", Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- [49] Sun, C., Zhang, J., Guo, Y., Fu, Q., Liu, W., Pan, J., Huang, Y., Zou, Z. & Huang, C., 2018, "Outdoor air pollution in relation to sick building syndrome (SBS) symptoms among residents in Shanghai, China", *Energy and Buildings*, vol. 174, pp. 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.005>.
- [50] TECHMO, Construction Products, 2017, "Ficha Técnica: Perlas de Poliestireno", Madrid, España.
- [51] Thach, T.-Q., Mahirah, D., Dunleavy, G., Nazeha, N., Zhang, Y., Tan, C. E. H., Roberts, A. C., Christopoulos, G., Soh, C.-K. & Car, J., 2019, "Prevalence of sick building syndrome and its association with perceived indoor environmental quality in an Asian multi-ethnic working population", *Building and Environment*, vol. 166, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106420>.
- [52] Torresin, S., Pernigotto, G., Cappelletti, F., & Gasparella, A., 2018, "Combined effects of environmental factors on human perception and objective performance: A review of experimental laboratory works", *Indoor Air*, vol. 28, n°4, pp. 525–538. <https://doi.org/10.1111/ina.12457>.
- [53] TSI Incorporated, 2013, "Indoor Air Quality Handbook: A practical guide to indoor air quality investigations", Minnesota, U.S.
- [54] U.S. Department of Commerce, 1995, "Tables of Thermal Properties of Gases", National Bureau of Standards, Circular 564, Washington, U.S.

- [55] U.S. Green Building Council, 2009, "LEED AP Building Design and Construction Study Guide", Washington DC, EEUU.
- [56] Unión Andina de Cementos, 2013, "Manual de Construcción", Lima, Perú.
- [57] Vornanen-Winqvist, C., Järvi, K., Andersson, M. A., Duchaine, C., Létourneau, V., Kedves, O., Kredics, L., Mikkola, R., Kurnitski, J. & Salonen, H., 2020, "Exposure to indoor air contaminants in school buildings with and without reported indoor air quality problems", *Environment International*, vol. 41, pp. 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105781>.
- [58] Wieser Rey Martín, 2006, "Las Teatinas de Lima. Análisis energético – ambiental y perspectivas de uso contemporáneo", Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior D'Arquitectura de Barcelona, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Barcelona, España.
- [59] Zou, Tuncali & Silverman, 2003, "Correlation and Simple Linear Regression", Harvard Medical School, Boston, USA.

ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN DEL AULA G2-302



PRIMERA MUESTRA DE EDIFICIO - AULA G2 302
 3er PISO - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
 "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:
 Primera muestra

Plano:
 Croquis de ubicación - Aula G2 302

Nombre:
 Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

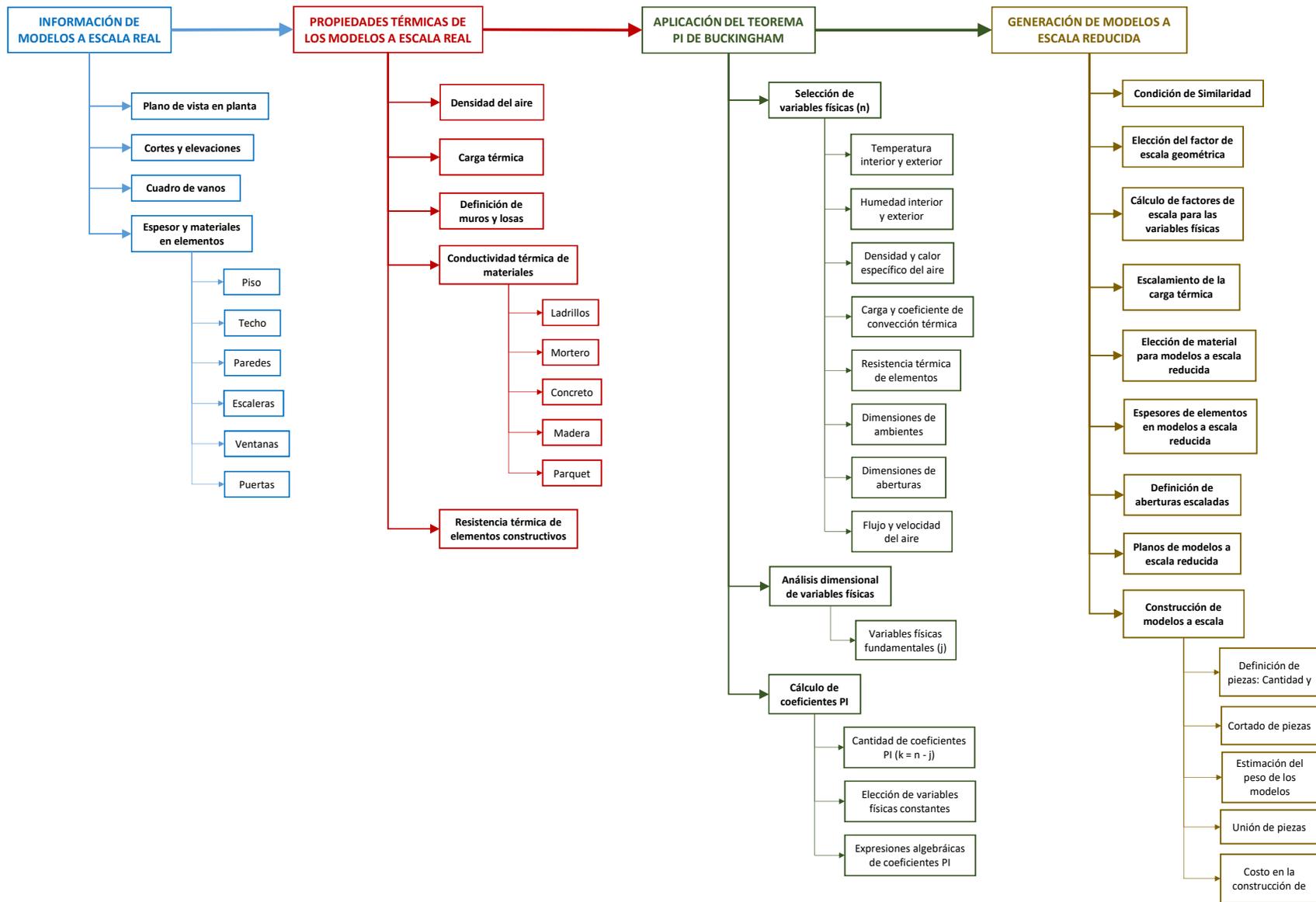
Escala:
 Sin escala

Lámina:

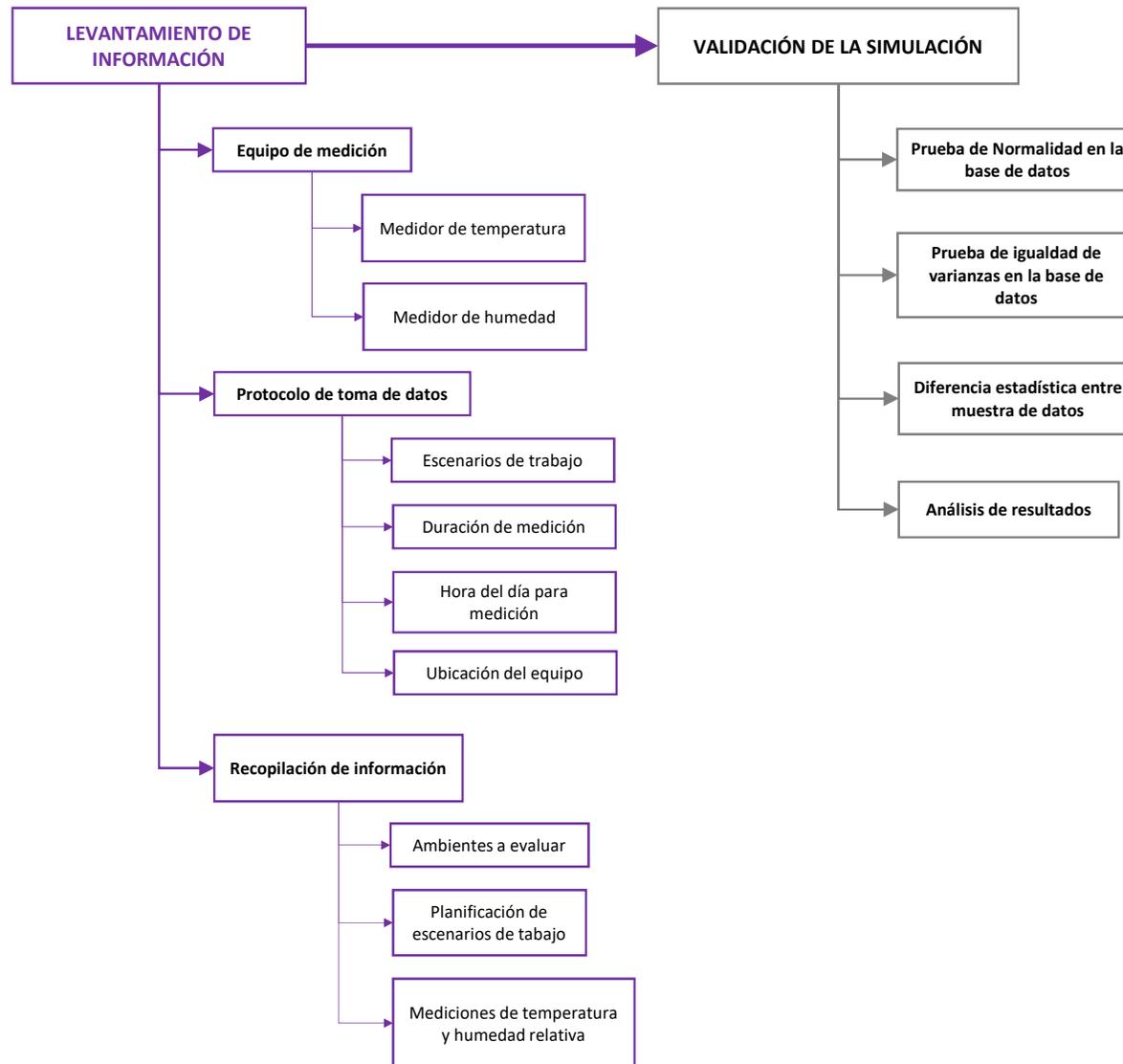
01

ANEXO 02: FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

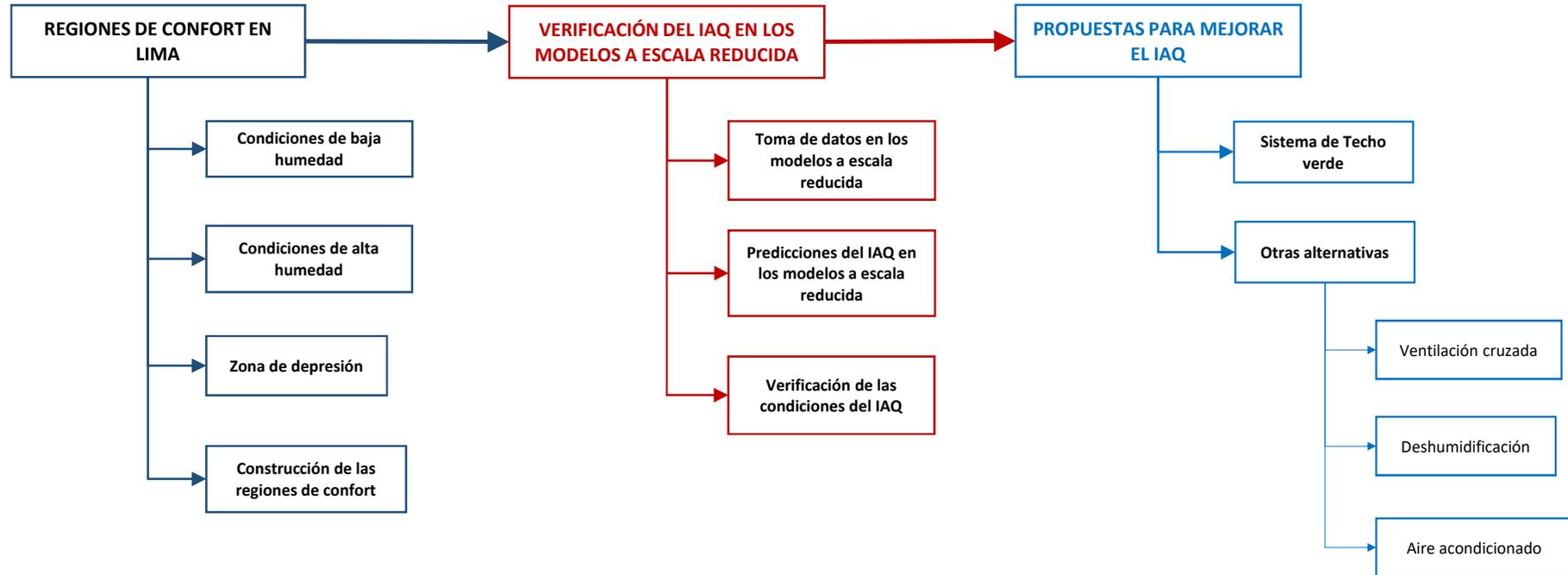
CAPÍTULO III. CONSTRUCCIÓN DE MODELOS A ESCALA REDUCIDA



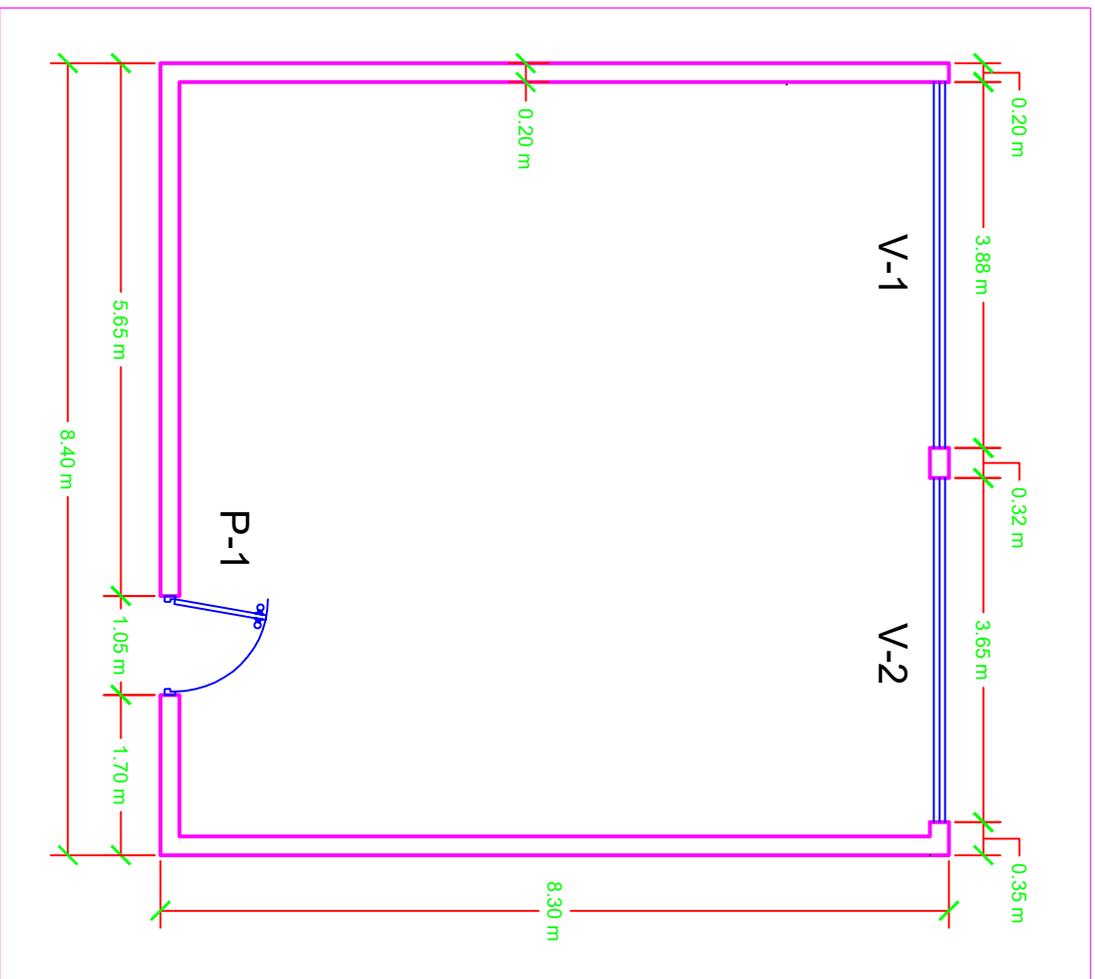
CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN



CAPÍTULO V: APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN DEL IAQ



ANEXO 03: INFORMACIÓN DEL MODELO A ESCALA REAL - PRIMERA MUESTRA



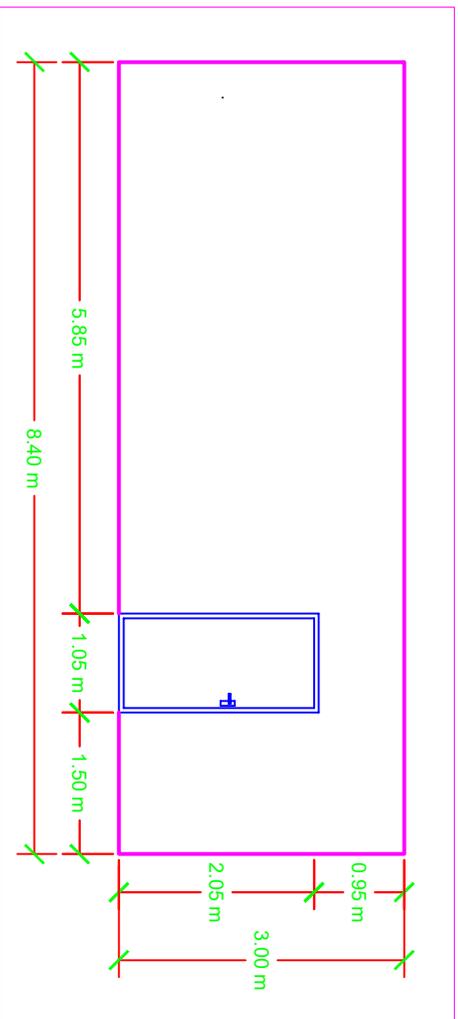
PRIMERA MUESTRA DE EDIFICIO - AULA G2 302
VISTA EN PLANTA



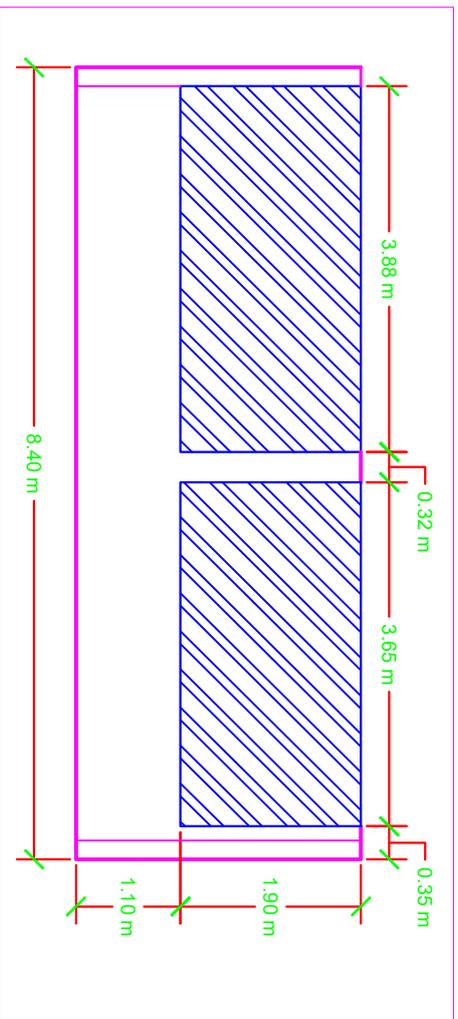
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Primera muestra	Plano:	Vista en planta - Aula G2 302	Lámina:	01
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza		Escala:	1:80	



PRIMERA MUESTRA DE EDIFICIO - AULA G2 302
ELEVACIÓN DE LA ENTRADA



PRIMERA MUESTRA DE EDIFICIO - AULA G2 302
ELEVACIÓN DE LAS VENTANAS

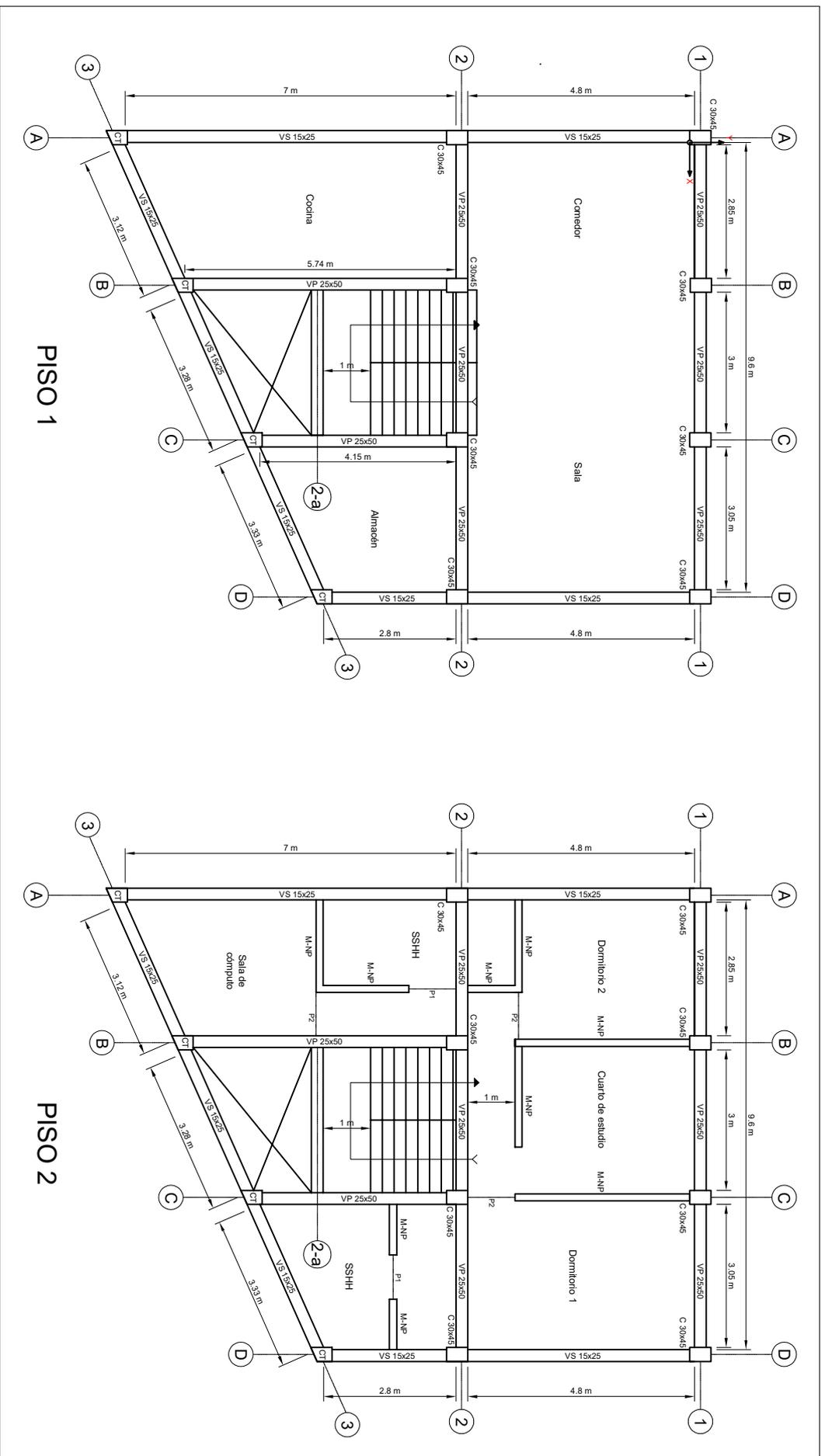


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Primera muestra	Plano:	Vistas frontales del - Aula G2 302	Lámina:	02
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza		Escala:	1:80	

ANEXO 04: INFORMACIÓN DEL MODELO A ESCALA REAL - SEGUNDA MUESTRA



Plantas de la Segunda Muestra
Escala: 1/1125



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

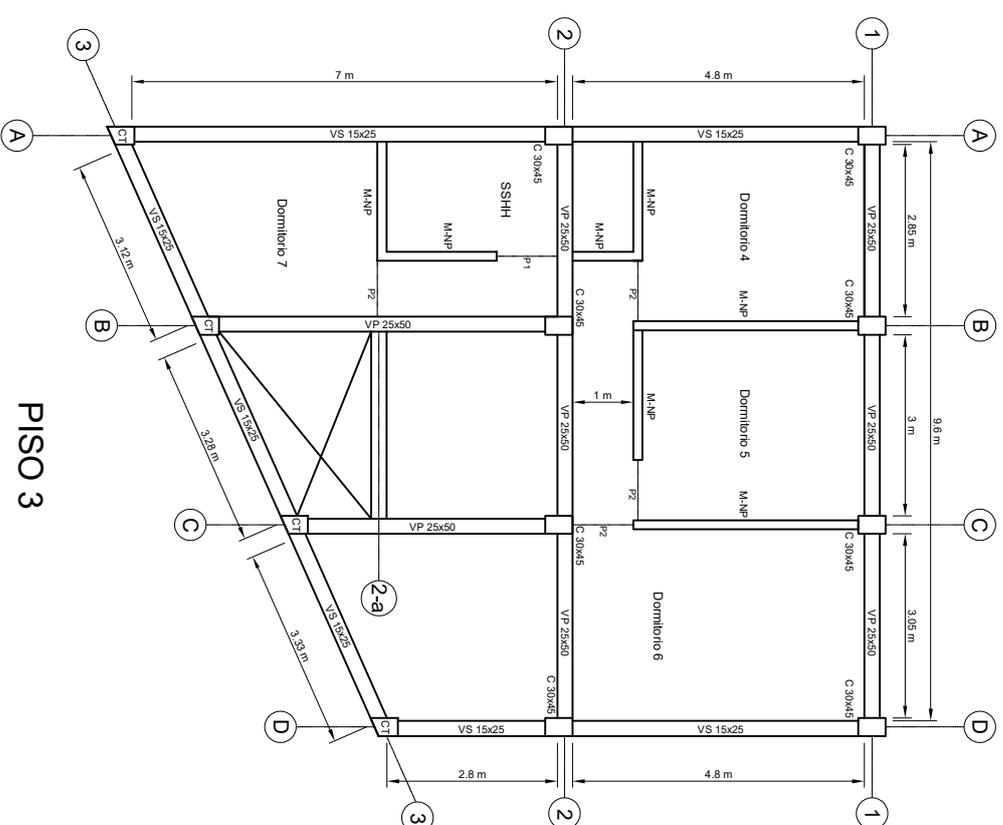
Plano: Plantas de la 2da muestra

Edificio: Segunda muestra

Ubicación: Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

Lámina: **01**

Planta de la segunda muestra
Escala: 1/125



PISO 3

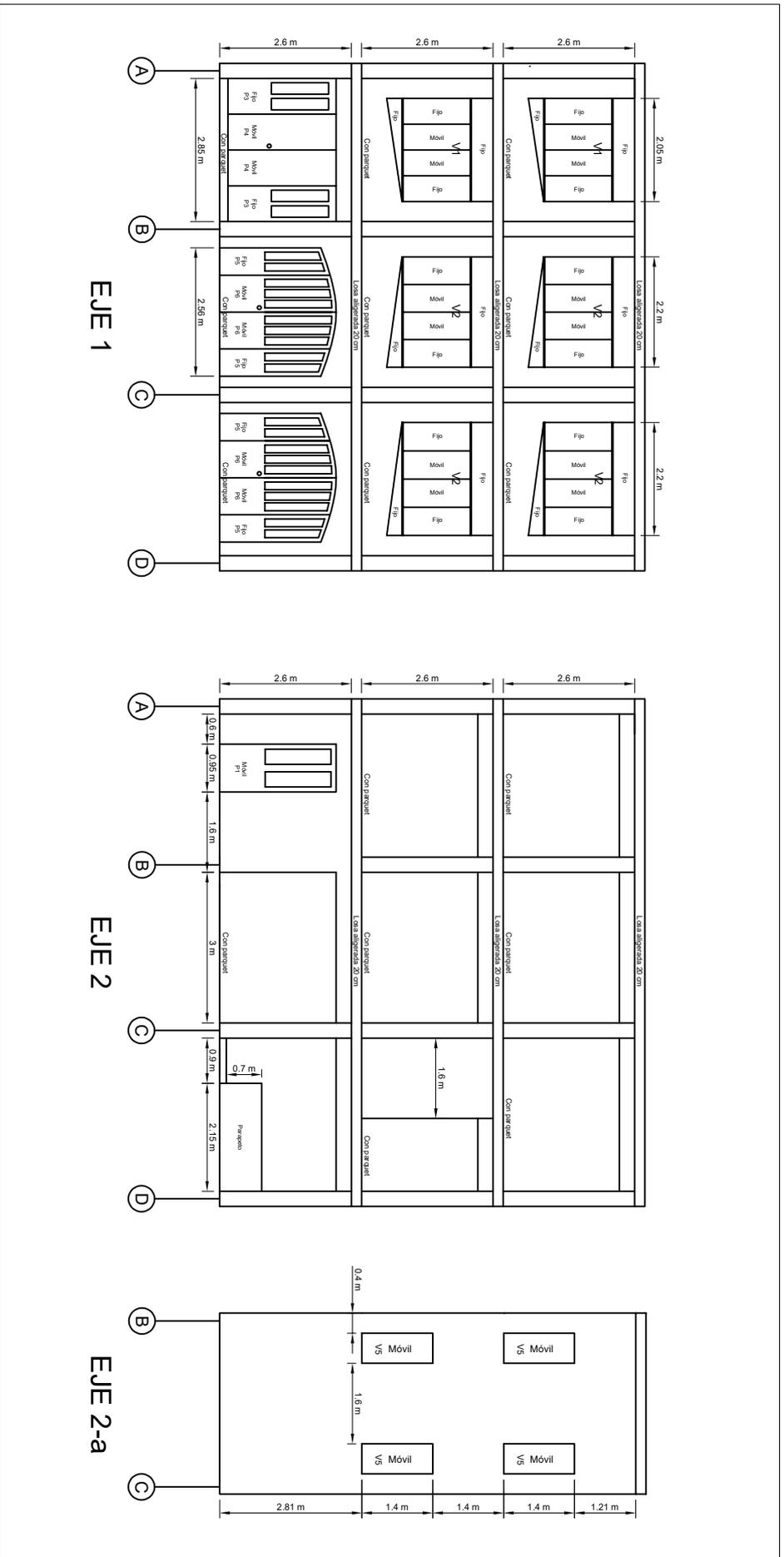


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Nombre: Inq. Marck Steewar Regalado Espinoza
Plano: Plantas de la 2da muestra
Edificio: Segunda muestra
Ubicación: Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

Lámina:
02



Elevaciones de la segunda muestra
Escala: 1/125



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

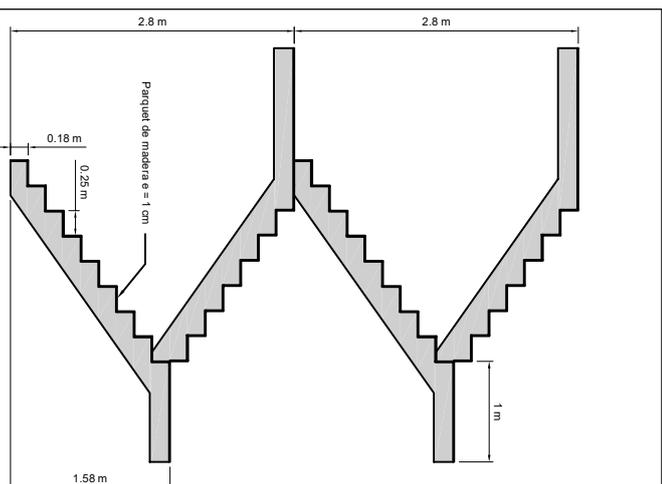
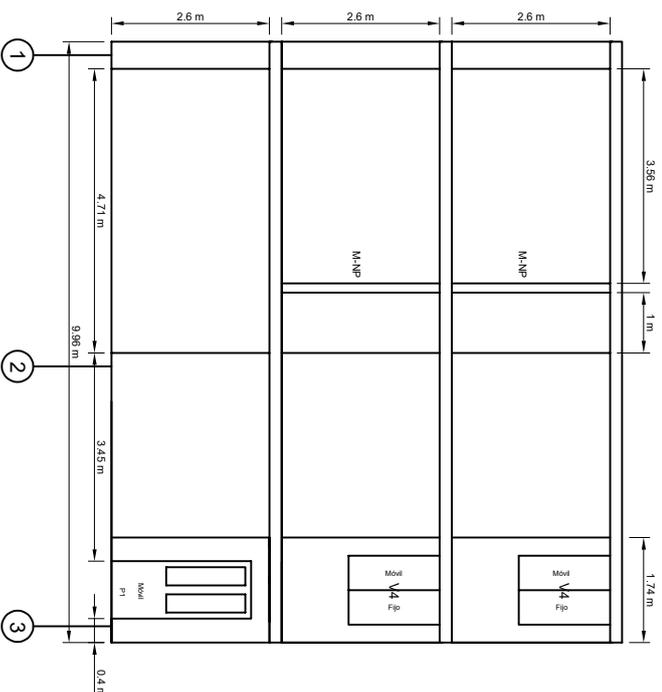
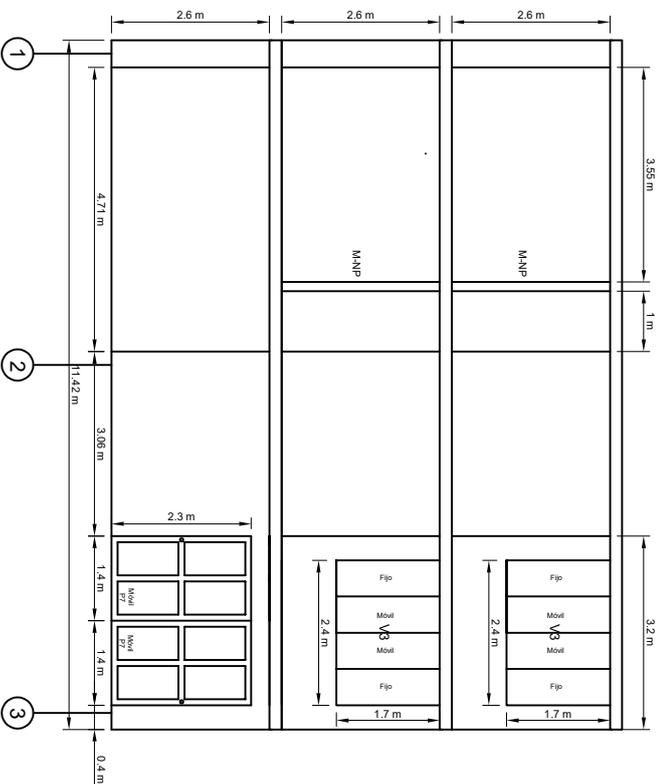
Nombre:
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Edificio:
Segunda muestra

Ubicación:
Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

Plano:
Elevaciones de la 2da muestra

Lámina:
03



Elevación de escalera
Escala: 1/75

Elevaciones de la segunda muestra
Escala: 1/125



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN
LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Nombre:
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

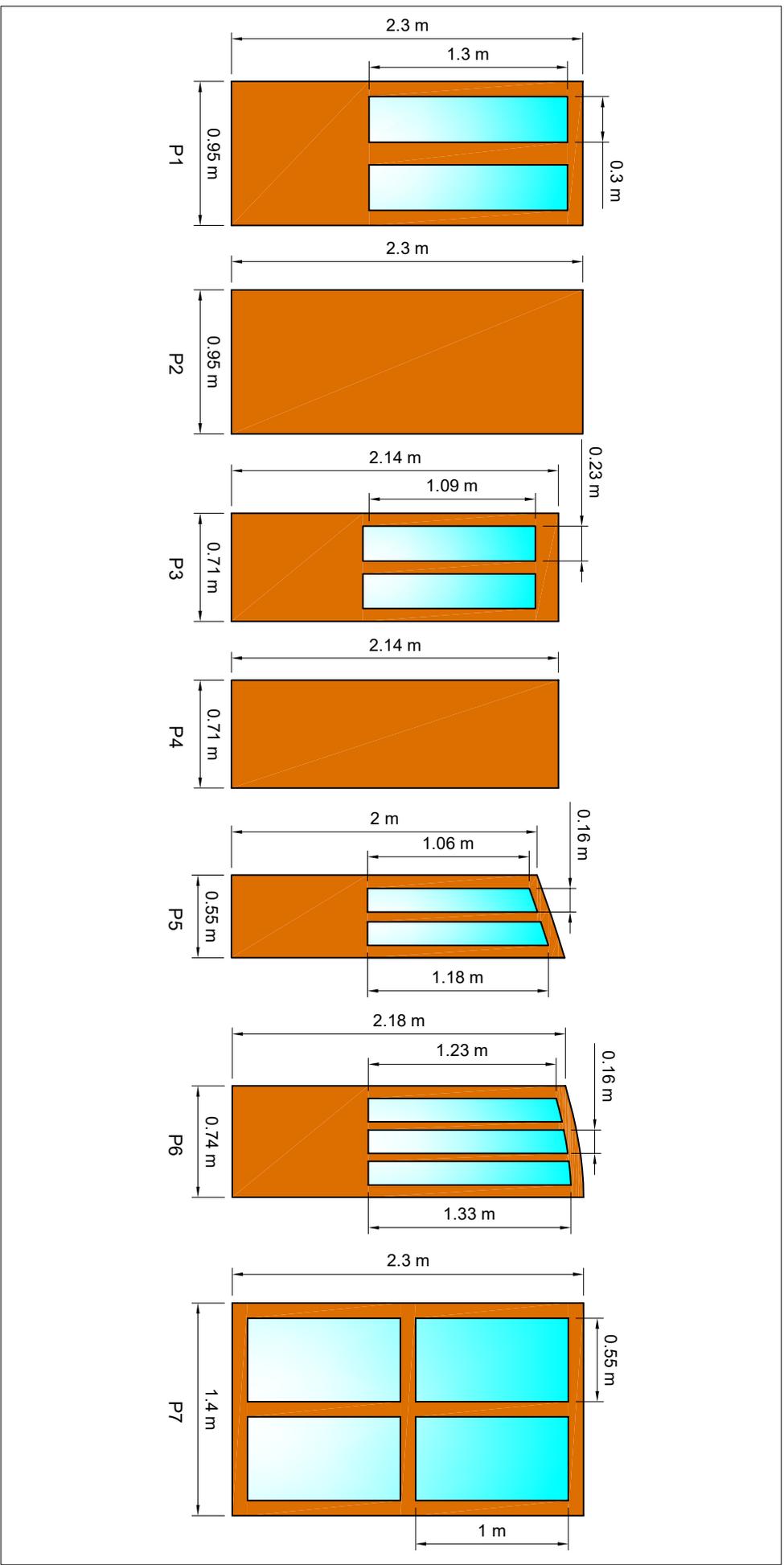
Plano:
Elevaciones de la 2da muestra

Lámina:

Edificio:
Segunda muestra

Ubicación:
Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

04



Detalles de puertas
 Vidrio de 6 mm
 Escala: 1/40



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
 "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

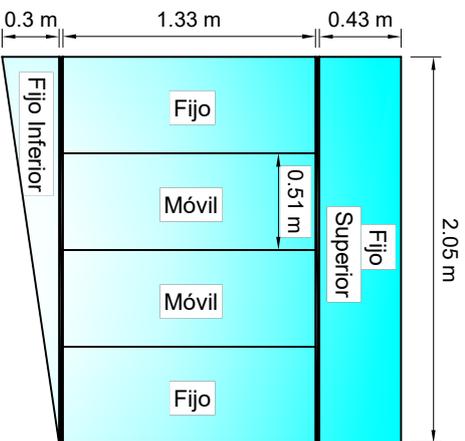
Nombre: Inq. Marck Steewar Regalado Espinoza

Plano: Detalles de puertas

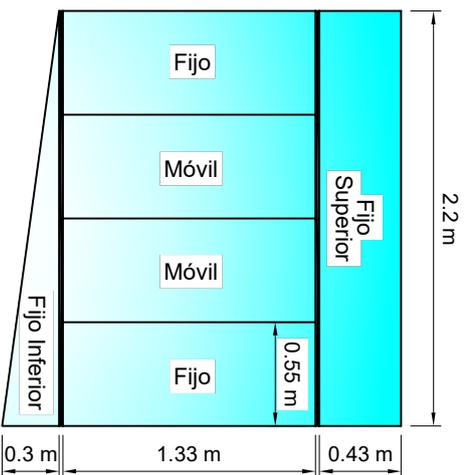
Edificio: Segunda muestra

Ubicación: Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

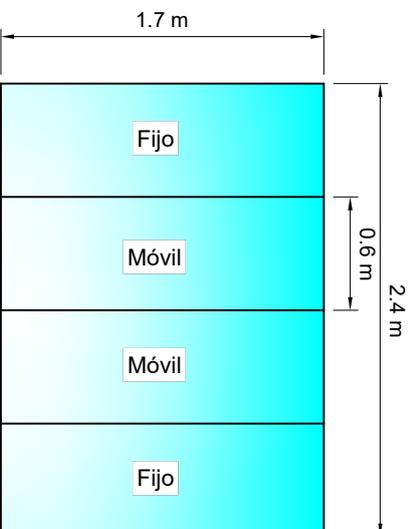
Lámina:
05



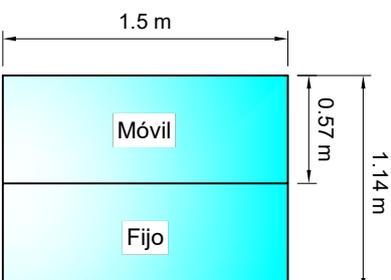
V1



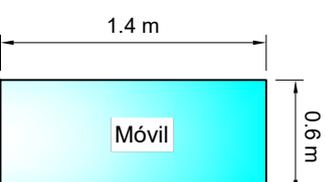
V2



V3



V4



V5

Detalles de ventanas

Vidrio de 8 mm

Escala: 1/40



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Nombre:
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Plano:
Detalles de ventanas

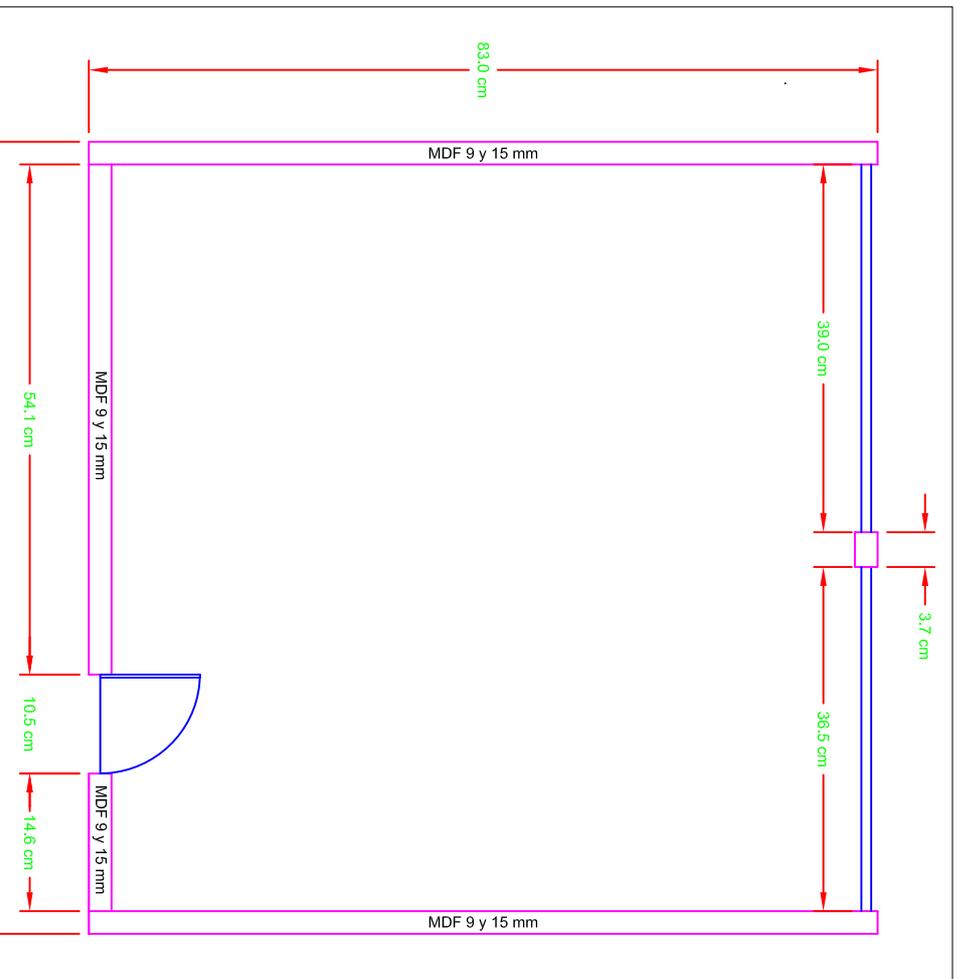
Edificio:
Segunda muestra

Ubicación:
Jr. Horacio Urteaga, Jesús María

Lámina:

06

ANEXO 05: INFORMACIÓN DEL MODELO A ESCALA REDUCIDA - PRIMERA MUESTRA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:

"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:

Primera muestra

Plano:

Vista en planta - Aula G2 302

Nombre:

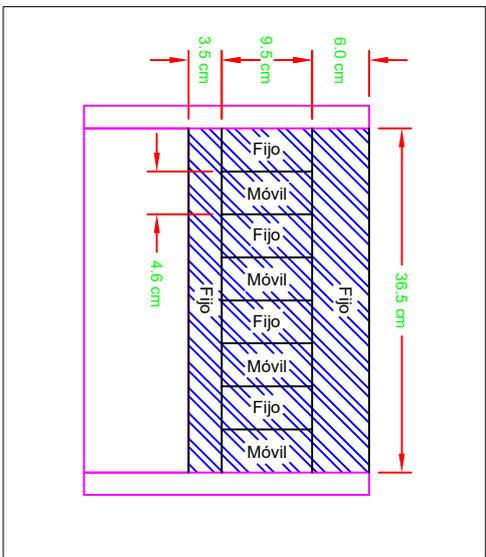
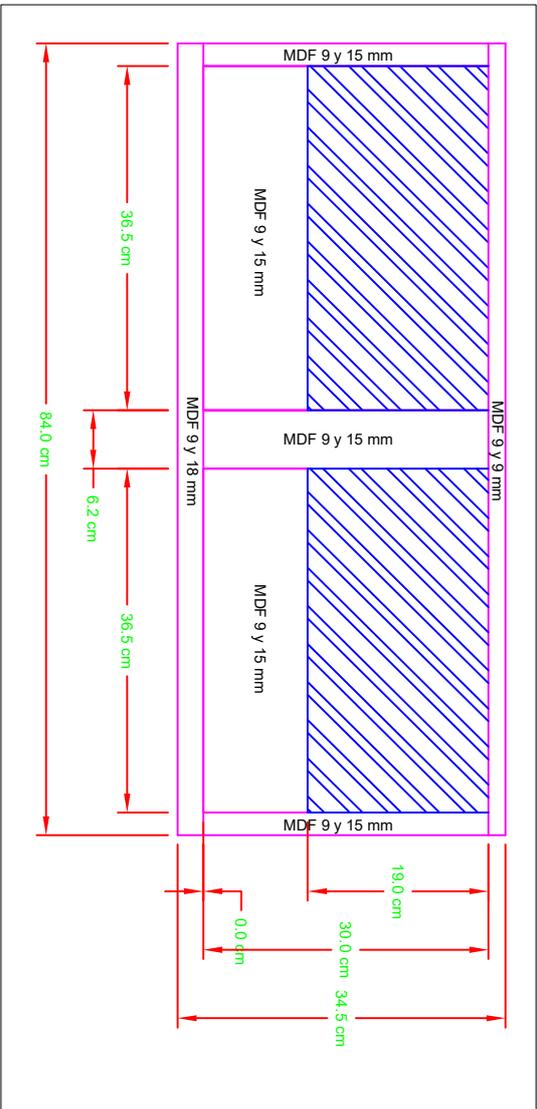
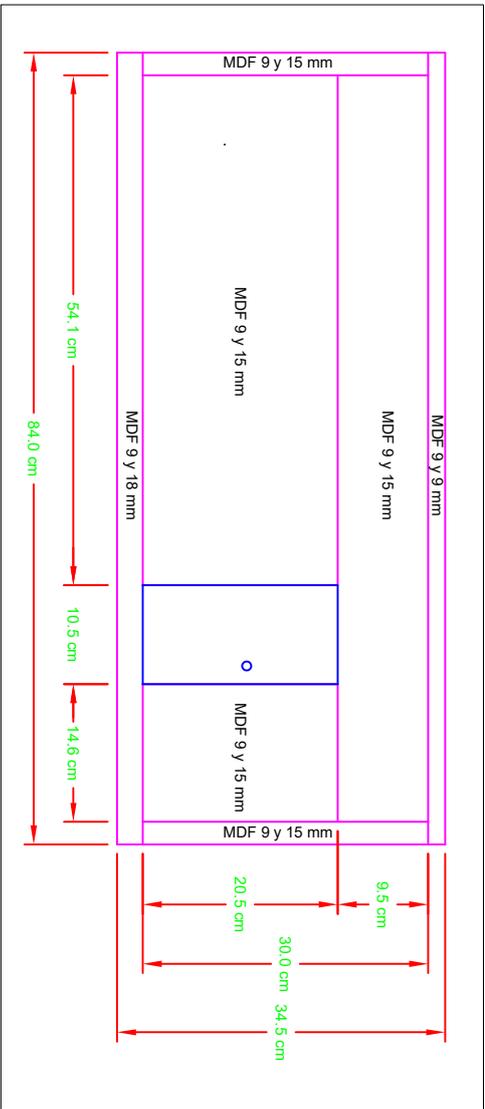
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Escala:

1:8

Lámina:

01



Detalle de ventanas

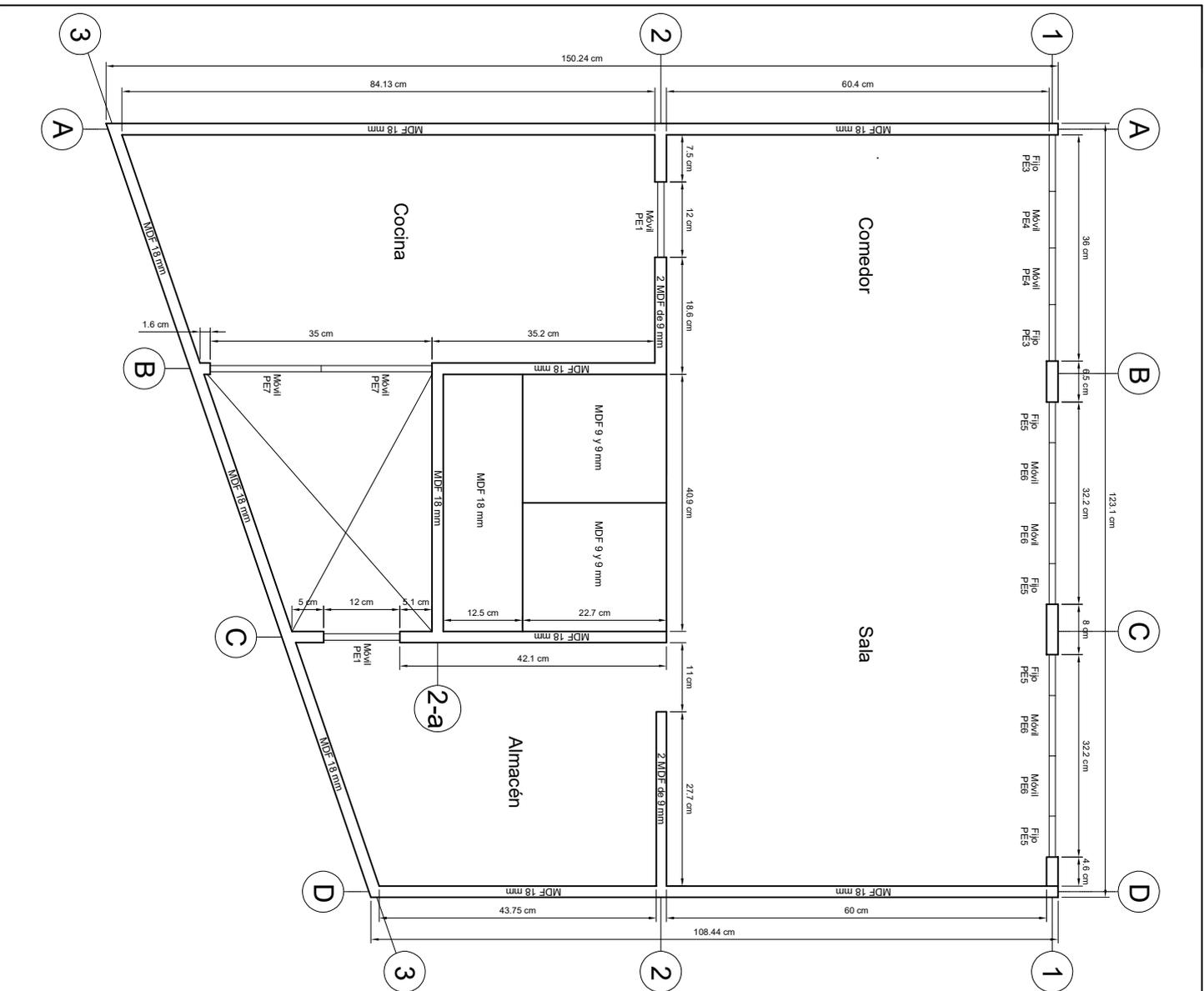


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Primera muestra	Plano:	Vistas frontales - Aula G2 302	Lámina:	02
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza		Escala:	1:8	

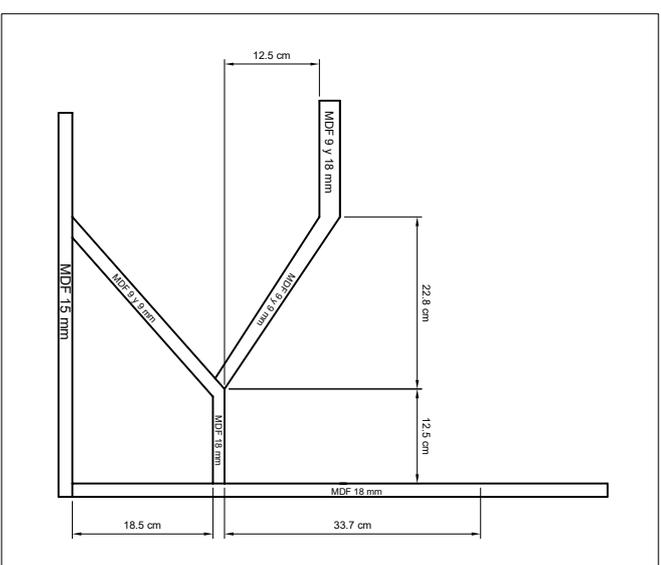
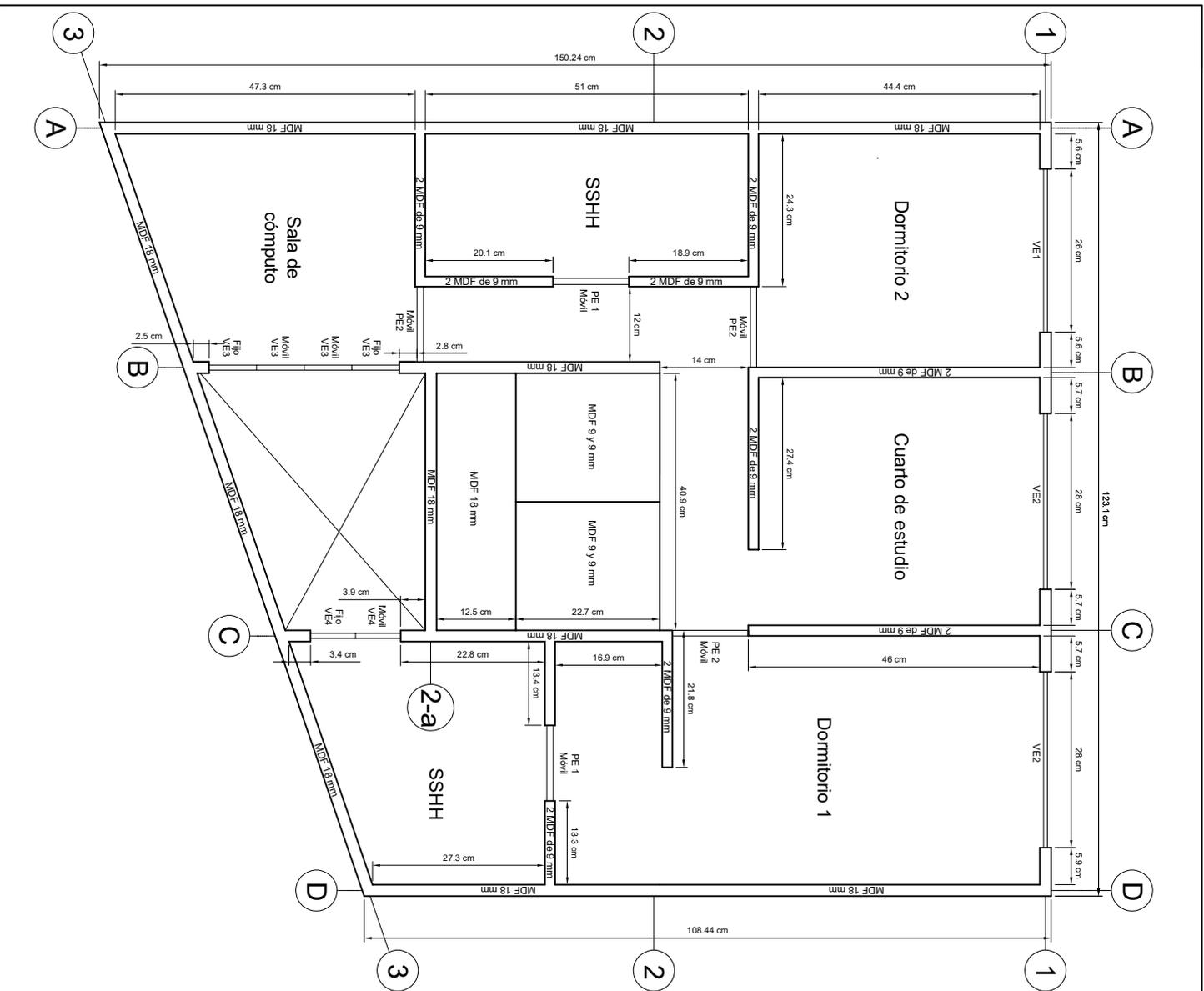
ANEXO 06: INFORMACIÓN DEL MODELO A ESCALA REDUCIDA - SEGUNDA MUESTRA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Segundo modelo a escala	Plano:	Planta 1	Lámina:	01
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza		Escala:	1/100	



Elevación de escaleras
Escala: 1/10

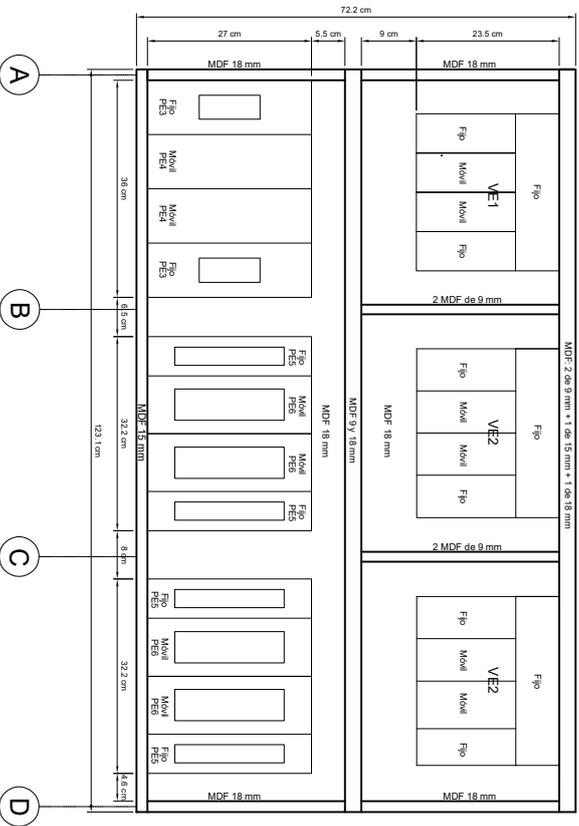


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

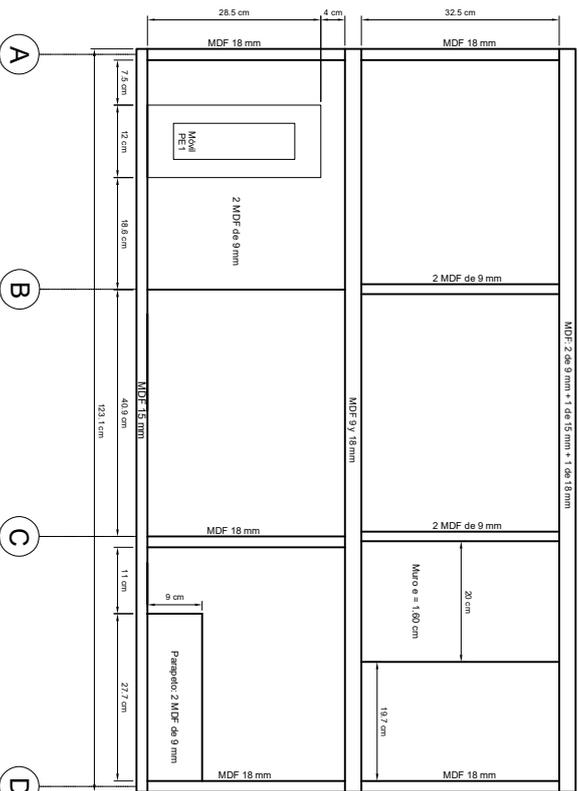
Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio: Segundo modelo a escala Plano: Planta 2 y detalle de escalera
Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza Escala: 1/100

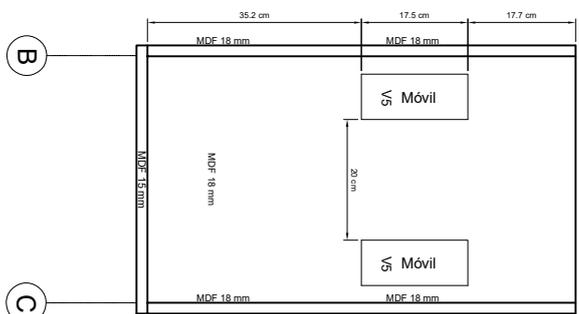
Lámina: **02**



EJE 1



EJE 2



EJE 2 - a



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

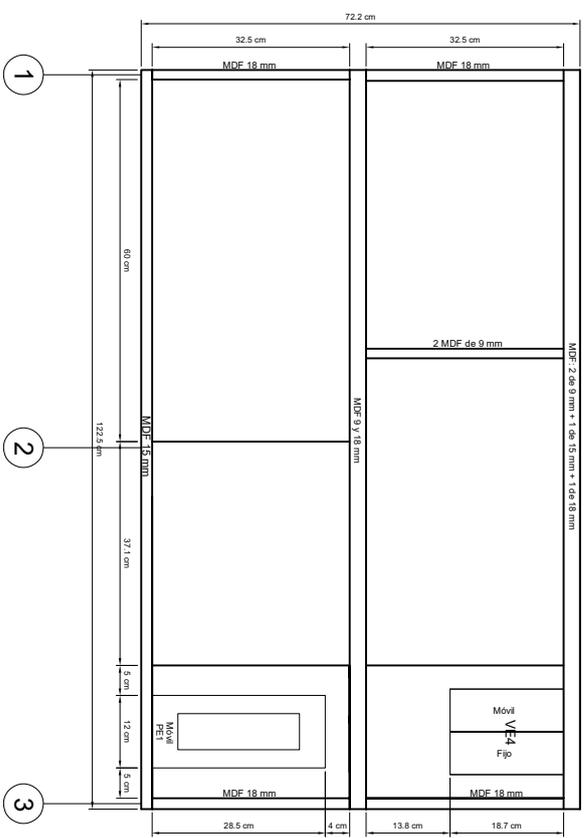
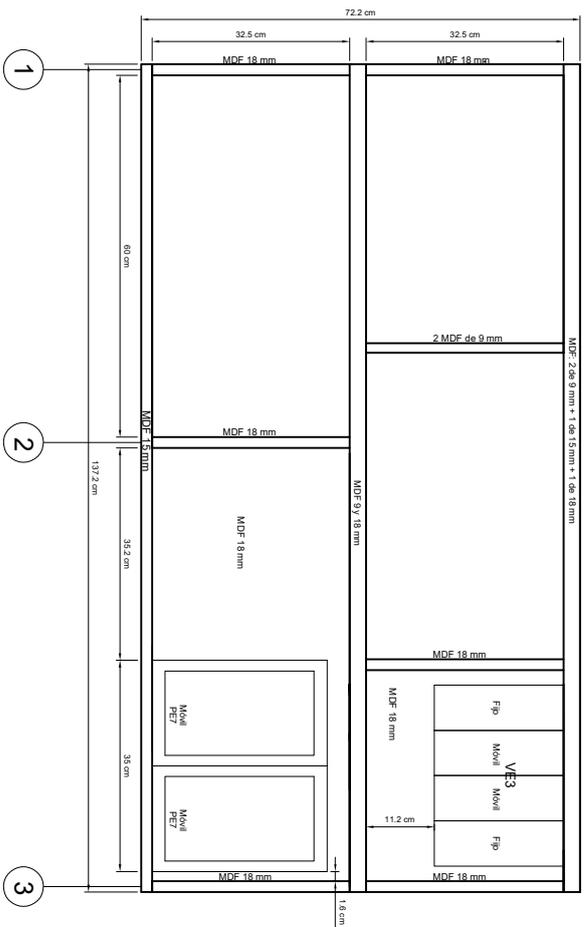
Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio: Segundo modelo a escala
 Plano: Elevaciones

Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza
 Escala: 1/12.5

Lámina:

03

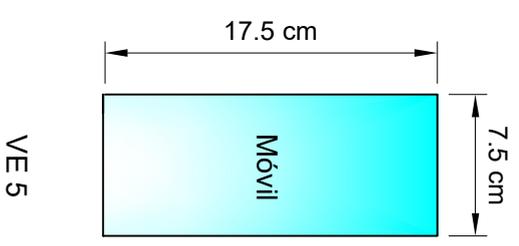
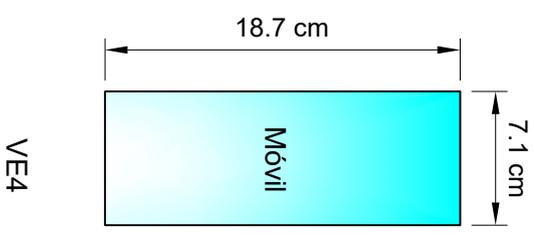
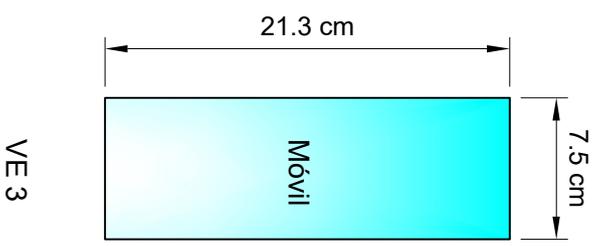
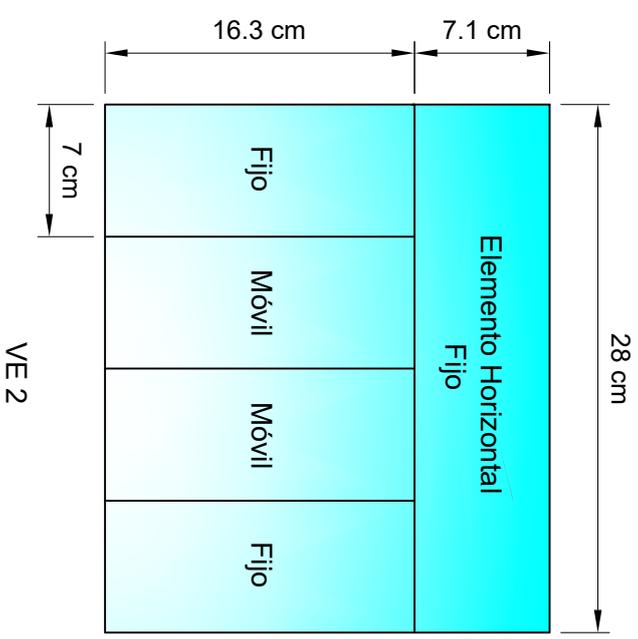
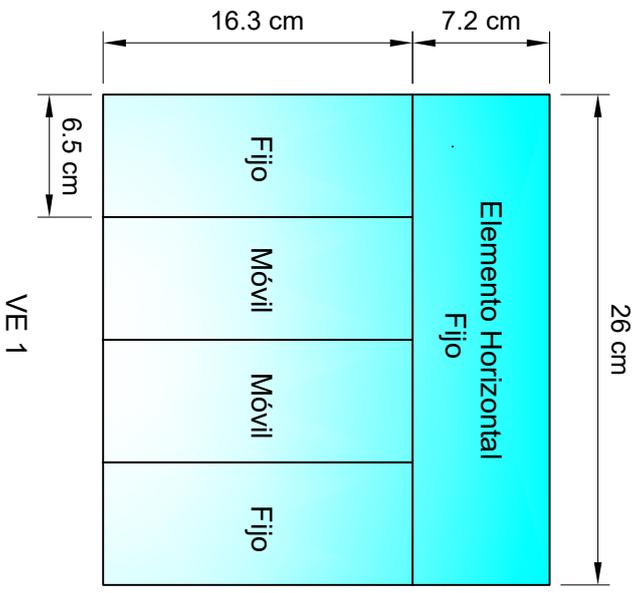


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio: Segundo modelo a escala Plano: Elevaciones Lámina: 04

Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza Escala: 1/12.5



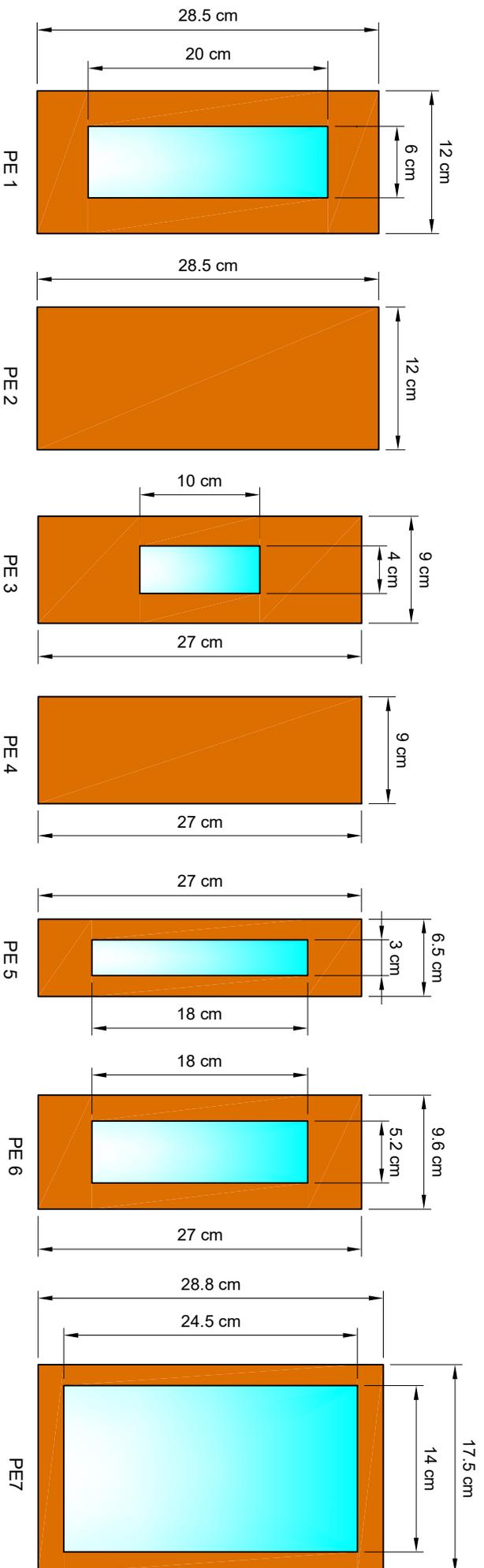
Vidrio: 8 mm



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Segundo modelo a escala	Plano:	Detalle de ventanas escaladas	Lámina:	05
Nombre:	Ing. Marck Steewart Regalado Espinoza	Escala:	1/5		



Puertas: MDF 9 y 18 mm
Vidrio: 6 mm



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema:
"SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:
Segundo modelo a escala

Plano:
Detalle de puertas escaladas

Nombre:

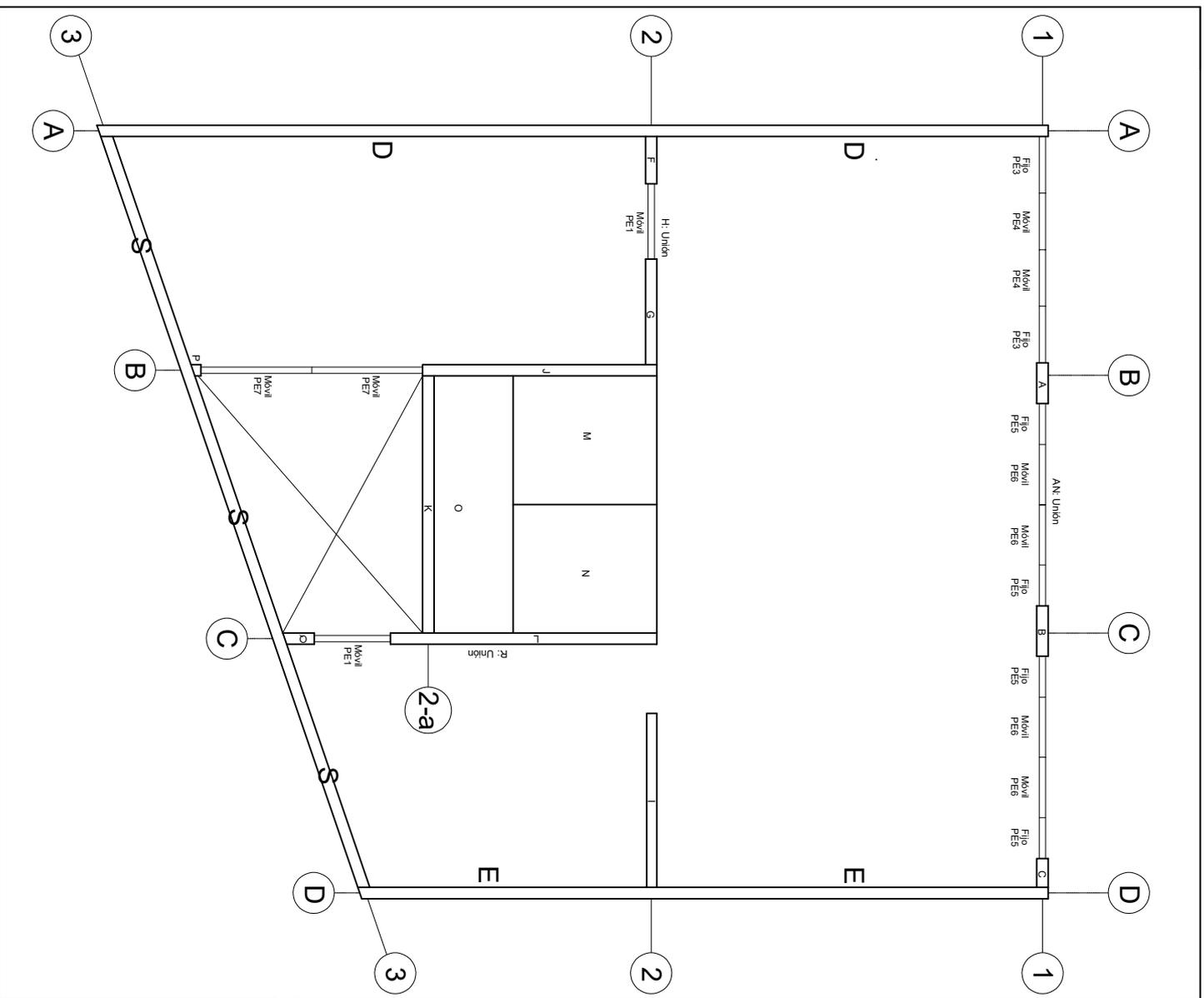
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Escala:
1/5

Lámina:

06

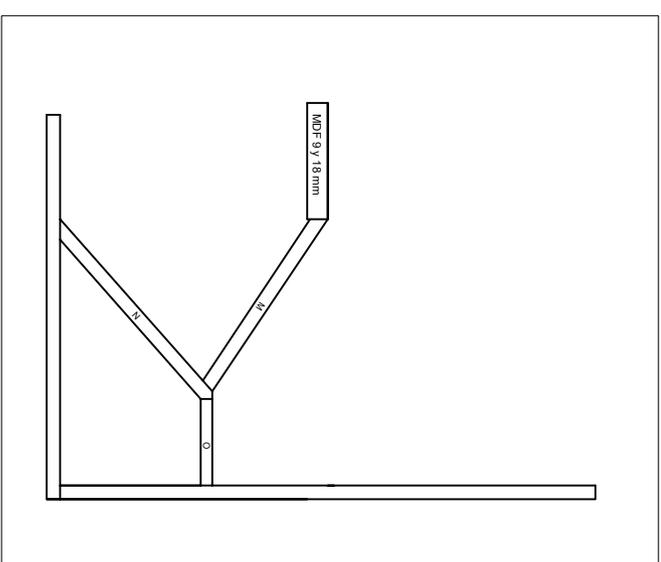
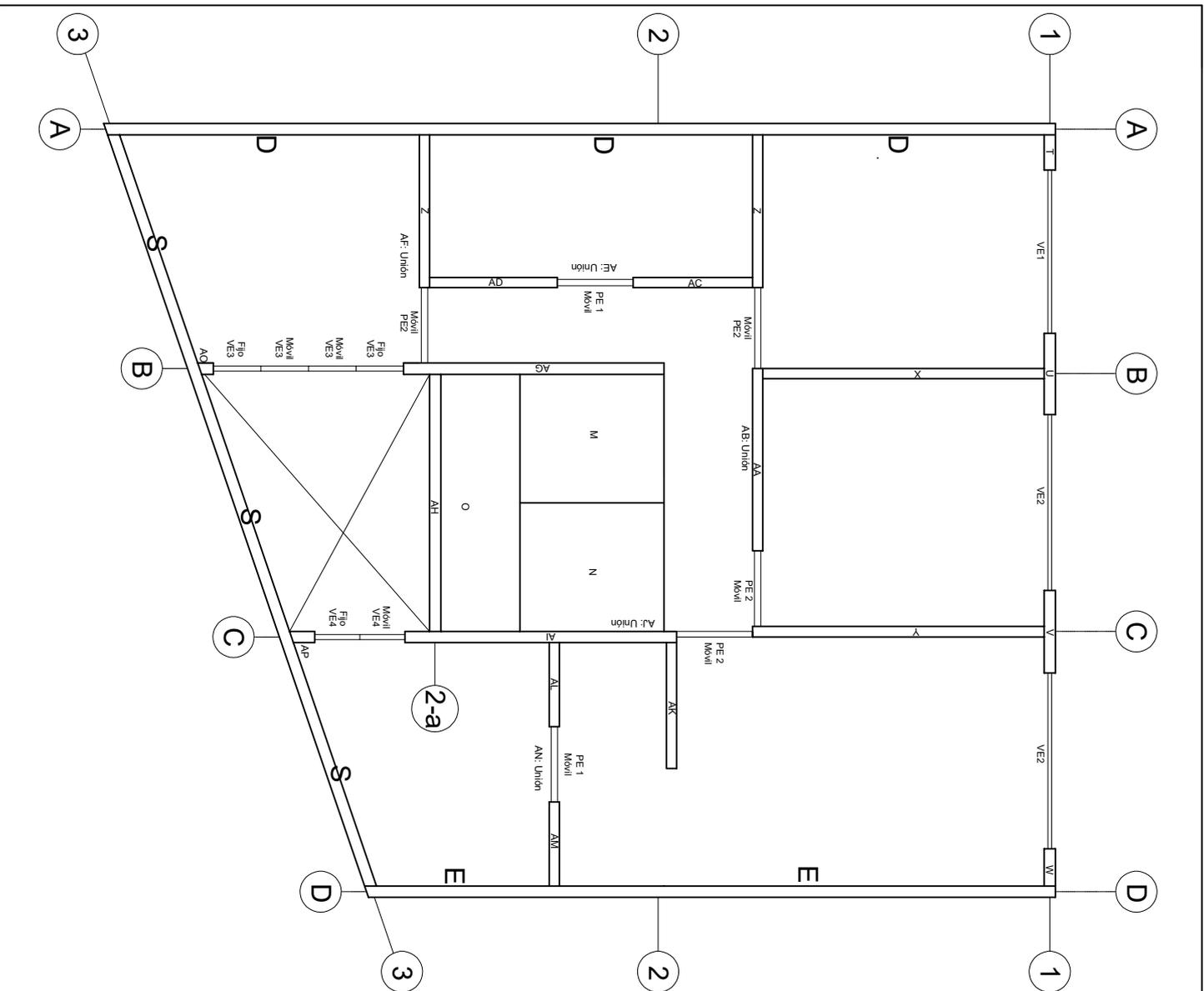
ANEXO 07: PIEZAS DEL MODELO A ESCALA REDUCIDA - SEGUNDA MUESTRA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Segundo modelo a escala	Plano:	Piezas - Planta 1	Lámina:	01
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza	Escala:	1/100		



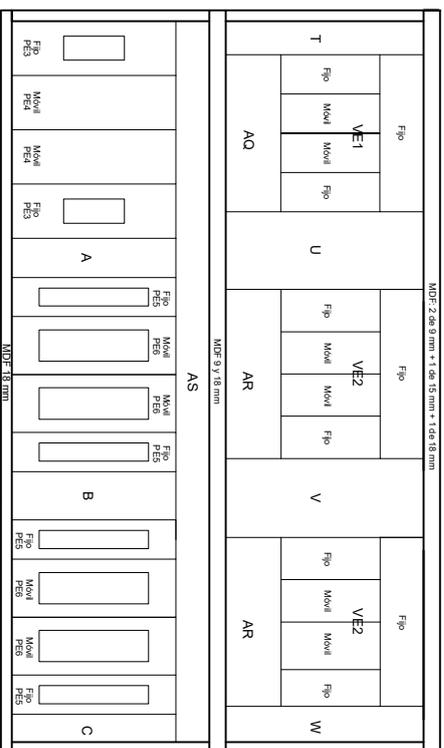
Elevación de escaleras
Escala: 1/10



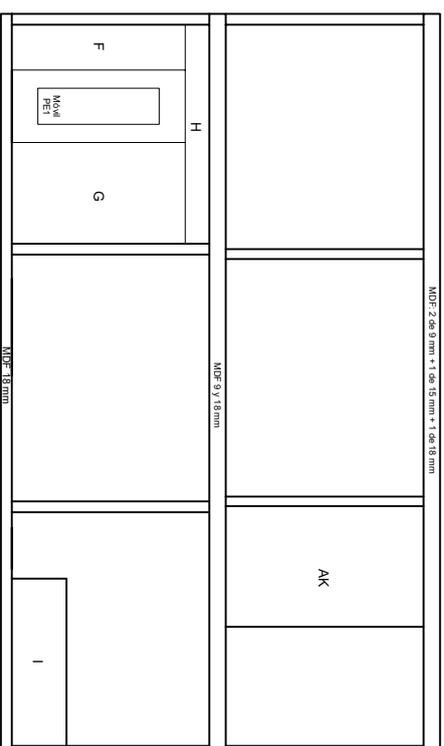
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

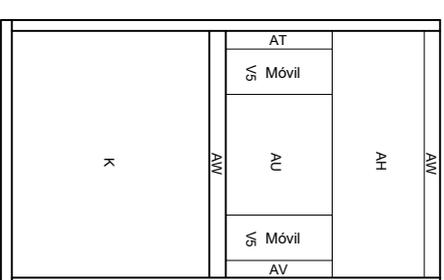
Edificio:	Segundo modelo a escala	Plano:	Piezas - Planta 2 y escalera	Lámina:	02
Nombre:	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza	Escala:	1/100		



A B C D
EJE 1



A B C D
EJE 2



A B C
EJE 2 - a

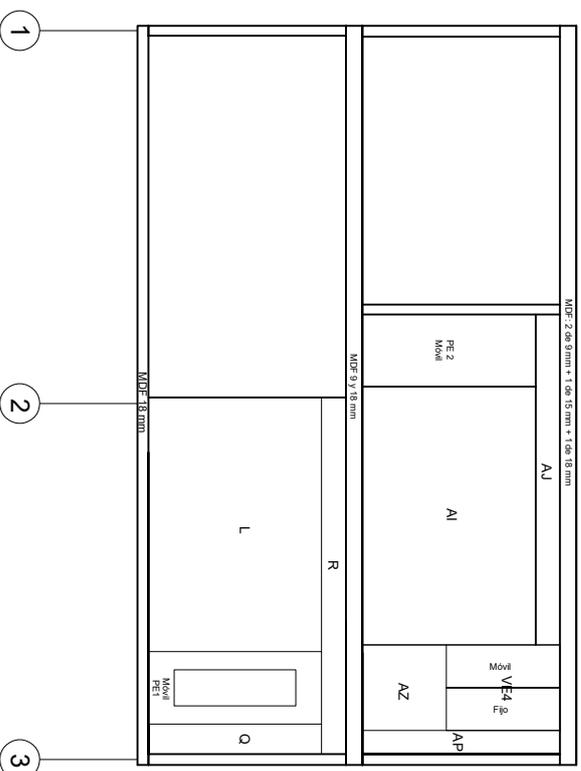
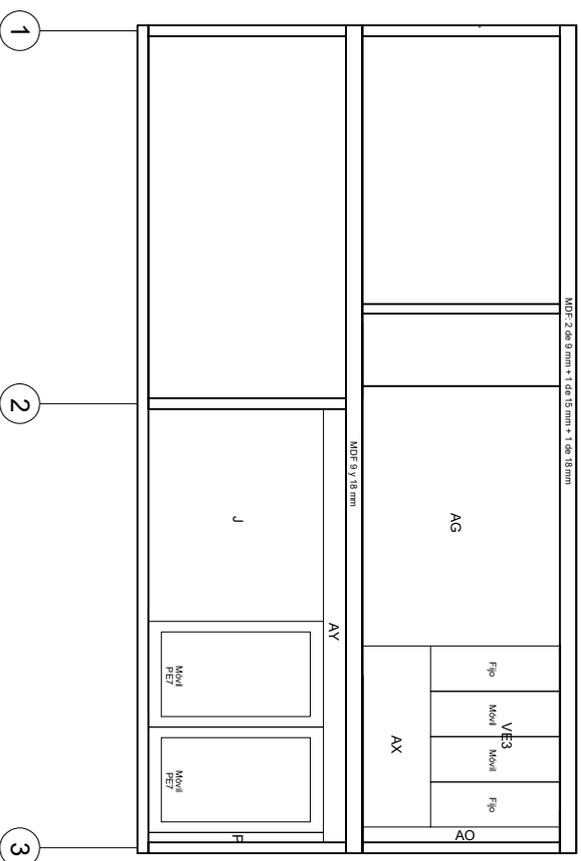


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio: Segundo modelo a escala Plano: Piezas - Elevaciones
Nombre: Ing. Marck Steewart Regalado Espinoza Escala: 1/12.5

Lámina:
03



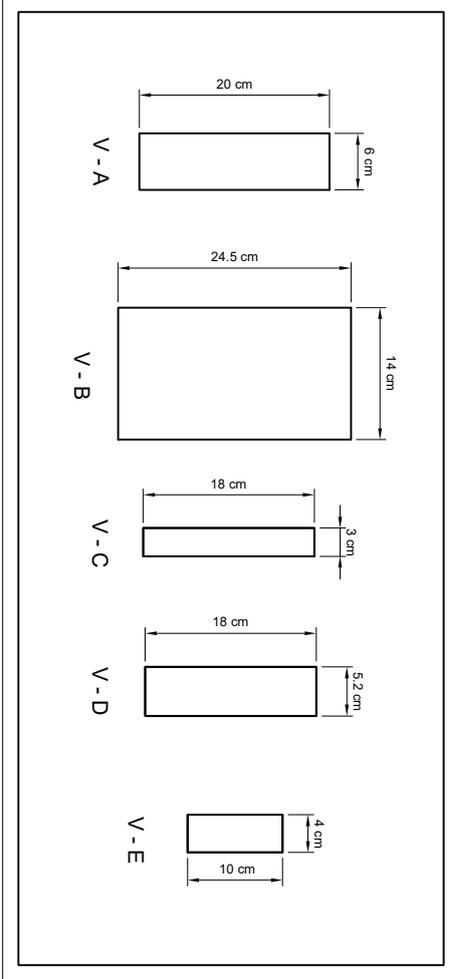
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:	Segundo modelo a escala	Plano:	Piezas - Elevaciones	Lámina:
Nombre:	Ing. Marck Steewart Regalado Espinoza	Escala:	1/12.5	04

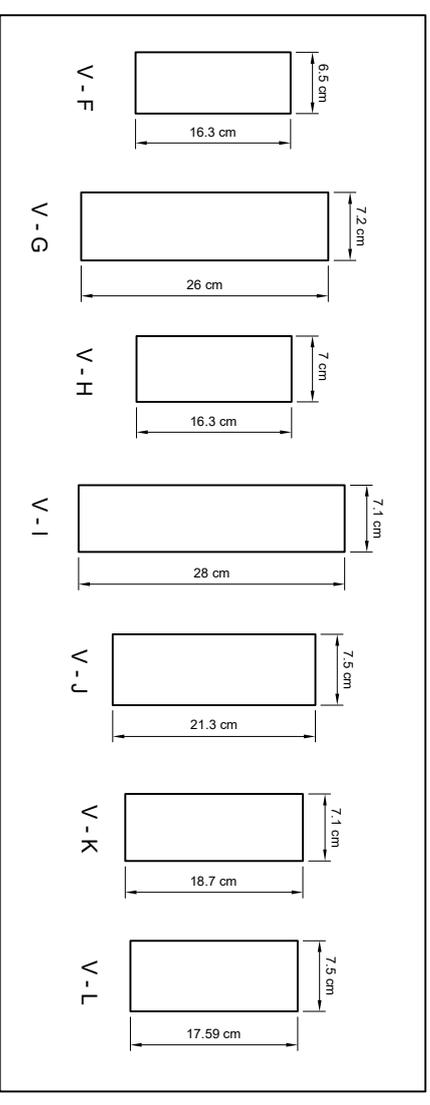
Puertas: 6 mm

TIPO	CANTIDAD
V - A	4
V - B	2
V - C	4
V - D	4
V - E	2



Ventanas: 8 mm

TIPO	CANTIDAD
V - F	4
V - G	1
V - H	8
V - I	2
V - J	4
V - K	2
V - L	2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio:

Segundo modelo a escala

Plano:

Piezas - Elementos de vidrio

Nombre:

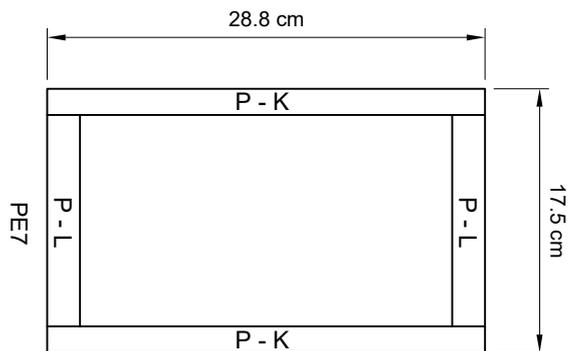
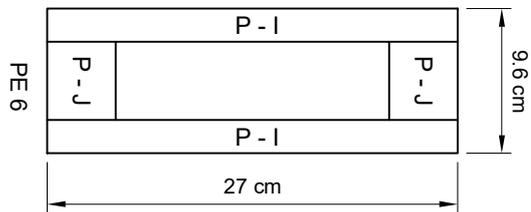
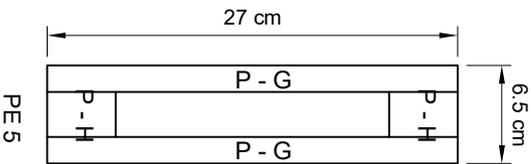
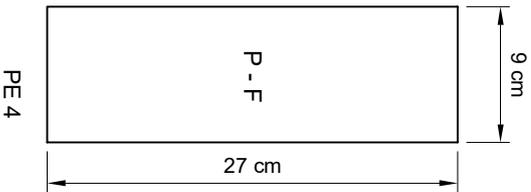
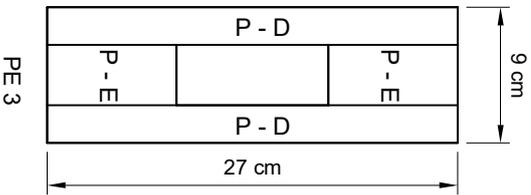
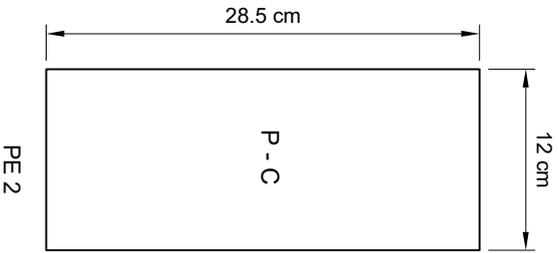
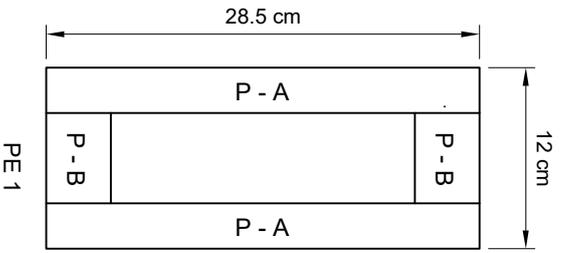
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Escala:

1/8

Lámina:

05



Puertas: MDF 9 y 18 mm
Vidrio: 6 mm



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Edificio: Segundo modelo a escala Plano: Piezas - Puertas escaladas

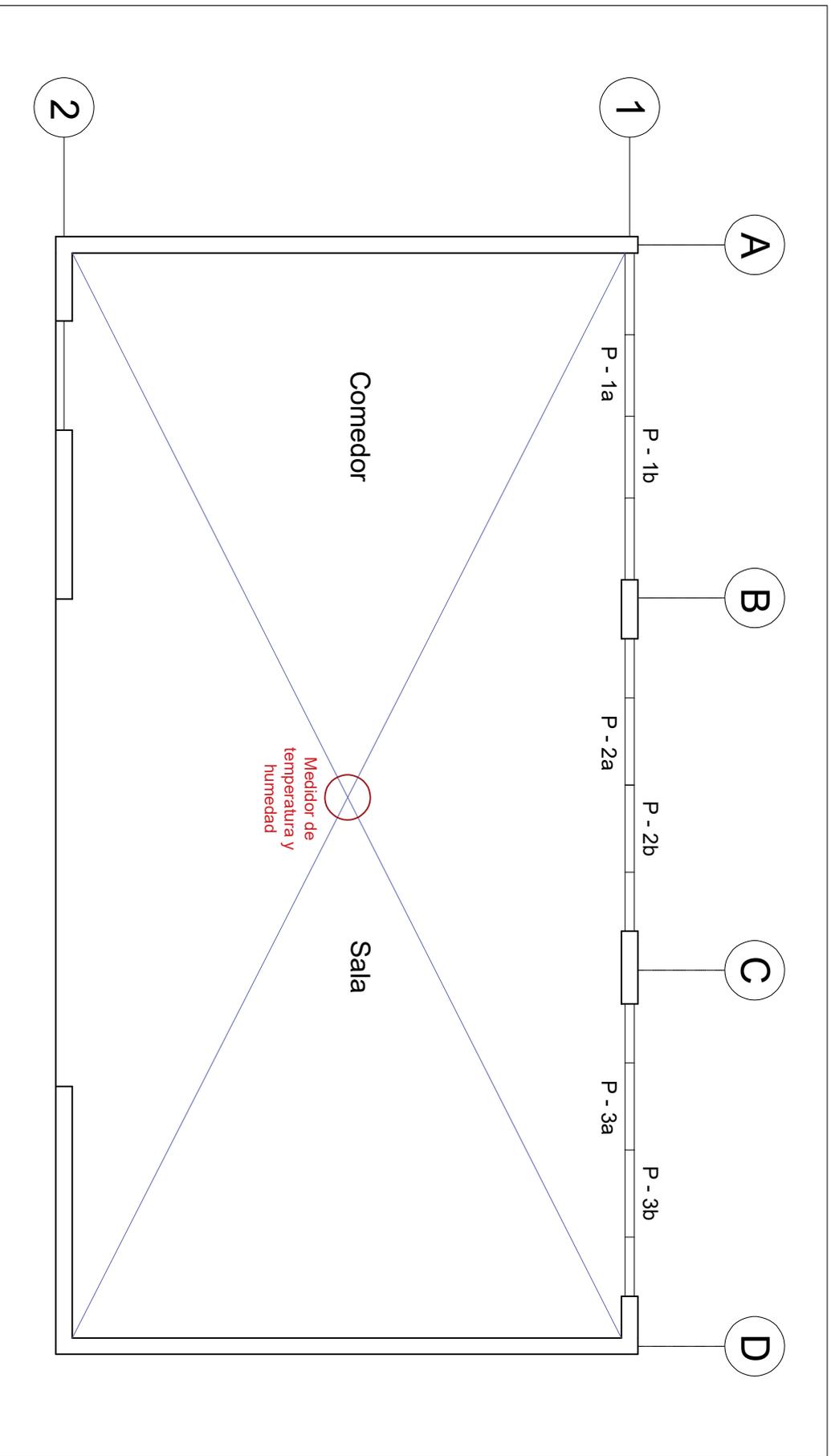
Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Escala: 1/5

Lámina:

06

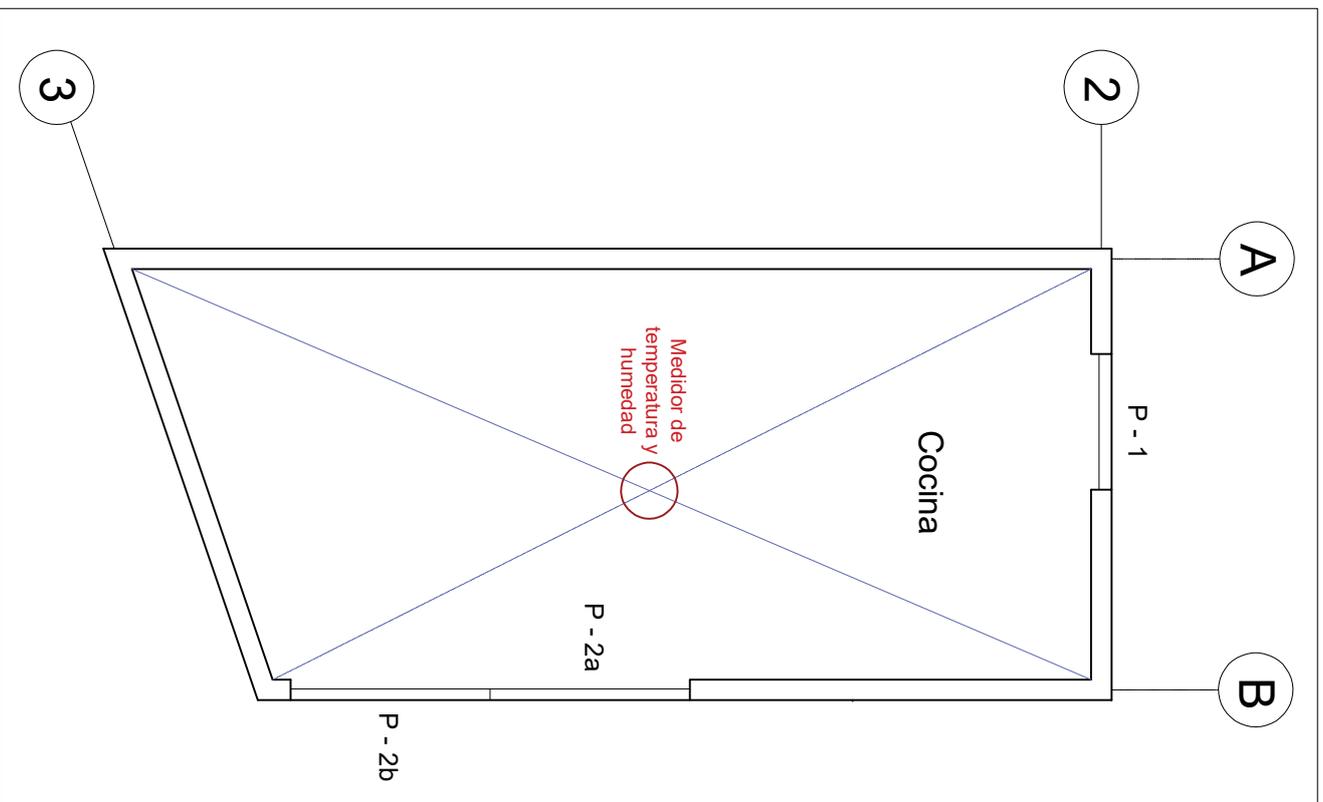
ANEXO 08: UBICACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN – SEGUNDA MUESTRA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

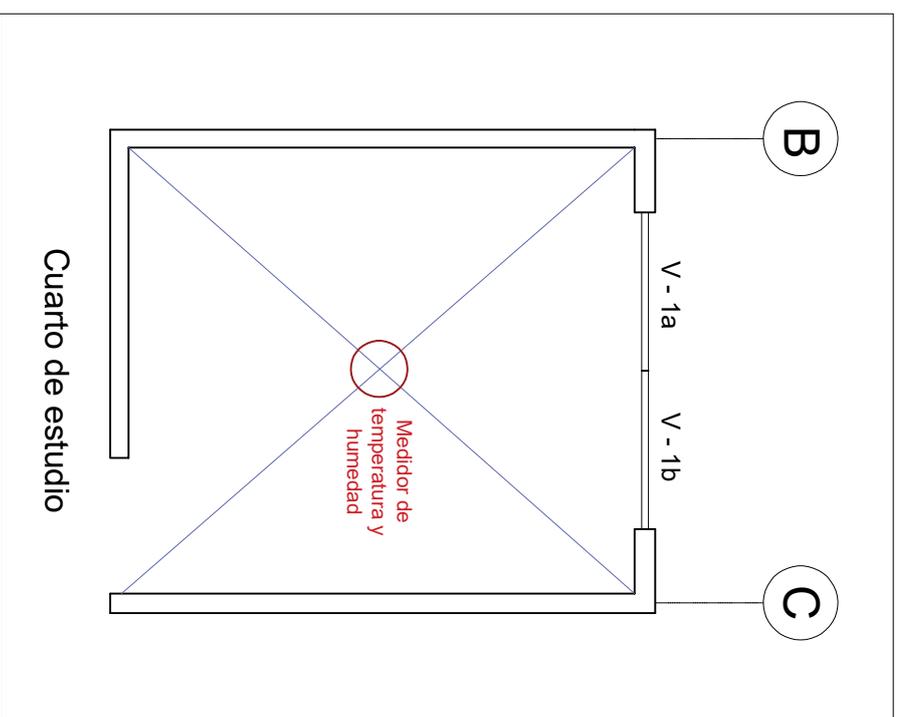
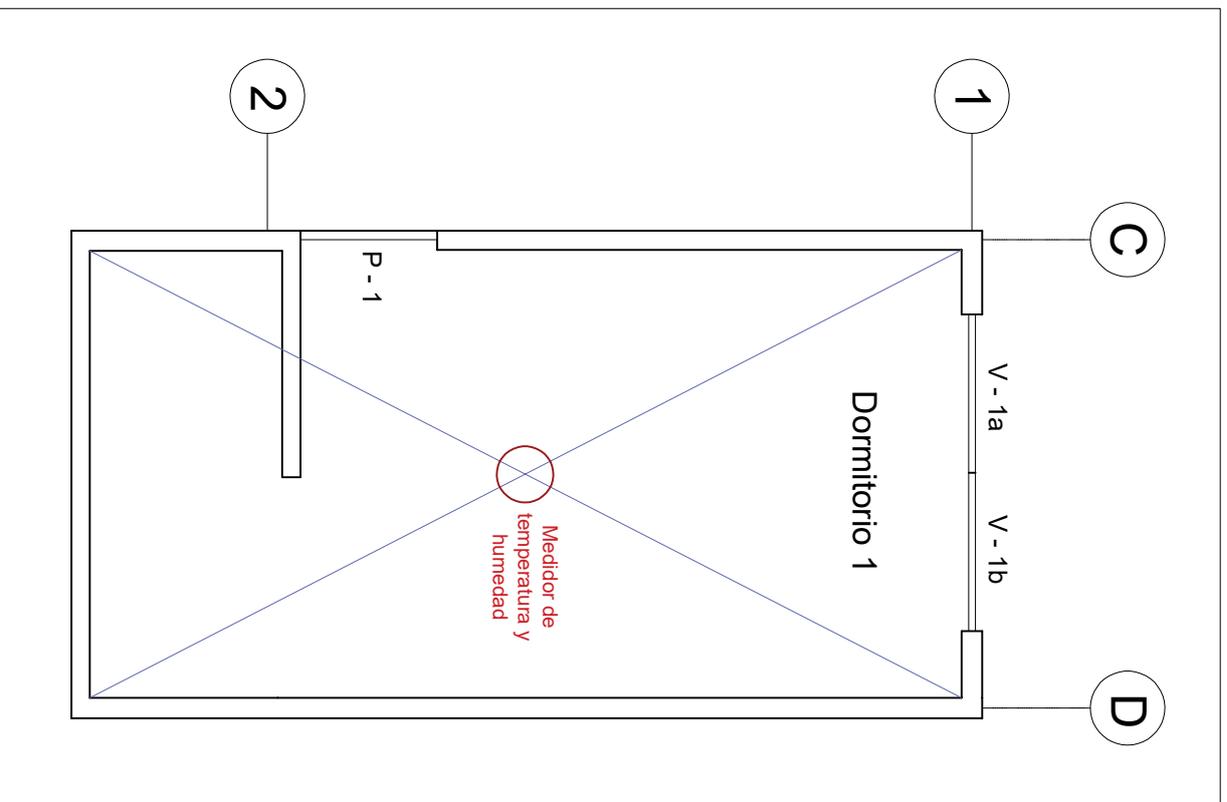
Información:	Plano:	Lámina:
Aberturas y puntos de medición	Sala - Comedor	01
Nombre:	Escala:	
Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza	1/150	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA."

Información:	Plano:	Cocina	Lámina:
Nombre:	Aberturas y puntos de medición	Escala:	02
	Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza	1/150	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Información: Aberturas y puntos de medición

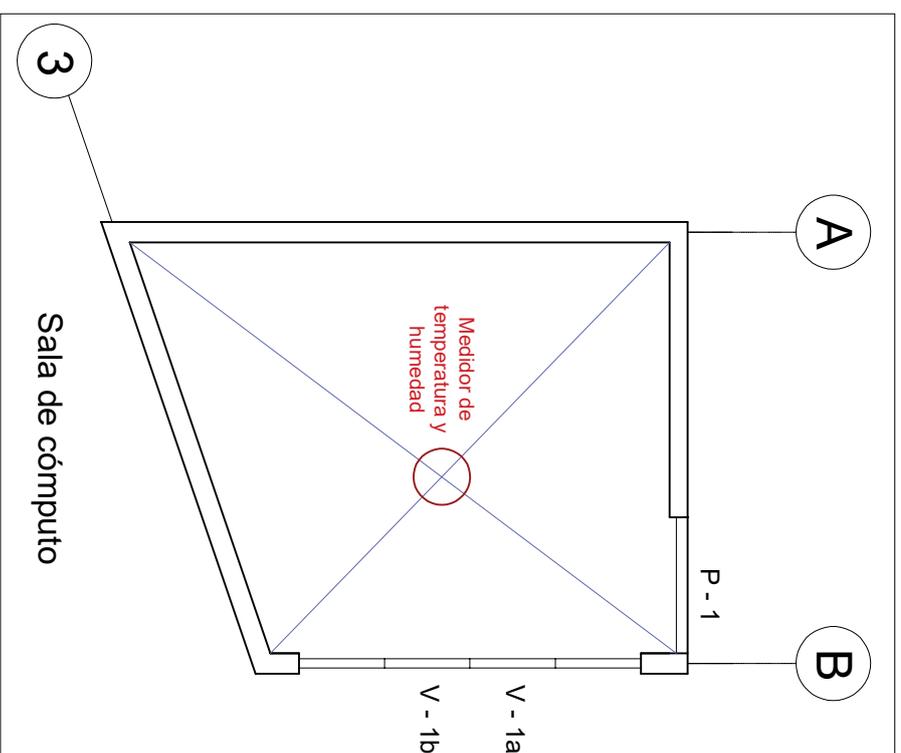
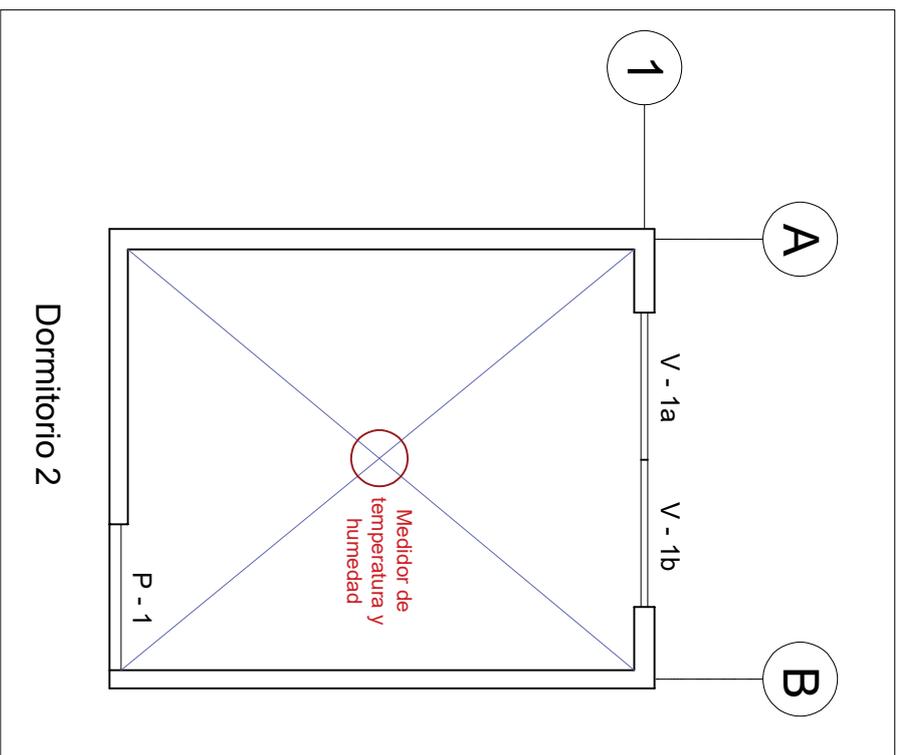
Plano: Dormitorio 1 y cuarto de estudio

Nombre: Escala: 1/150

Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza

Lámina:

03



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 Facultad de Ingeniería Civil - Escuela de Posgrado

Tema: "SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS DE VIVIENDA EN LIMA MEDIANTE MODELOS A ESCALA REDUCIDA"

Información: Aberturas y puntos de medición Plano: Dormitorio 2 y sala de cómputo

Nombre: Ing. Marck Steewar Regalado Espinoza Escala: 1/150

Lámina: **04**

ANEXO 09: BASE DE DATOS - PRIMERA MUESTRA

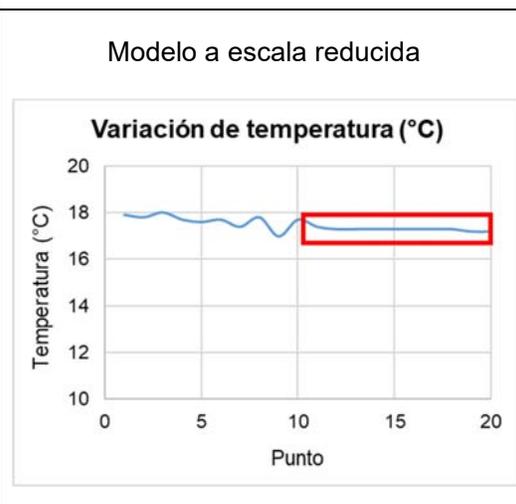
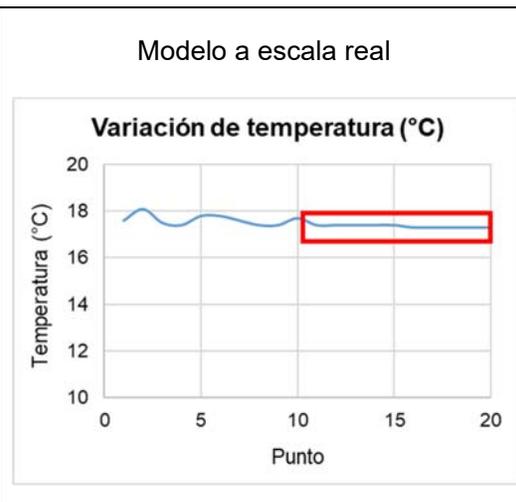
1. ESCENARIO 1

1.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	17.6	17.9
2	18.1	17.8
3	17.5	18.0
4	17.4	17.7
5	17.8	17.6
6	17.8	17.7
7	17.6	17.4
8	17.4	17.8
9	17.4	17.0
10	17.7	17.7
11	17.4	17.4
12	17.4	17.3
13	17.4	17.3
14	17.4	17.3
15	17.4	17.3
16	17.3	17.3
17	17.3	17.3
18	17.3	17.3
19	17.3	17.2
20	17.3	17.2
Promedio	17.35	17.29
Desviación	0.053	0.057
Varianza	0.00278	0.00322
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.16000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.009	

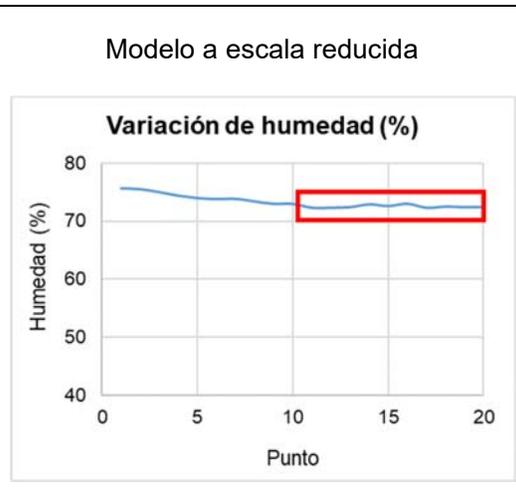
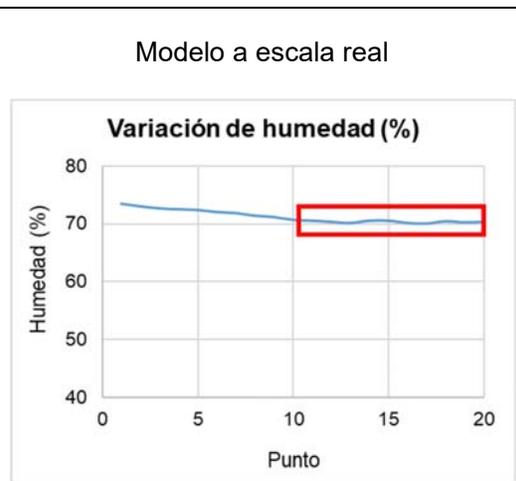


1.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	73.5	75.7
2	73.1	75.6
3	72.7	75.0
4	72.5	74.4
5	72.4	74.0
6	72.1	73.8
7	71.9	73.9
8	71.4	73.4
9	71.2	73.0
10	70.7	73.0
11	70.5	72.3
12	70.3	72.3
13	70.1	72.4
14	70.5	72.9
15	70.5	72.6
16	70.1	73.0
17	70.0	72.3
18	70.4	72.5
19	70.2	72.4
20	70.3	72.4
Promedio	70.29	72.51
Desviación	0.185	0.251
Varianza	0.03433	0.06322
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.84142	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	2.012	



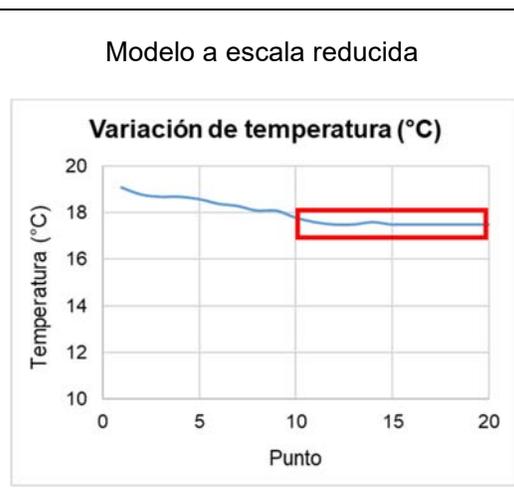
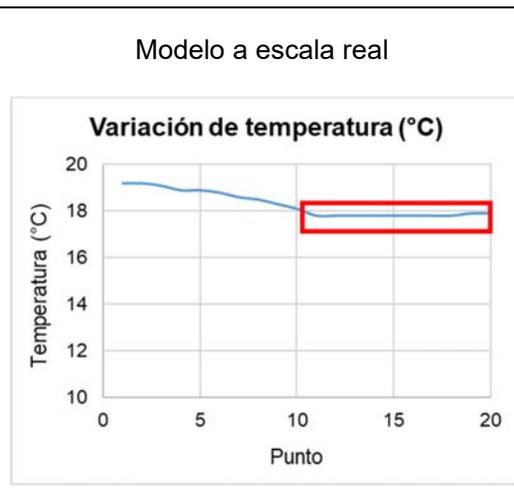
2. ESCENARIO 2

2.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.2	19.1
2	19.2	18.8
3	19.1	18.7
4	18.9	18.7
5	18.9	18.6
6	18.8	18.4
7	18.6	18.3
8	18.5	18.1
9	18.3	18.1
10	18.1	17.8
11	17.8	17.6
12	17.8	17.5
13	17.8	17.5
14	17.8	17.6
15	17.8	17.5
16	17.8	17.5
17	17.8	17.5
18	17.8	17.5
19	17.9	17.5
20	17.9	17.5
Promedio	17.82	17.52
Desviación	0.042	0.042
Varianza	0.00178	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.260	

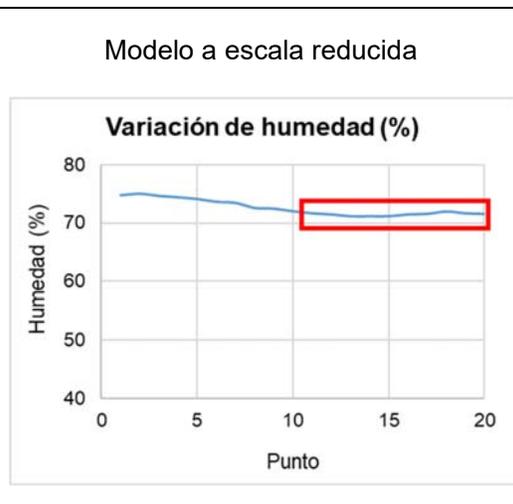
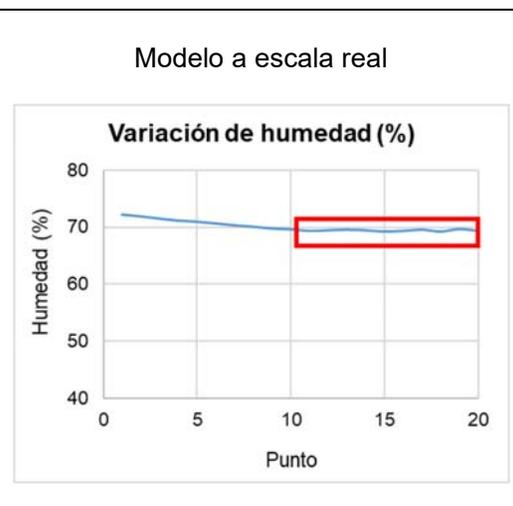


2.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	72.1	74.8
2	71.8	75.0
3	71.5	74.7
4	71.1	74.4
5	70.9	74.1
6	70.7	73.7
7	70.3	73.5
8	70.1	72.6
9	69.8	72.5
10	69.7	72.0
11	69.4	71.7
12	69.5	71.5
13	69.6	71.2
14	69.5	71.2
15	69.3	71.2
16	69.4	71.5
17	69.6	71.6
18	69.3	72.0
19	69.7	71.7
20	69.4	71.6
Promedio	69.47	71.52
Desviación	0.134	0.262
Varianza	0.01789	0.06844
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.82609	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.849	



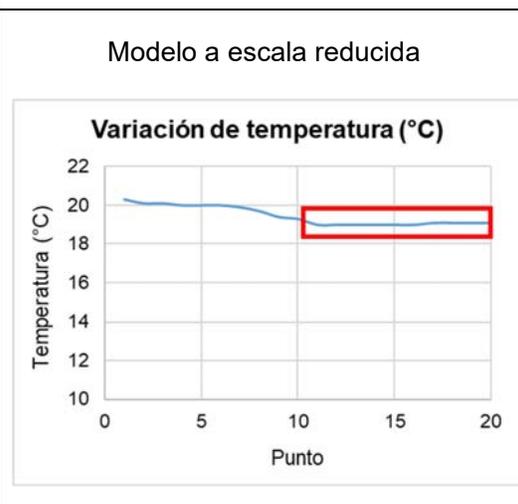
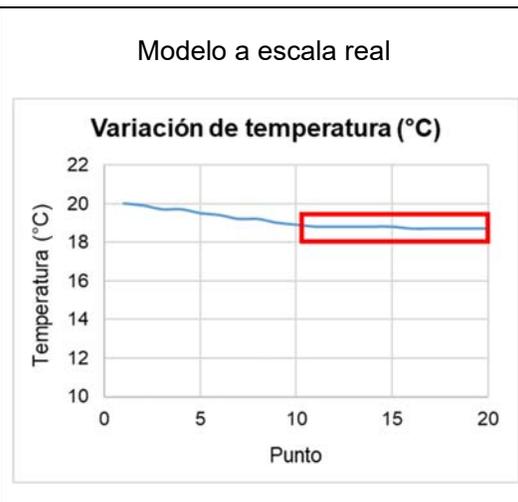
3. ESCENARIO 3

3.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.0	20.3
2	19.9	20.1
3	19.7	20.1
4	19.7	20.0
5	19.5	20.0
6	19.4	20.0
7	19.2	19.9
8	19.2	19.7
9	19.0	19.4
10	18.9	19.3
11	18.8	19.0
12	18.8	19.0
13	18.8	19.0
14	18.8	19.0
15	18.8	19.0
16	18.7	19.0
17	18.7	19.1
18	18.7	19.1
19	18.7	19.1
20	18.7	19.1
Promedio	18.75	19.04
Desviación	0.053	0.052
Varianza	0.00278	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.04167	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.241	

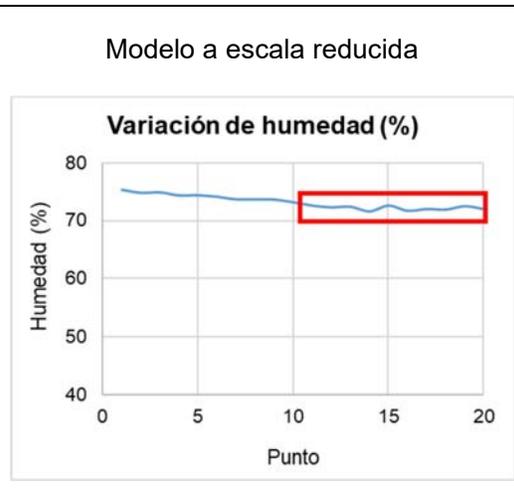
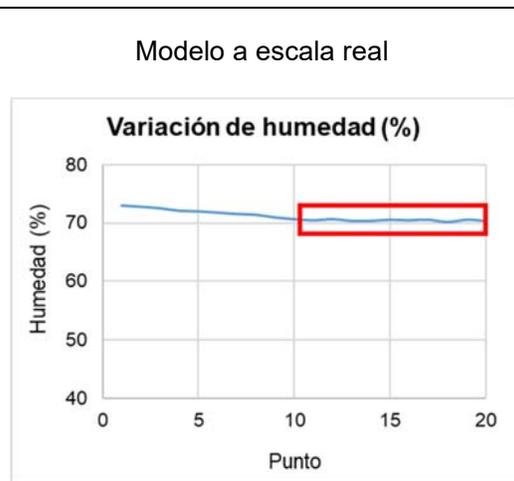


3.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 04 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	73.0	75.4
2	72.8	74.8
3	72.6	74.9
4	72.1	74.4
5	72.0	74.4
6	71.8	74.1
7	71.5	73.7
8	71.4	73.7
9	70.9	73.7
10	70.6	73.2
11	70.4	72.6
12	70.6	72.3
13	70.3	72.4
14	70.3	71.6
15	70.5	72.6
16	70.4	71.7
17	70.5	72.0
18	70.1	71.9
19	70.5	72.5
20	70.3	72.0
Promedio	70.39	72.16
Desviación	0.145	0.369
Varianza	0.02100	0.13600
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	6.47619	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.494	



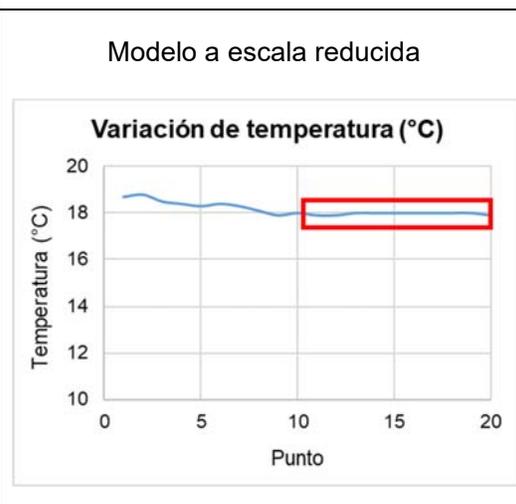
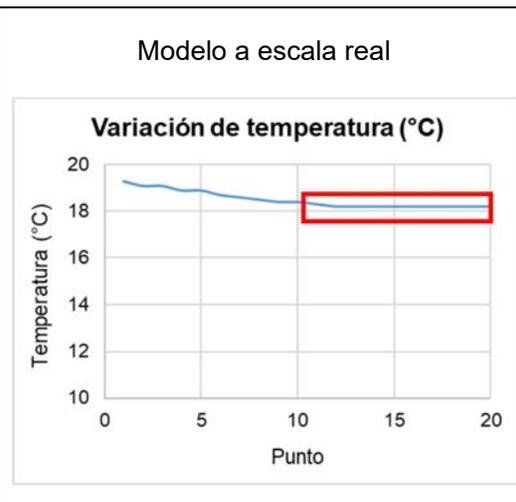
4. ESCENARIO 4

4.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.3	18.7
2	19.1	18.8
3	19.1	18.5
4	18.9	18.4
5	18.9	18.3
6	18.7	18.4
7	18.6	18.3
8	18.5	18.1
9	18.4	17.9
10	18.4	18.0
11	18.3	17.9
12	18.2	17.9
13	18.2	18.0
14	18.2	18.0
15	18.2	18.0
16	18.2	18.0
17	18.2	18.0
18	18.2	18.0
19	18.2	18.0
20	18.2	17.9
Promedio	18.21	17.97
Desviación	0.032	0.048
Varianza	0.00100	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.33333	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.202	

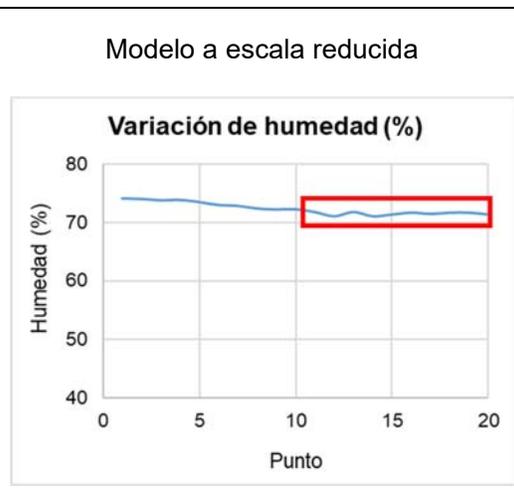
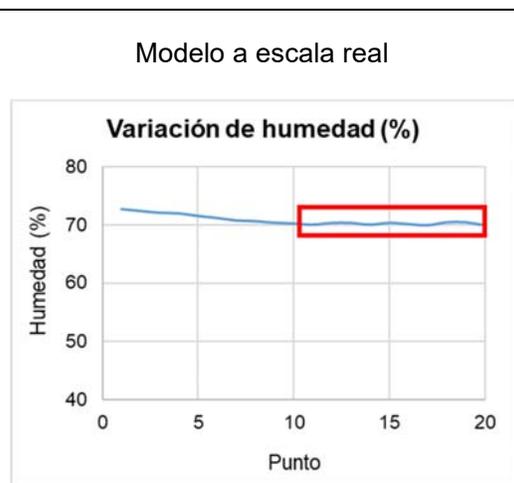


4.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	72.8	74.1
2	72.5	74.0
3	72.2	73.8
4	72.0	73.8
5	71.6	73.5
6	71.3	73.0
7	70.8	72.8
8	70.7	72.4
9	70.4	72.2
10	70.3	72.3
11	70.1	71.8
12	70.4	71.1
13	70.4	71.8
14	70.1	71.1
15	70.4	71.4
16	70.2	71.7
17	70.0	71.5
18	70.5	71.7
19	70.5	71.7
20	70.0	71.4
Promedio	70.26	71.52
Desviación	0.201	0.266
Varianza	0.04044	0.07067
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.74725	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.038	



5. ESCENARIO 5

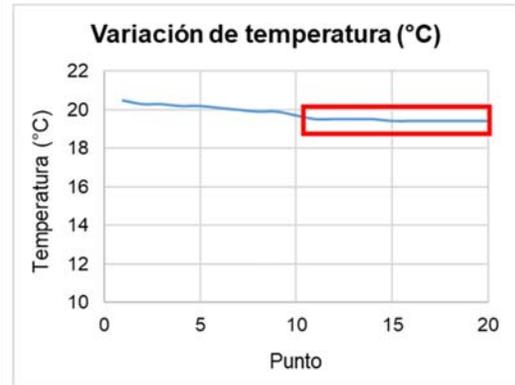
5.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

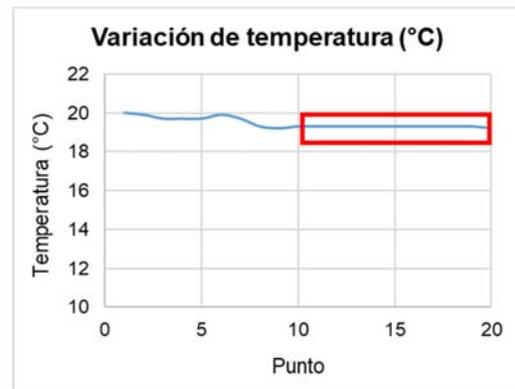
Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.5	20.0
2	20.3	19.9
3	20.3	19.7
4	20.2	19.7
5	20.2	19.7
6	20.1	19.9
7	20.0	19.7
8	19.9	19.3
9	19.9	19.2
10	19.7	19.3
11	19.5	19.3
12	19.5	19.3
13	19.5	19.3
14	19.5	19.3
15	19.4	19.3
16	19.4	19.3
17	19.4	19.3
18	19.4	19.3
19	19.4	19.3
20	19.4	19.2
Promedio	19.44	19.29
Desviación	0.052	0.032
Varianza	0.00267	0.00100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.66667	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.110	

Modelo a escala real



Modelo a escala reducida

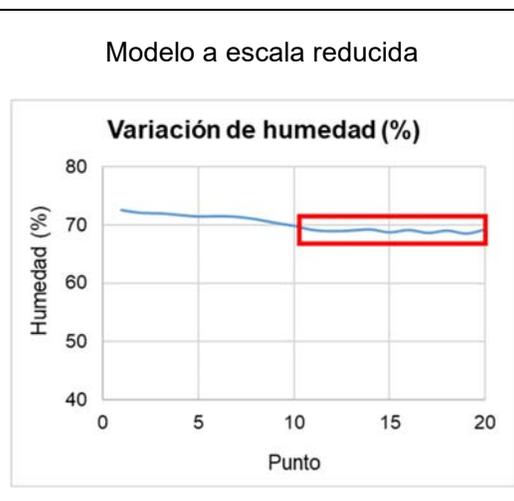
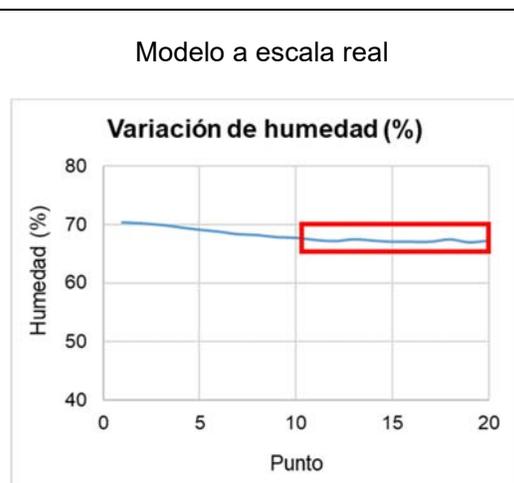


5.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	70.3	72.6
2	70.2	72.1
3	69.9	72.0
4	69.5	71.8
5	69.1	71.5
6	68.8	71.6
7	68.4	71.5
8	68.2	71.1
9	67.9	70.4
10	67.8	69.9
11	67.4	69.2
12	67.2	69.0
13	67.5	69.1
14	67.3	69.3
15	67.1	68.8
16	67.1	69.2
17	67.1	68.7
18	67.5	69.1
19	67.0	68.6
20	67.3	69.3
Promedio	67.25	69.03
Desviación	0.178	0.250
Varianza	0.03167	0.06233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.96842	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.575	



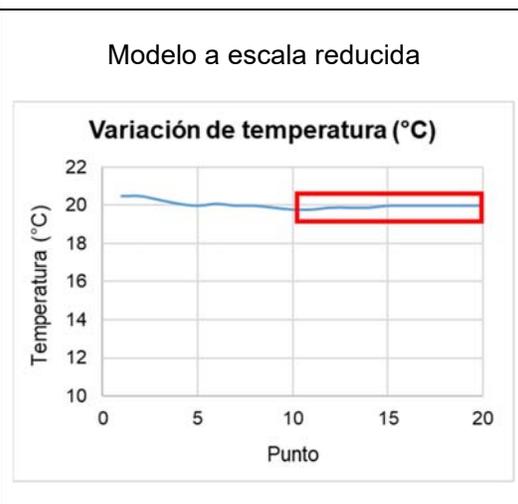
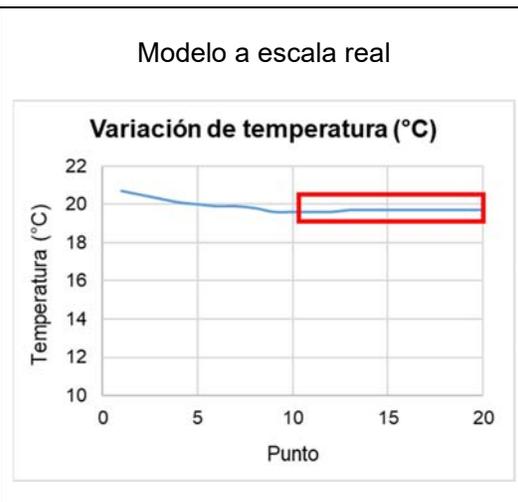
6. ESCENARIO 6

6.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.7	20.5
2	20.5	20.5
3	20.3	20.3
4	20.1	20.1
5	20.0	20.0
6	19.9	20.1
7	19.9	20.0
8	19.8	20.0
9	19.6	19.9
10	19.6	19.8
11	19.6	19.8
12	19.6	19.9
13	19.7	19.9
14	19.7	19.9
15	19.7	20.0
16	19.7	20.0
17	19.7	20.0
18	19.7	20.0
19	19.7	20.0
20	19.7	20.0
Promedio	19.68	19.95
Desviación	0.042	0.071
Varianza	0.00178	0.00500
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.81250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.215	

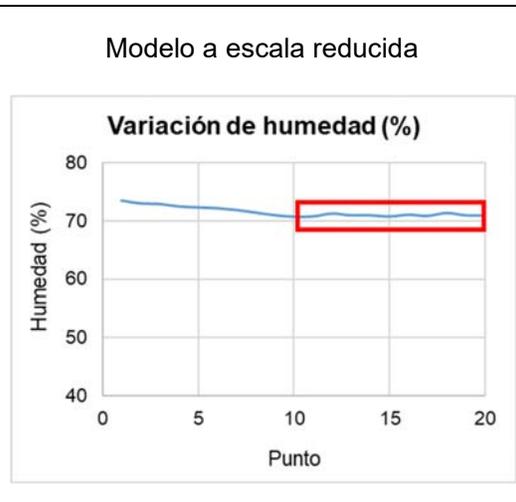
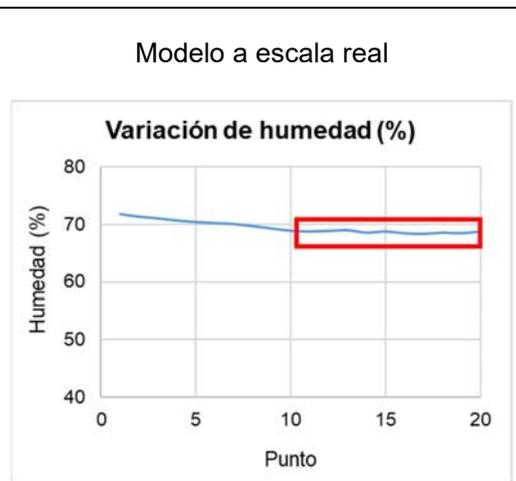


6.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 05 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	71.8	73.6
2	71.3	73.1
3	71.0	73.0
4	70.7	72.5
5	70.4	72.4
6	70.2	72.2
7	70.1	71.9
8	69.7	71.5
9	69.3	71.0
10	68.9	70.8
11	68.8	70.8
12	68.9	71.3
13	69.0	71.0
14	68.6	71.0
15	68.8	70.8
16	68.5	71.1
17	68.4	70.9
18	68.6	71.4
19	68.5	71.0
20	68.8	71.0
Promedio	68.69	71.03
Desviación	0.197	0.195
Varianza	0.03878	0.03789
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.02346	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	2.155	



7. ESCENARIO 7

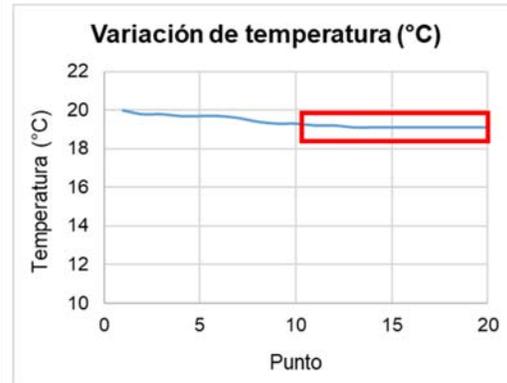
7.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 06 de noviembre del 2019

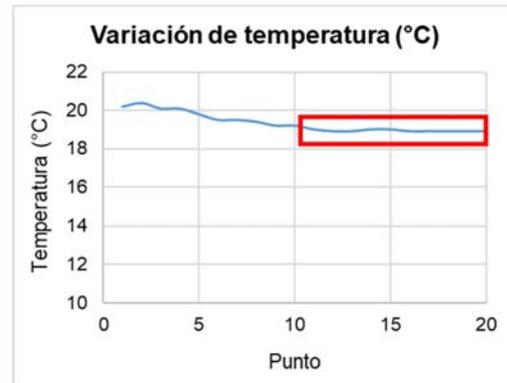
Hora: De 01:00 am a 01:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.0	20.2
2	19.8	20.4
3	19.8	20.1
4	19.7	20.1
5	19.7	19.8
6	19.7	19.5
7	19.6	19.5
8	19.4	19.4
9	19.3	19.2
10	19.3	19.2
11	19.2	19.0
12	19.2	18.9
13	19.1	18.9
14	19.1	19.0
15	19.1	19.0
16	19.1	18.9
17	19.1	18.9
18	19.1	18.9
19	19.1	18.9
20	19.1	18.9
Promedio	19.12	18.93
Desviación	0.042	0.048
Varianza	0.00178	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.31250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.147	

Modelo a escala real



Modelo a escala reducida

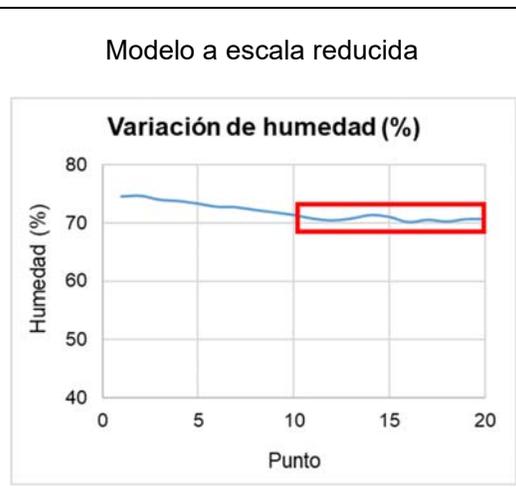
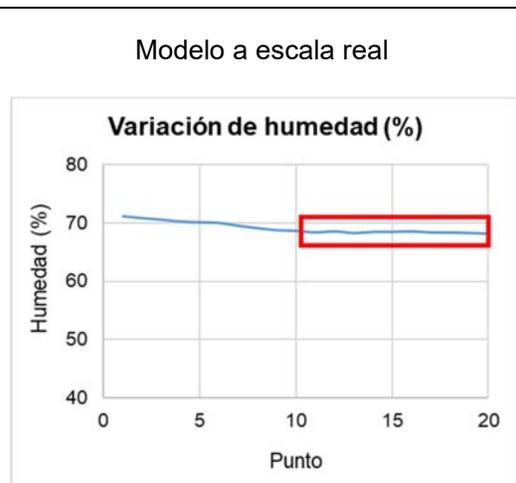


7.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 01:00 am a 01:10 am

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	71.2	74.5
2	70.9	74.6
3	70.6	73.9
4	70.3	73.7
5	70.2	73.3
6	70.0	72.7
7	69.6	72.6
8	69.1	72.2
9	68.8	71.8
10	68.7	71.3
11	68.4	70.7
12	68.6	70.4
13	68.3	70.7
14	68.5	71.3
15	68.5	71.0
16	68.6	70.1
17	68.4	70.5
18	68.4	70.2
19	68.3	70.6
20	68.2	70.6
Promedio	68.42	70.61
Desviación	0.132	0.354
Varianza	0.01733	0.12544
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	7.23718	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.927	



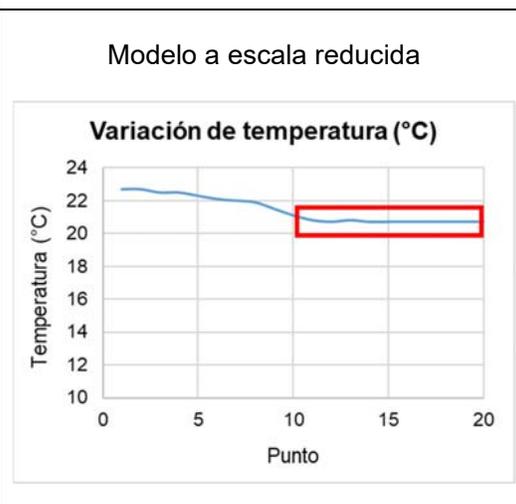
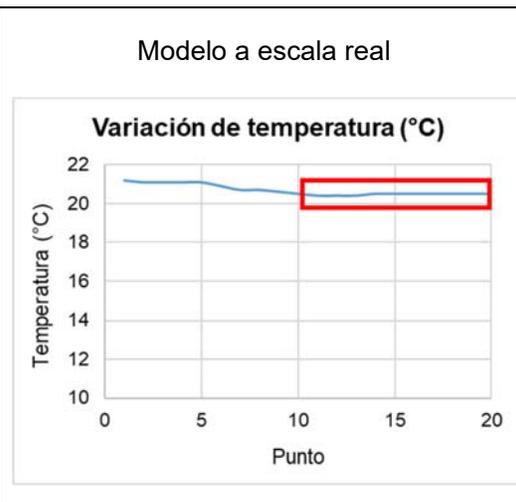
8. ESCENARIO 8

8.1.1. TEMPERATURA INTERIOR

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 01:20 am a 01:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.2	22.7
2	21.1	22.7
3	21.1	22.5
4	21.1	22.5
5	21.1	22.3
6	20.9	22.1
7	20.7	22.0
8	20.7	21.9
9	20.6	21.5
10	20.5	21.1
11	20.4	20.8
12	20.4	20.7
13	20.4	20.8
14	20.5	20.7
15	20.5	20.7
16	20.5	20.7
17	20.5	20.7
18	20.5	20.7
19	20.5	20.7
20	20.5	20.7
Promedio	20.47	20.72
Desviación	0.048	0.042
Varianza	0.00233	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.31250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.207	

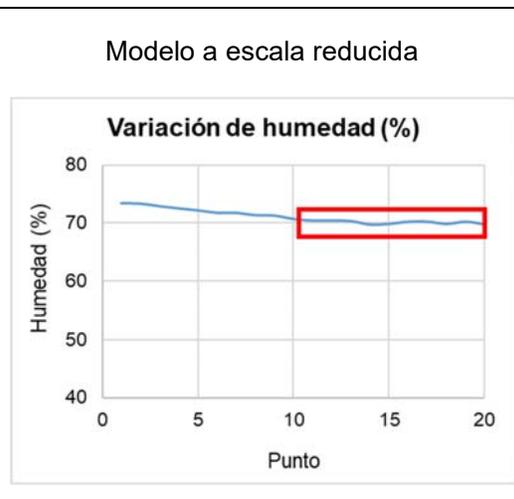
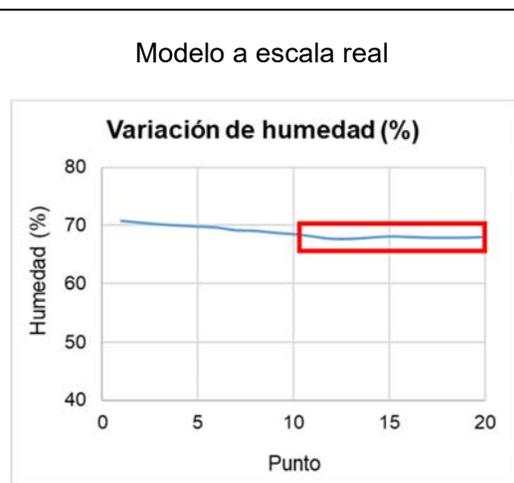


8.1.2. HUMEDAD INTERIOR

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 01:20 am a 01:30 am

Ítem	Escala real (%)	Escala reducida (%)
1	70.7	73.4
2	70.4	73.3
3	70.1	72.9
4	70.0	72.5
5	69.8	72.1
6	69.6	71.7
7	69.1	71.7
8	69.0	71.3
9	68.7	71.2
10	68.5	70.7
11	68.1	70.4
12	67.7	70.4
13	67.7	70.3
14	67.9	69.7
15	68.1	69.8
16	68.0	70.2
17	67.9	70.2
18	67.9	69.8
19	67.9	70.2
20	68.0	69.7
Promedio	67.92	70.07
Desviación	0.140	0.287
Varianza	0.01956	0.08233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.21023	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.932	



ANEXO 10: BASE DE DATOS - SEGUNDA MUESTRA

1. SALA - COMEDOR

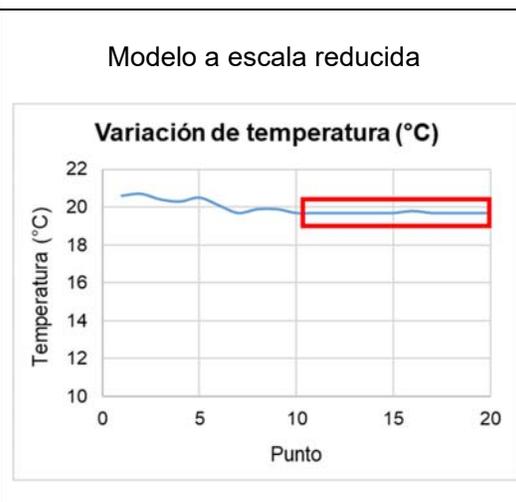
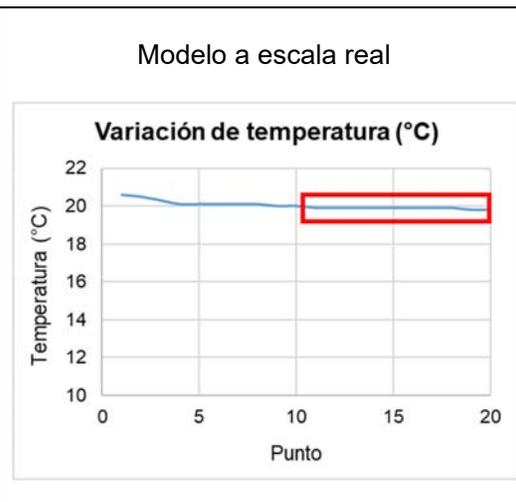
1.1. ESCENARIO 01

1.1.1. Temperatura interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.6	20.6
2	20.5	20.7
3	20.3	20.4
4	20.1	20.3
5	20.1	20.5
6	20.1	20.1
7	20.1	19.7
8	20.1	19.9
9	20.0	19.9
10	20.0	19.7
11	19.9	19.7
12	19.9	19.7
13	19.9	19.7
14	19.9	19.7
15	19.9	19.7
16	19.9	19.8
17	19.9	19.7
18	19.9	19.7
19	19.8	19.7
20	19.8	19.7
Promedio	19.88	19.71
Desviación	0.042	0.032
Varianza	0.00178	0.00100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.77778	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.135	

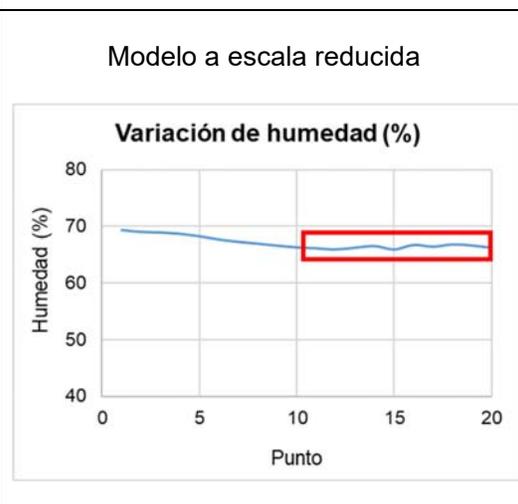
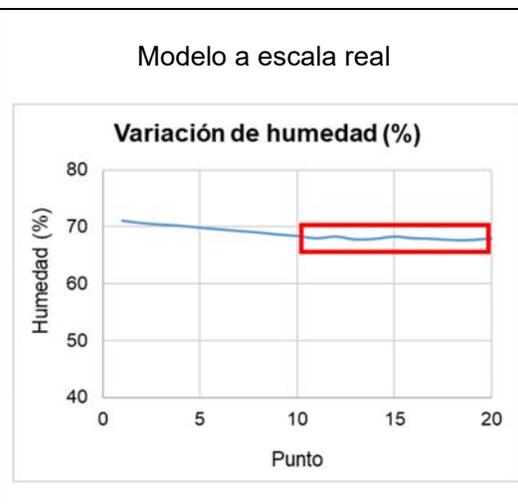


1.1.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.0	69.4
2	70.6	69.1
3	70.4	69.0
4	70.2	68.7
5	69.8	68.3
6	69.6	67.7
7	69.3	67.3
8	69.0	66.9
9	68.7	66.6
10	68.4	66.3
11	68.0	66.1
12	68.3	65.9
13	67.8	66.2
14	67.9	66.5
15	68.3	65.9
16	68.0	66.7
17	67.9	66.4
18	67.7	66.8
19	67.7	66.6
20	68.0	66.2
Promedio	67.96	66.33
Desviación	0.212	0.320
Varianza	0.04489	0.10233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.27970	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.374	



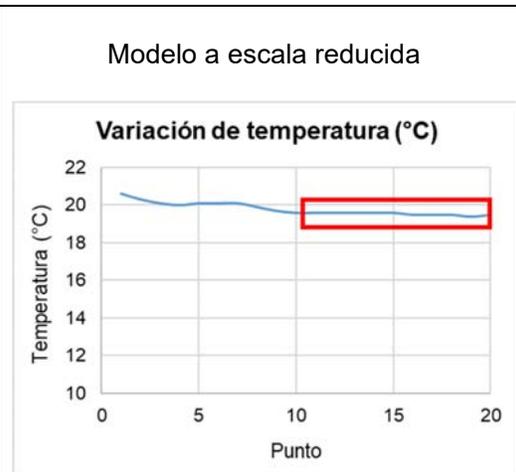
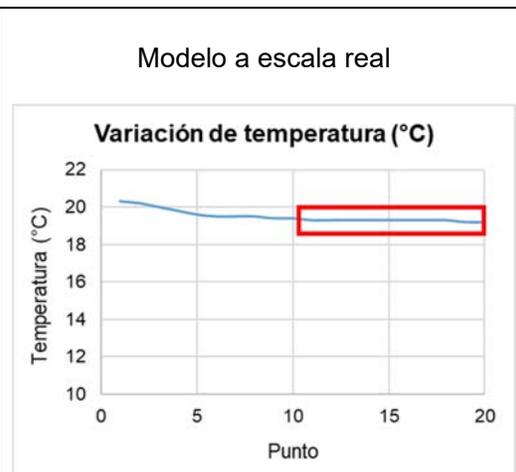
1.2. ESCENARIO 02

1.2.1. Temperatura interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.3	20.6
2	20.2	20.3
3	20.0	20.1
4	19.8	20.0
5	19.6	20.1
6	19.5	20.1
7	19.5	20.1
8	19.5	19.9
9	19.4	19.7
10	19.4	19.6
11	19.3	19.6
12	19.3	19.6
13	19.3	19.6
14	19.3	19.6
15	19.3	19.6
16	19.3	19.5
17	19.3	19.5
18	19.3	19.5
19	19.2	19.4
20	19.2	19.5
Promedio	19.28	19.54
Desviación	0.042	0.070
Varianza	0.00178	0.00489
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.75000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.206	

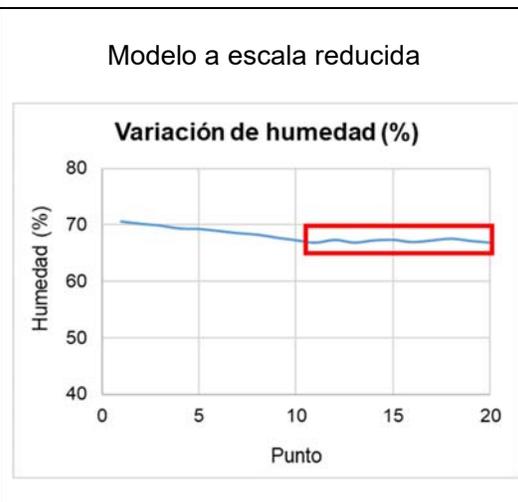
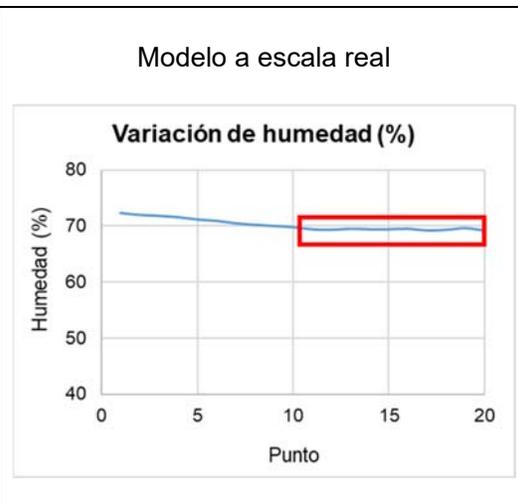


1.2.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.4	70.6
2	72.0	70.2
3	71.8	69.9
4	71.6	69.4
5	71.2	69.3
6	70.9	69.0
7	70.5	68.6
8	70.2	68.3
9	70.0	67.8
10	69.8	67.3
11	69.4	66.9
12	69.3	67.4
13	69.5	66.9
14	69.4	67.3
15	69.4	67.4
16	69.5	67.0
17	69.2	67.3
18	69.3	67.6
19	69.6	67.2
20	69.2	66.9
Promedio	69.38	67.19
Desviación	0.132	0.251
Varianza	0.01733	0.06322
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.64744	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.996	



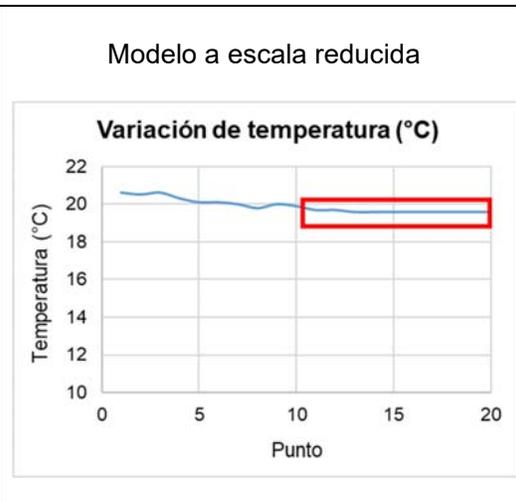
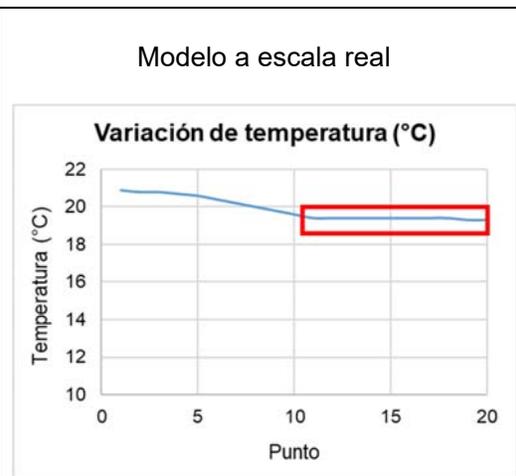
1.3. ESCENARIO 03

1.3.1. Temperatura interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.9	20.6
2	20.8	20.5
3	20.8	20.6
4	20.7	20.3
5	20.6	20.1
6	20.4	20.1
7	20.2	20.0
8	20.0	19.8
9	19.8	20.0
10	19.6	19.9
11	19.4	19.7
12	19.4	19.7
13	19.4	19.6
14	19.4	19.6
15	19.4	19.6
16	19.4	19.6
17	19.4	19.6
18	19.4	19.6
19	19.3	19.6
20	19.3	19.6
Promedio	19.38	19.62
Desviación	0.042	0.042
Varianza	0.00178	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.200	

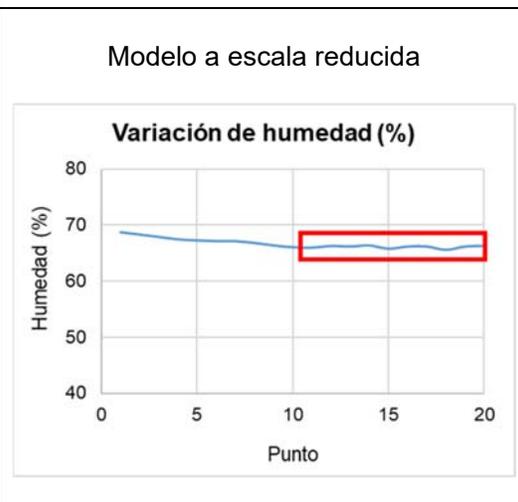
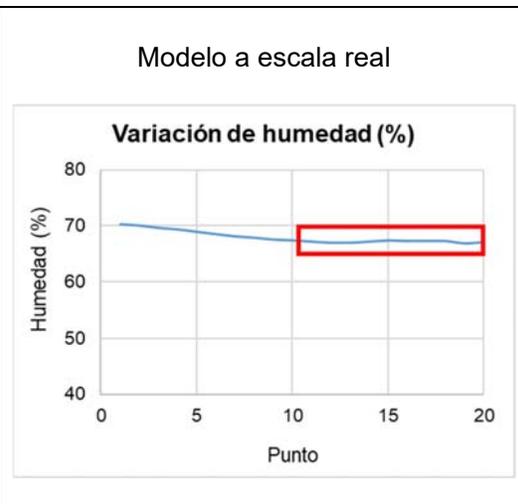


1.3.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	70.3	68.8
2	70.0	68.4
3	69.6	68.0
4	69.4	67.5
5	68.9	67.3
6	68.5	67.2
7	68.1	67.2
8	67.9	66.8
9	67.6	66.4
10	67.4	66.1
11	67.2	66.0
12	67.0	66.3
13	67.0	66.2
14	67.2	66.4
15	67.4	65.8
16	67.3	66.2
17	67.3	66.2
18	67.3	65.6
19	66.9	66.2
20	67.1	66.3
Promedio	67.17	66.12
Desviación	0.164	0.249
Varianza	0.02678	0.06178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.30705	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.851	



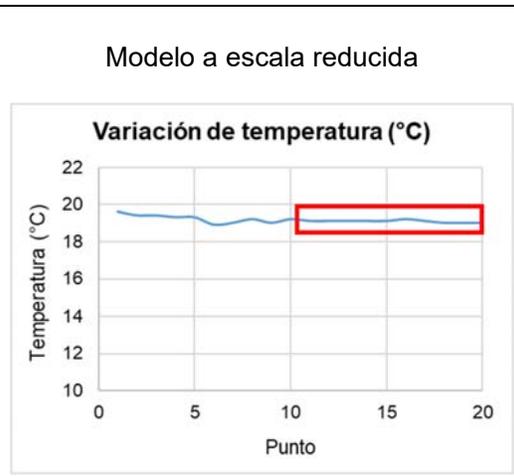
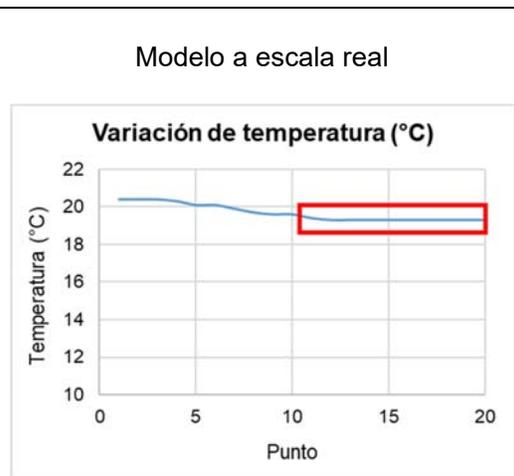
1.4. ESCENARIO 04

1.4.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.4	19.6
2	20.4	19.4
3	20.4	19.4
4	20.3	19.3
5	20.1	19.3
6	20.1	18.9
7	19.9	19.0
8	19.7	19.2
9	19.6	19.0
10	19.6	19.2
11	19.4	19.1
12	19.3	19.1
13	19.3	19.1
14	19.3	19.1
15	19.3	19.1
16	19.3	19.2
17	19.3	19.1
18	19.3	19.0
19	19.3	19.0
20	19.3	19.0
Promedio	19.31	19.08
Desviación	0.032	0.063
Varianza	0.00100	0.00400
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.00000	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	0.182	

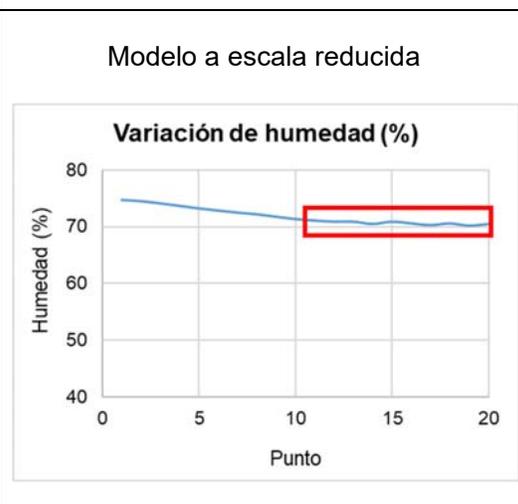
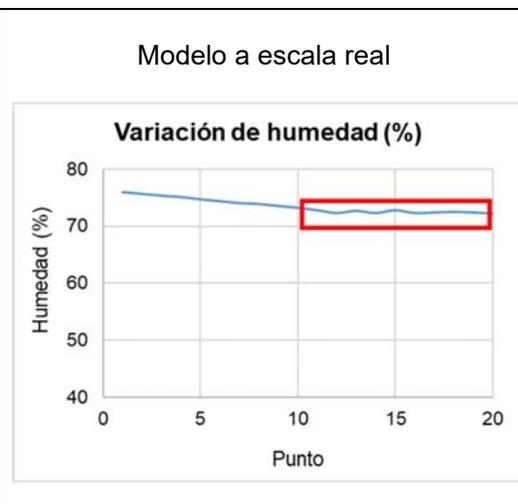


1.4.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	76.0	74.7
2	75.7	74.5
3	75.4	74.1
4	75.2	73.7
5	74.7	73.2
6	74.4	72.9
7	74.1	72.5
8	73.9	72.2
9	73.6	71.8
10	73.2	71.4
11	72.8	71.1
12	72.3	70.9
13	72.7	70.9
14	72.3	70.5
15	72.8	70.9
16	72.3	70.6
17	72.4	70.3
18	72.5	70.6
19	72.4	70.2
20	72.2	70.5
Promedio	72.47	70.65
Desviación	0.221	0.292
Varianza	0.04900	0.08500
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.73469	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.576	



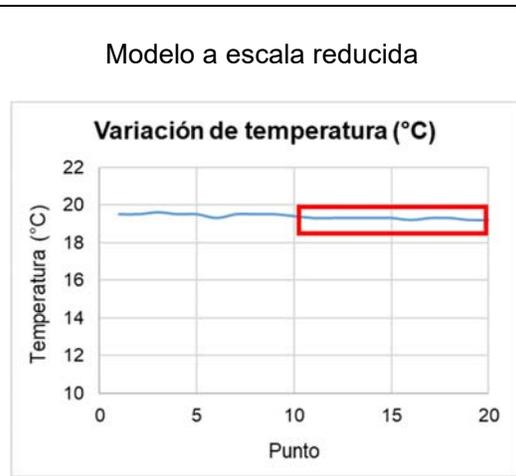
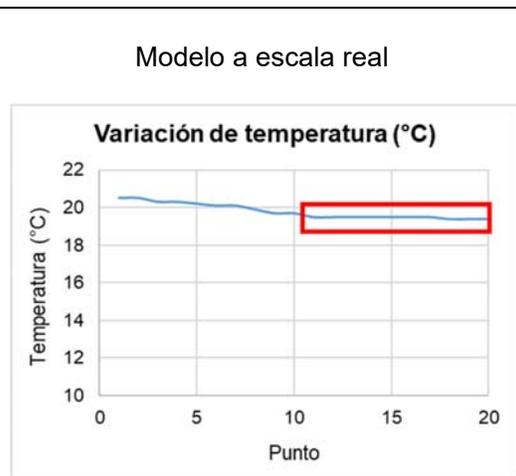
1.5. ESCENARIO 05

1.5.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.5	19.5
2	20.5	19.5
3	20.3	19.6
4	20.3	19.5
5	20.2	19.5
6	20.1	19.3
7	20.1	19.5
8	19.9	19.5
9	19.7	19.5
10	19.7	19.4
11	19.5	19.3
12	19.5	19.3
13	19.5	19.3
14	19.5	19.3
15	19.5	19.3
16	19.5	19.2
17	19.5	19.3
18	19.4	19.3
19	19.4	19.2
20	19.4	19.2
Promedio	19.47	19.27
Desviación	0.048	0.048
Varianza	0.00233	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.154	

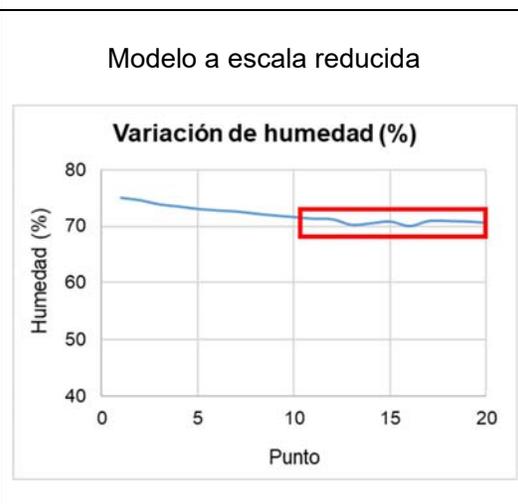
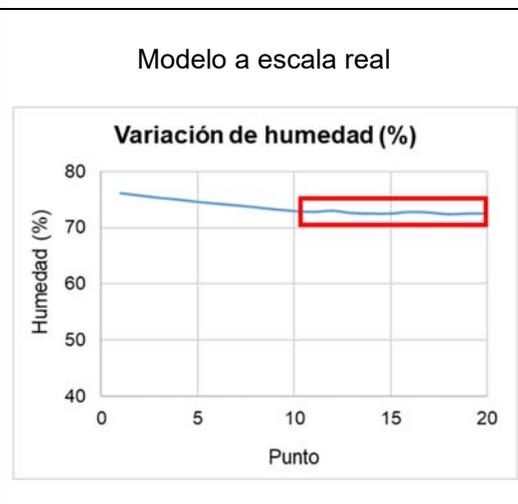


1.5.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	76.1	75.1
2	75.7	74.7
3	75.3	73.9
4	75.0	73.6
5	74.6	73.1
6	74.2	72.9
7	74.0	72.7
8	73.6	72.3
9	73.2	72.0
10	73.0	71.7
11	72.8	71.4
12	73.0	71.3
13	72.6	70.3
14	72.5	70.6
15	72.5	70.9
16	72.8	70.1
17	72.7	71.0
18	72.4	71.0
19	72.5	70.9
20	72.5	70.7
Promedio	72.63	70.82
Desviación	0.189	0.408
Varianza	0.03567	0.16622
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.66044	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	1.500	



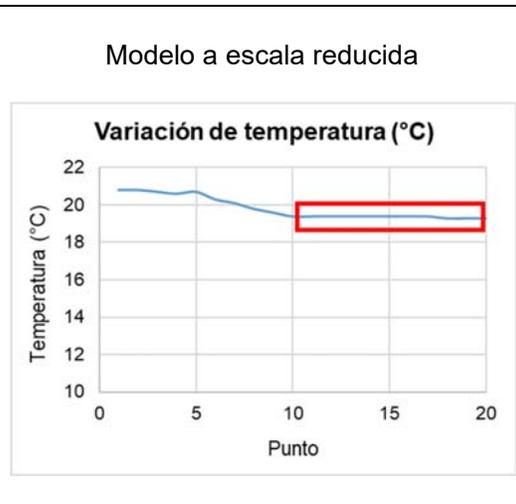
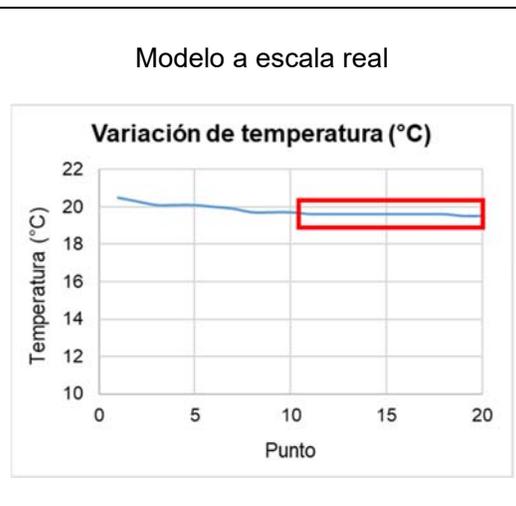
1.6. ESCENARIO 06

1.6.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.5	20.8
2	20.3	20.8
3	20.1	20.7
4	20.1	20.6
5	20.1	20.7
6	20.0	20.3
7	19.9	20.1
8	19.7	19.8
9	19.7	19.6
10	19.7	19.4
11	19.6	19.4
12	19.6	19.4
13	19.6	19.4
14	19.6	19.4
15	19.6	19.4
16	19.6	19.4
17	19.6	19.4
18	19.6	19.3
19	19.5	19.3
20	19.5	19.3
Promedio	19.58	19.37
Desviación	0.042	0.048
Varianza	0.00178	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.31250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.167	

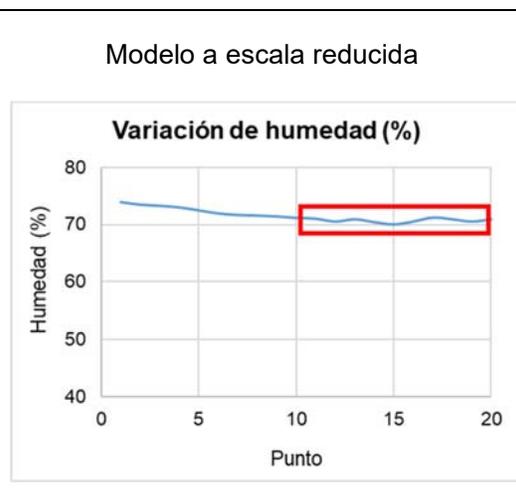
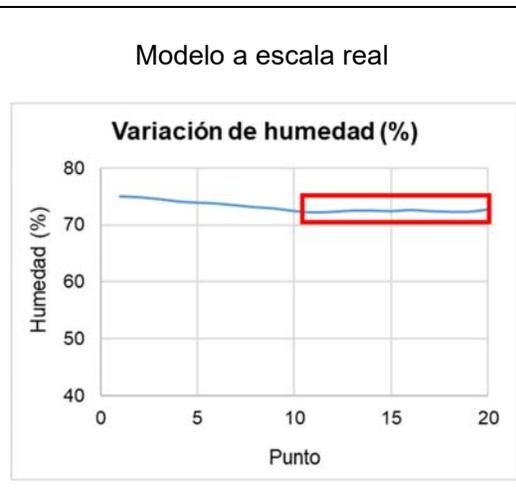


1.6.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.0	73.9
2	74.8	73.5
3	74.6	73.3
4	74.1	73.0
5	73.9	72.5
6	73.8	71.9
7	73.5	71.7
8	73.2	71.6
9	73.0	71.4
10	72.5	71.2
11	72.3	71.0
12	72.4	70.5
13	72.6	70.9
14	72.6	70.4
15	72.5	70.0
16	72.7	70.5
17	72.5	71.2
18	72.4	70.9
19	72.4	70.5
20	72.8	70.9
Promedio	72.52	70.68
Desviación	0.155	0.358
Varianza	0.02400	0.12844
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.35185	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	1.571	



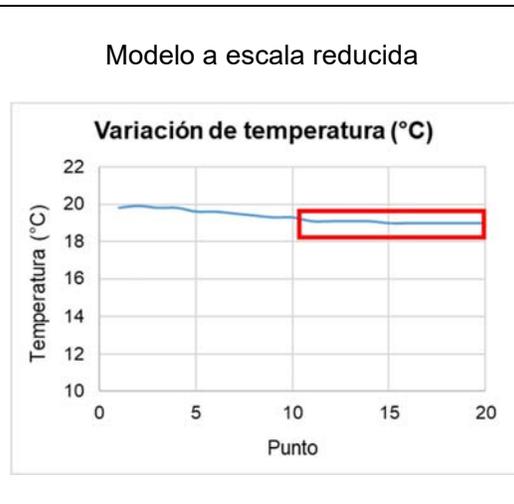
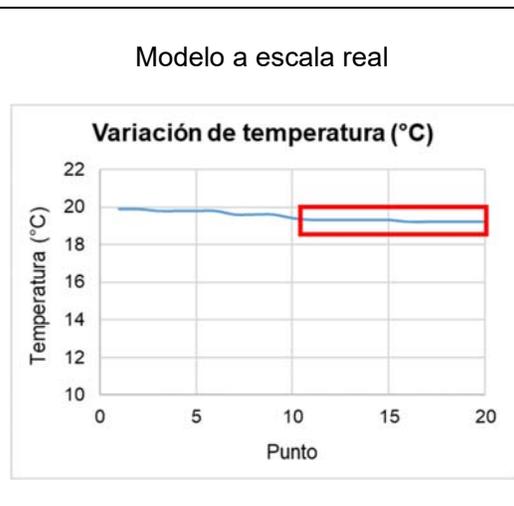
1.7. ESCENARIO 07

1.7.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.9	19.8
2	19.9	19.9
3	19.8	19.8
4	19.8	19.8
5	19.8	19.6
6	19.8	19.6
7	19.6	19.5
8	19.6	19.4
9	19.6	19.3
10	19.4	19.3
11	19.3	19.1
12	19.3	19.1
13	19.3	19.1
14	19.3	19.1
15	19.3	19.0
16	19.2	19.0
17	19.2	19.0
18	19.2	19.0
19	19.2	19.0
20	19.2	19.0
Promedio	19.25	19.04
Desviación	0.053	0.052
Varianza	0.00278	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.04167	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.161	

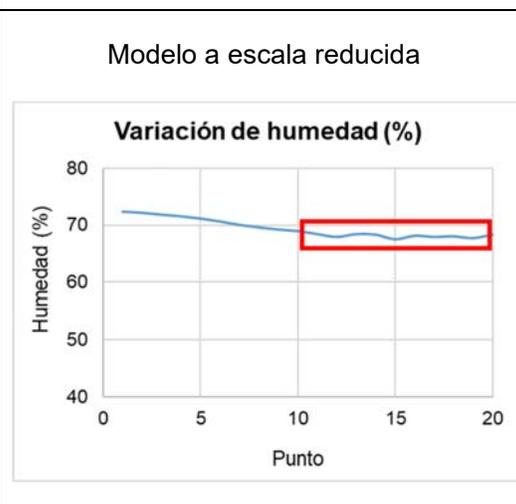
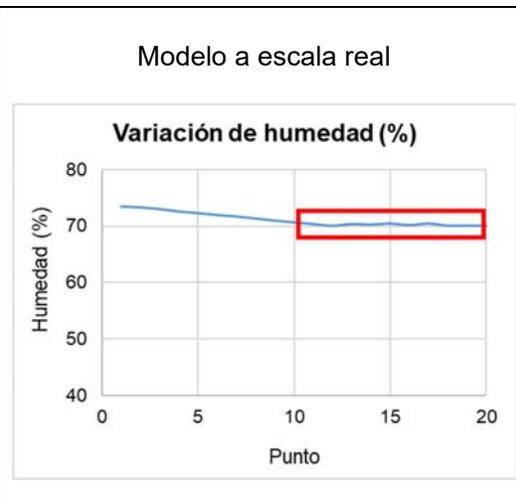


1.7.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	73.5	72.4
2	73.3	72.2
3	73.0	71.9
4	72.6	71.6
5	72.3	71.2
6	71.9	70.7
7	71.7	70.1
8	71.3	69.7
9	70.9	69.3
10	70.6	69.0
11	70.3	68.5
12	70.0	68.0
13	70.3	68.5
14	70.2	68.4
15	70.4	67.6
16	70.1	68.2
17	70.4	68.0
18	70.0	68.1
19	70.0	67.8
20	70.0	68.4
Promedio	70.17	68.15
Desviación	0.170	0.306
Varianza	0.02900	0.09389
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.23755	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1448	
Diferencia	1.782	



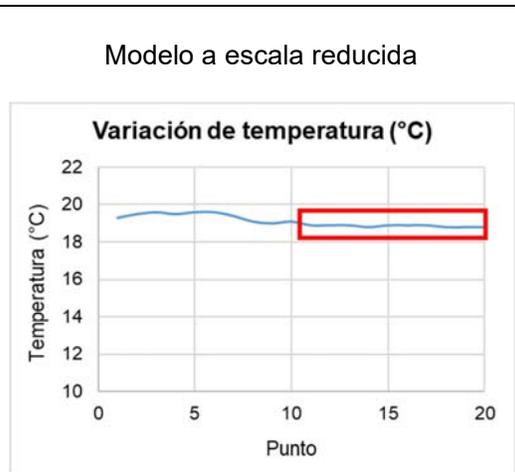
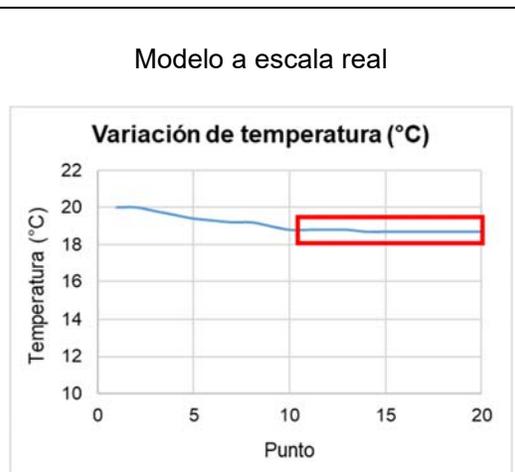
1.8. ESCENARIO 08

1.8.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.0	19.3
2	20.0	19.5
3	19.8	19.6
4	19.6	19.5
5	19.4	19.6
6	19.3	19.6
7	19.2	19.4
8	19.2	19.1
9	19.0	19.0
10	18.8	19.1
11	18.8	18.9
12	18.8	18.9
13	18.8	18.9
14	18.7	18.8
15	18.7	18.9
16	18.7	18.9
17	18.7	18.9
18	18.7	18.8
19	18.7	18.8
20	18.7	18.8
Promedio	18.73	18.86
Desviación	0.048	0.052
Varianza	0.00233	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.14286	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.083	

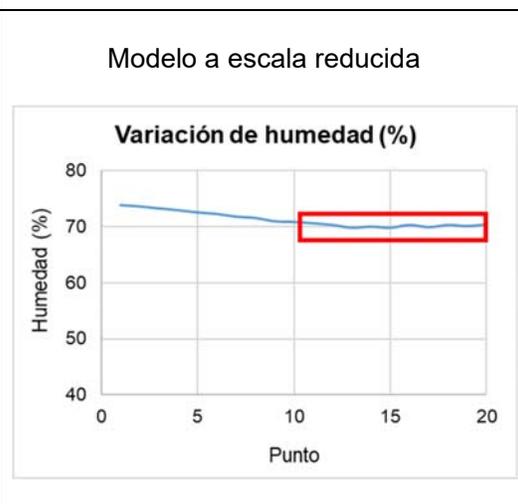
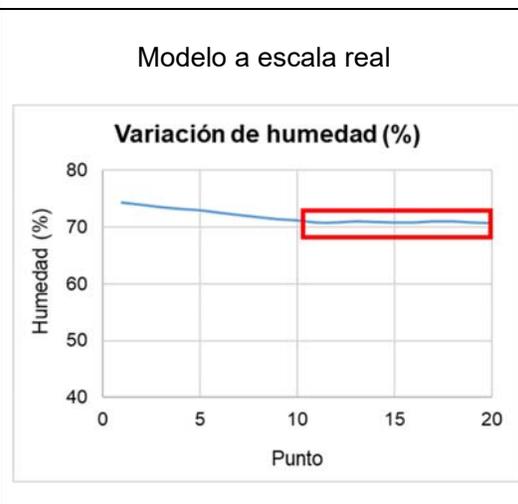


1.8.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.3	73.9
2	74.0	73.7
3	73.6	73.4
4	73.3	73.0
5	73.0	72.6
6	72.6	72.4
7	72.2	71.9
8	71.8	71.7
9	71.5	71.1
10	71.3	70.9
11	70.9	70.7
12	70.9	70.4
13	71.1	69.9
14	71.0	70.1
15	70.9	69.9
16	70.9	70.4
17	71.1	70.0
18	71.1	70.4
19	70.9	70.2
20	70.8	70.5
Promedio	70.96	70.25
Desviación	0.107	0.272
Varianza	0.01156	0.07389
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	6.39423	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	0.507	



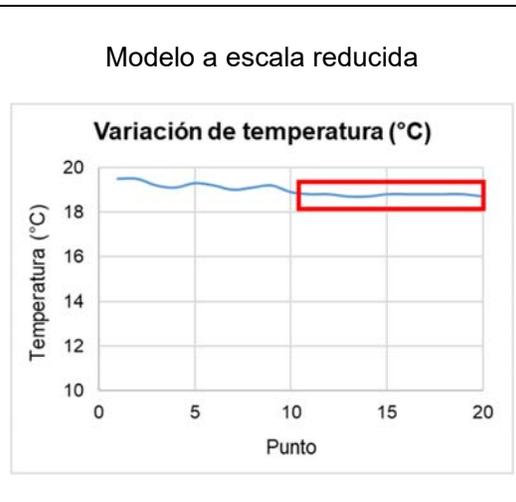
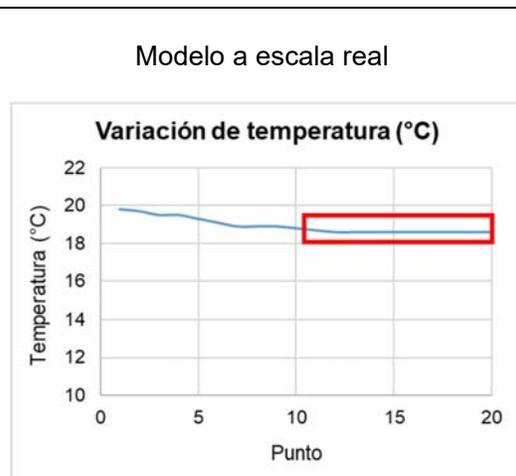
1.9. ESCENARIO 09

1.9.1. Temperatura interior

Fecha: 07 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.8	19.5
2	19.7	19.5
3	19.5	19.2
4	19.5	19.1
5	19.3	19.3
6	19.1	19.2
7	18.9	19.0
8	18.9	19.1
9	18.9	19.2
10	18.8	18.9
11	18.7	18.8
12	18.6	18.8
13	18.6	18.7
14	18.6	18.7
15	18.6	18.8
16	18.6	18.8
17	18.6	18.8
18	18.6	18.8
19	18.6	18.8
20	18.6	18.7
Promedio	18.61	18.77
Desviación	0.032	0.048
Varianza	0.00100	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.33333	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.121	

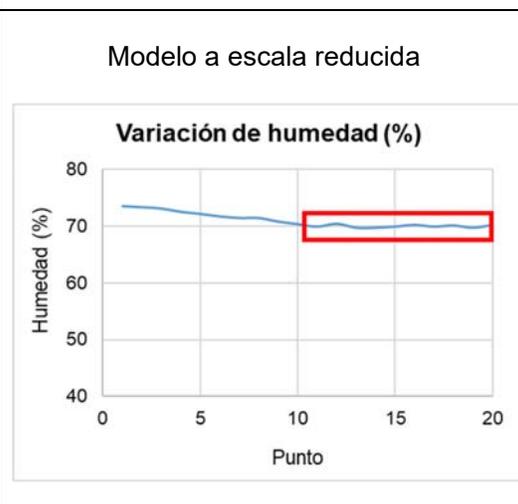
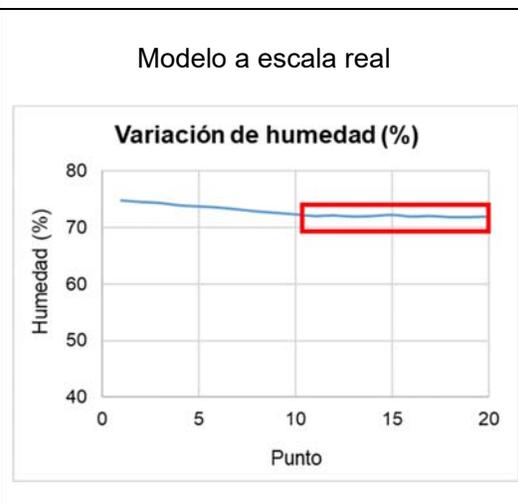


1.9.2. Humedad interior

Fecha: 06 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.9	73.6
2	74.6	73.4
3	74.4	73.2
4	74.0	72.6
5	73.8	72.2
6	73.6	71.8
7	73.3	71.5
8	72.9	71.5
9	72.7	70.9
10	72.4	70.4
11	72.1	70.0
12	72.2	70.5
13	72.0	69.8
14	72.1	69.8
15	72.3	70.0
16	72.0	70.3
17	72.1	70.0
18	71.9	70.2
19	71.9	69.8
20	72.0	70.3
Promedio	72.06	70.07
Desviación	0.126	0.245
Varianza	0.01600	0.06011
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.75694	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.802	



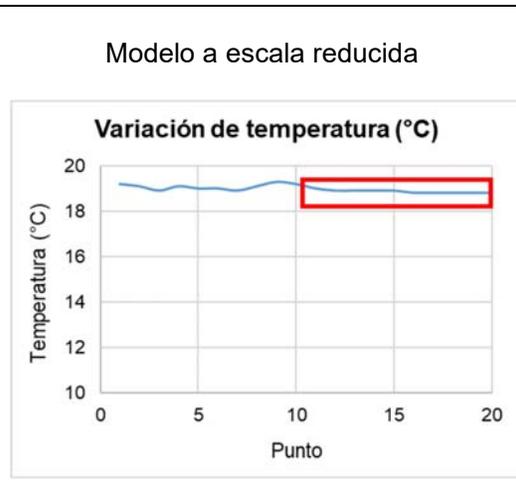
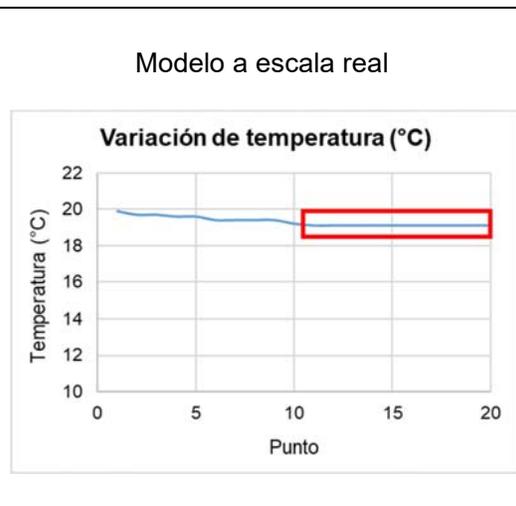
1.10. ESCENARIO 10

1.10.1. Temperatura interior

Fecha: 08 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.9	19.2
2	19.7	19.1
3	19.7	18.9
4	19.6	19.1
5	19.6	19.0
6	19.4	19.0
7	19.4	18.9
8	19.4	19.1
9	19.4	19.3
10	19.2	19.2
11	19.1	19.0
12	19.1	18.9
13	19.1	18.9
14	19.1	18.9
15	19.1	18.9
16	19.1	18.8
17	19.1	18.8
18	19.1	18.8
19	19.1	18.8
20	19.1	18.8
Promedio	19.10	18.86
Desviación	0.000	0.070
Varianza	0.00000	0.00489
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2622	
Diferencia	0.190	

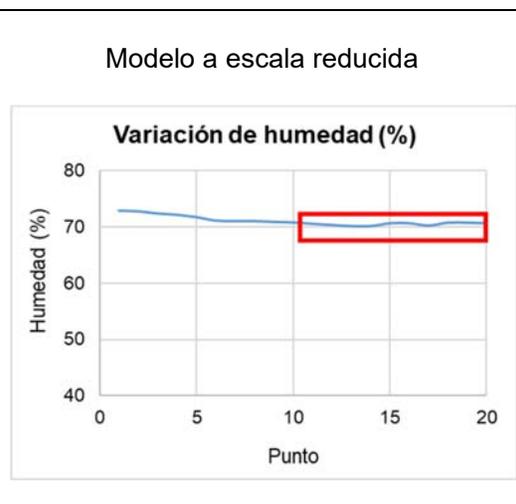
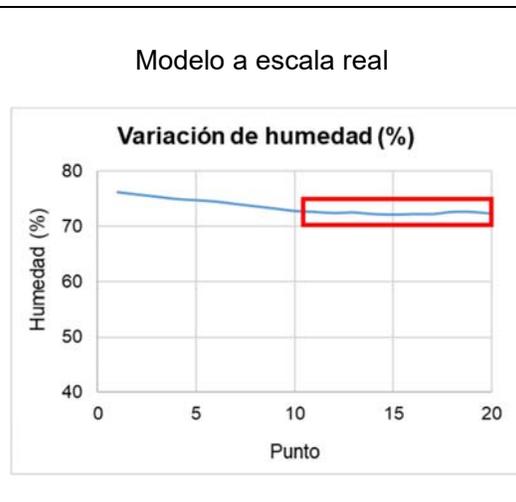


1.10.2. Humedad interior

Fecha: 08 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	76.3	73.0
2	75.9	72.8
3	75.5	72.4
4	75.0	72.2
5	74.8	71.8
6	74.6	71.2
7	74.1	71.1
8	73.7	71.1
9	73.3	70.9
10	72.9	70.8
11	72.7	70.6
12	72.5	70.4
13	72.6	70.2
14	72.3	70.2
15	72.2	70.7
16	72.3	70.7
17	72.3	70.3
18	72.7	70.8
19	72.7	70.8
20	72.4	70.7
Promedio	72.47	70.54
Desviación	0.195	0.241
Varianza	0.03789	0.05822
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.53666	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.724	



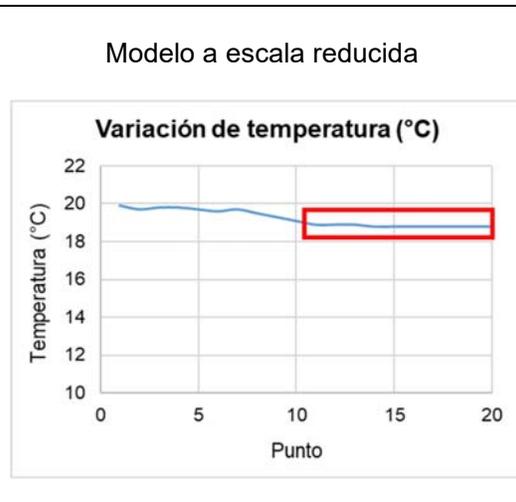
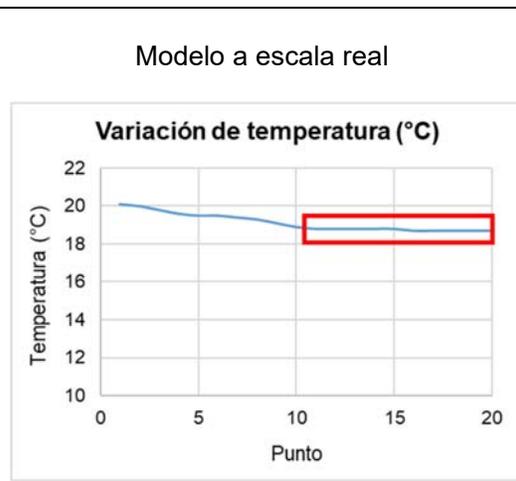
1.11. ESCENARIO 11

1.11.1. Temperatura interior

Fecha: 08 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.1	19.9
2	20.0	19.7
3	19.8	19.8
4	19.6	19.8
5	19.5	19.7
6	19.5	19.6
7	19.4	19.7
8	19.3	19.5
9	19.1	19.3
10	18.9	19.1
11	18.8	18.9
12	18.8	18.9
13	18.8	18.9
14	18.8	18.8
15	18.8	18.8
16	18.7	18.8
17	18.7	18.8
18	18.7	18.8
19	18.7	18.8
20	18.7	18.8
Promedio	18.75	18.83
Desviación	0.053	0.048
Varianza	0.00278	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.19048	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.032	

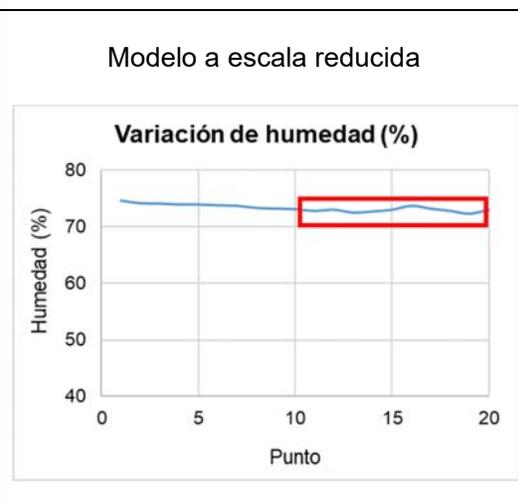
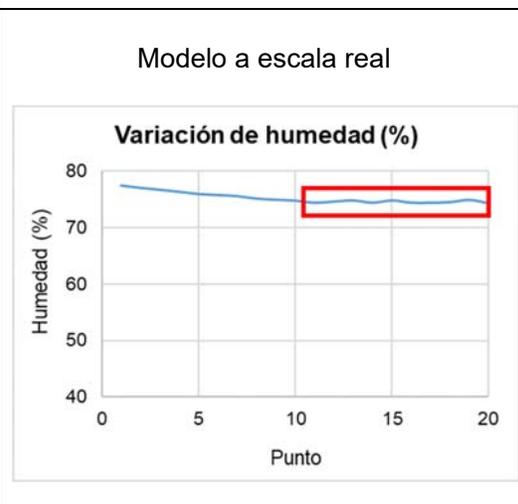


1.11.2. Humedad interior

Fecha: 08 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	77.5	74.6
2	77.0	74.2
3	76.7	74.1
4	76.3	73.9
5	76.0	73.9
6	75.8	73.8
7	75.6	73.7
8	75.1	73.3
9	74.9	73.2
10	74.8	73.1
11	74.4	72.8
12	74.6	73.0
13	74.8	72.5
14	74.4	72.7
15	74.8	73.0
16	74.4	73.7
17	74.4	73.2
18	74.5	72.8
19	74.9	72.3
20	74.3	73.0
Promedio	74.55	72.90
Desviación	0.212	0.386
Varianza	0.04500	0.14889
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.30864	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.349	



2. COCINA

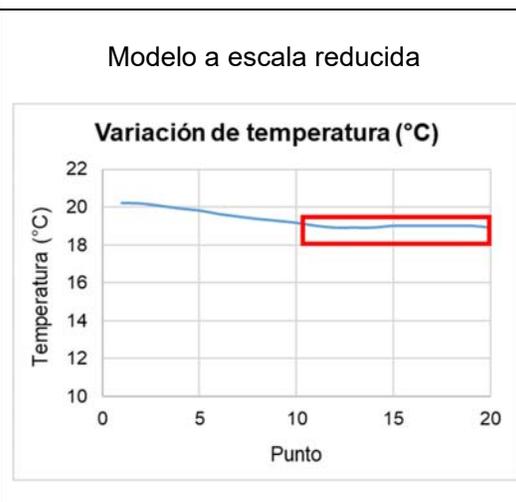
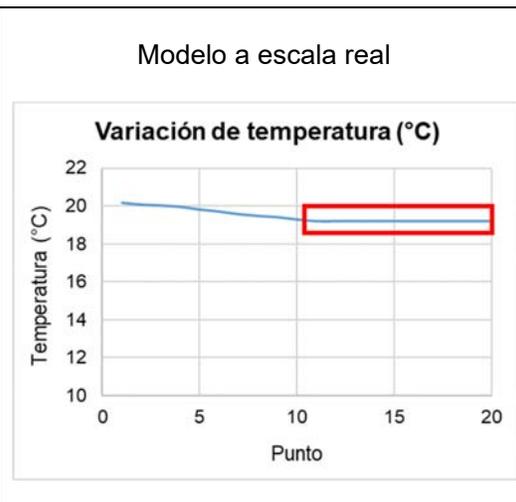
2.1. ESCENARIO 01

2.1.1. Temperatura interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.2	20.2
2	20.1	20.2
3	20.0	20.1
4	20.0	19.9
5	19.8	19.8
6	19.7	19.6
7	19.6	19.5
8	19.5	19.4
9	19.4	19.3
10	19.3	19.2
11	19.2	19.0
12	19.2	18.9
13	19.2	18.9
14	19.2	18.9
15	19.2	19.0
16	19.2	19.0
17	19.2	19.0
18	19.2	19.0
19	19.2	19.0
20	19.2	18.9
Promedio	19.20	18.96
Desviación	0.000	0.052
Varianza	0.00000	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2622	
Diferencia	0.203	

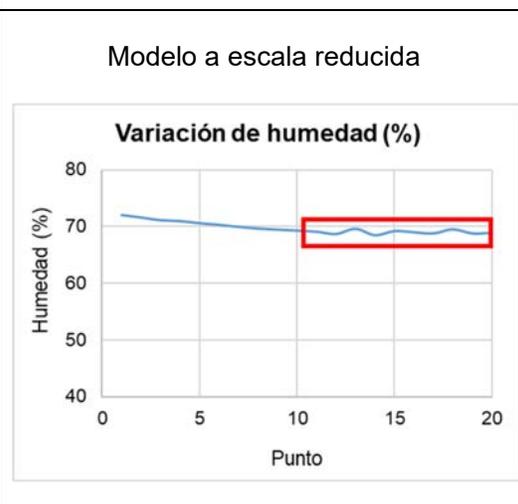
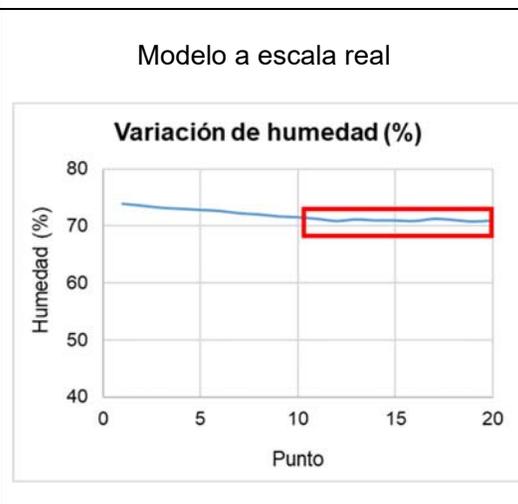


2.1.2. Humedad interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.0	72.0
2	73.6	71.5
3	73.2	71.1
4	73.0	70.9
5	72.8	70.6
6	72.6	70.3
7	72.2	69.9
8	72.0	69.6
9	71.6	69.5
10	71.5	69.3
11	71.2	69.1
12	70.8	68.7
13	71.1	69.6
14	70.9	68.5
15	70.9	69.2
16	70.8	69.0
17	71.2	68.8
18	71.0	69.5
19	70.7	68.8
20	70.9	68.9
Promedio	70.95	69.01
Desviación	0.172	0.348
Varianza	0.02944	0.12100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.10943	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.675	



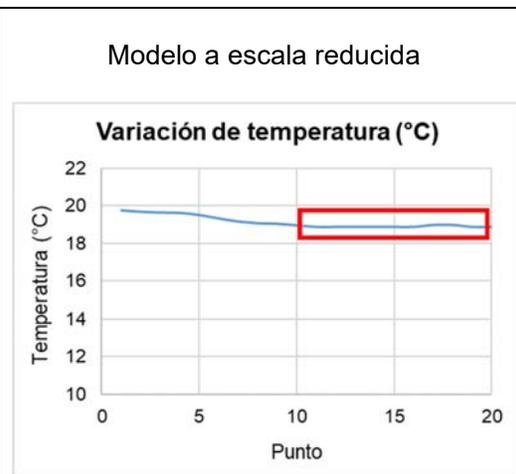
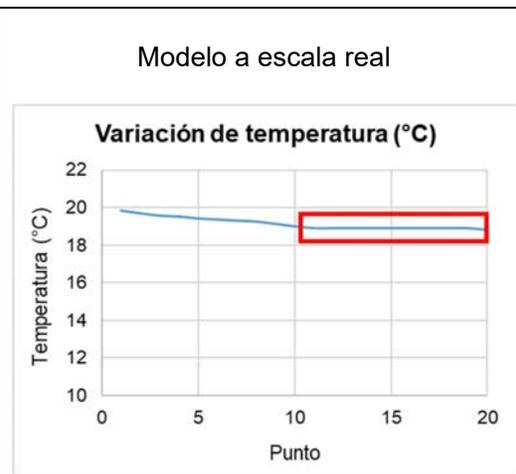
2.2. ESCENARIO 02

2.2.1. Temperatura interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.8	19.8
2	19.7	19.7
3	19.6	19.7
4	19.5	19.6
5	19.4	19.5
6	19.4	19.3
7	19.3	19.2
8	19.3	19.1
9	19.1	19.1
10	19.0	19.0
11	18.9	18.9
12	18.9	18.9
13	18.9	18.9
14	18.9	18.9
15	18.9	18.9
16	18.9	18.9
17	18.9	19.0
18	18.9	19.0
19	18.9	18.9
20	18.8	18.9
Promedio	18.89	18.92
Desviación	0.032	0.042
Varianza	0.00100	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.77778	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.005	

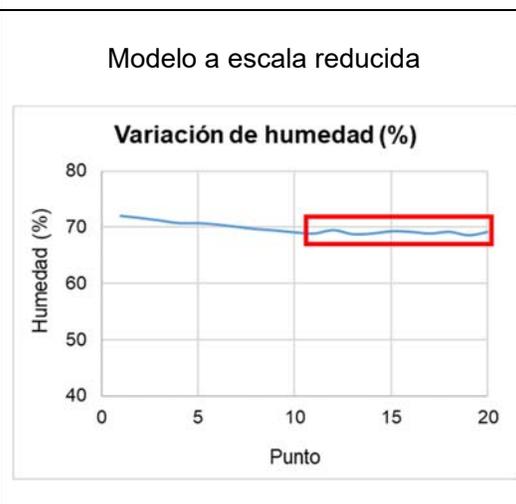
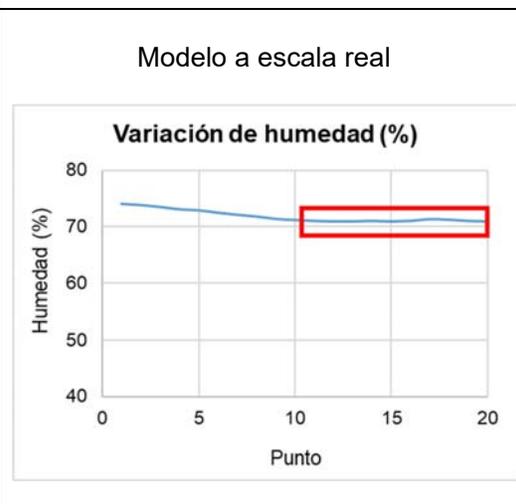


2.2.2. Humedad interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.0	72.0
2	73.8	71.6
3	73.5	71.2
4	73.1	70.7
5	72.9	70.7
6	72.4	70.5
7	72.1	70.1
8	71.8	69.7
9	71.4	69.5
10	71.2	69.1
11	71.0	68.9
12	70.9	69.5
13	70.9	68.8
14	71.0	68.9
15	70.9	69.3
16	71.0	69.2
17	71.3	68.9
18	71.2	69.2
19	71.0	68.6
20	70.9	69.2
Promedio	71.01	69.05
Desviación	0.137	0.272
Varianza	0.01878	0.07389
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.93491	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.752	



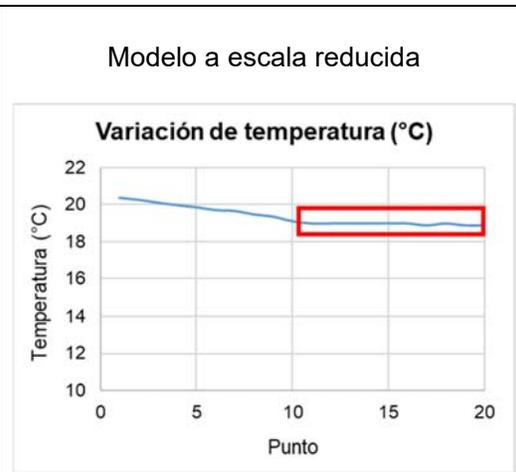
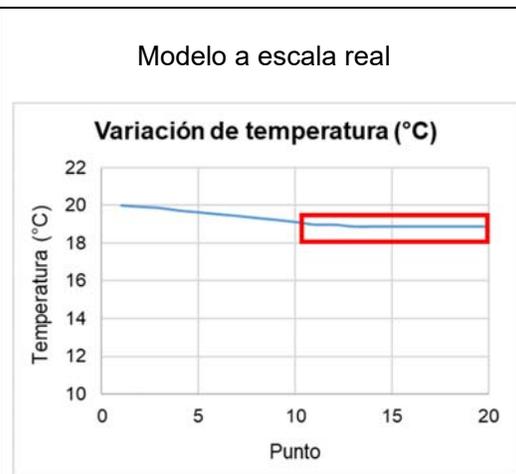
2.3. ESCENARIO 03

2.3.1. Temperatura interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.0	20.4
2	19.9	20.3
3	19.9	20.1
4	19.7	20.0
5	19.7	19.9
6	19.6	19.7
7	19.5	19.7
8	19.4	19.5
9	19.3	19.4
10	19.1	19.1
11	19.0	19.0
12	19.0	19.0
13	18.9	19.0
14	18.9	19.0
15	18.9	19.0
16	18.9	19.0
17	18.9	18.9
18	18.9	19.0
19	18.9	18.9
20	18.9	18.9
Promedio	18.92	18.97
Desviación	0.042	0.048
Varianza	0.00178	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.31250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.007	

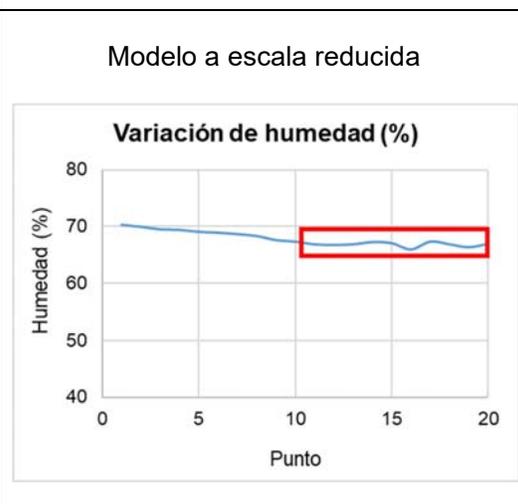
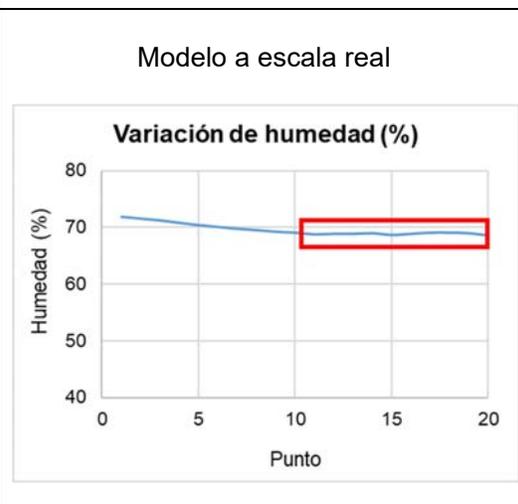


2.3.2. Humedad interior

Fecha: 09 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.9	70.3
2	71.5	69.9
3	71.2	69.5
4	70.8	69.4
5	70.4	69.0
6	70.1	68.9
7	69.8	68.6
8	69.6	68.3
9	69.3	67.6
10	69.1	67.3
11	68.8	66.8
12	68.9	66.7
13	68.9	66.8
14	69.0	67.2
15	68.7	67.0
16	68.9	65.9
17	69.1	67.3
18	69.1	66.8
19	69.0	66.3
20	68.6	66.9
Promedio	68.90	66.77
Desviación	0.163	0.411
Varianza	0.02667	0.16900
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	6.33750	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.822	



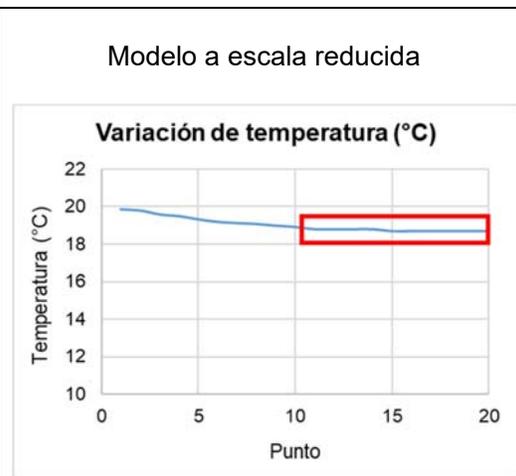
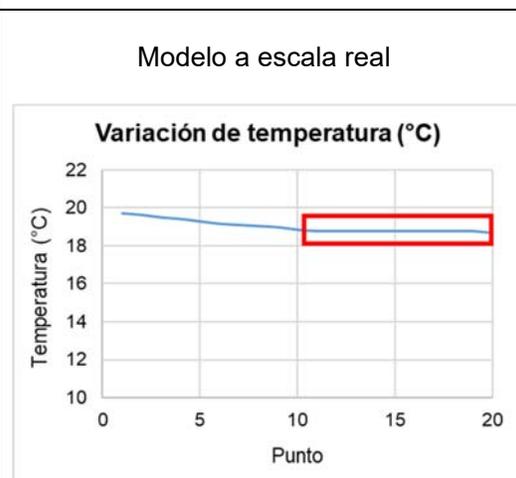
2.4. ESCENARIO 04

2.4.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.7	19.9
2	19.6	19.8
3	19.5	19.6
4	19.4	19.5
5	19.3	19.3
6	19.2	19.2
7	19.1	19.1
8	19.1	19.1
9	19.0	19.0
10	18.9	18.9
11	18.8	18.8
12	18.8	18.8
13	18.8	18.8
14	18.8	18.8
15	18.8	18.7
16	18.8	18.7
17	18.8	18.7
18	18.8	18.7
19	18.8	18.7
20	18.7	18.7
Promedio	18.79	18.74
Desviación	0.032	0.052
Varianza	0.00100	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.66667	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.010	

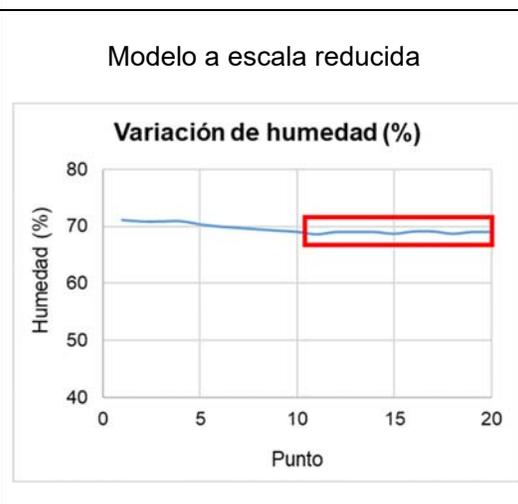
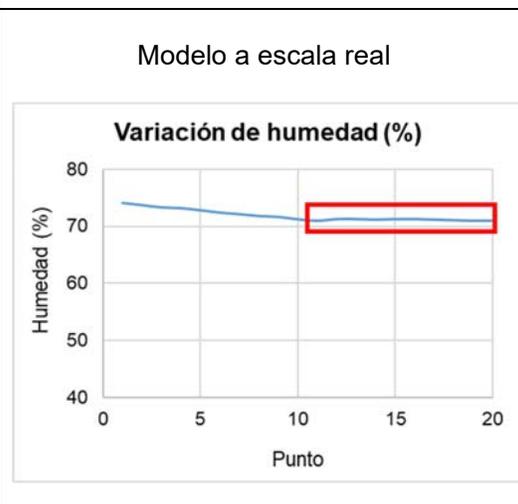


2.4.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.1	71.1
2	73.7	70.9
3	73.3	70.9
4	73.2	70.9
5	72.8	70.4
6	72.4	70.0
7	72.1	69.7
8	71.8	69.5
9	71.6	69.3
10	71.2	69.0
11	70.9	68.6
12	71.2	69.0
13	71.2	69.0
14	71.1	69.0
15	71.2	68.7
16	71.2	69.1
17	71.1	69.1
18	71.0	68.7
19	70.9	69.0
20	70.9	69.0
Promedio	71.07	68.92
Desviación	0.134	0.181
Varianza	0.01789	0.03289
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.83851	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	2.000	



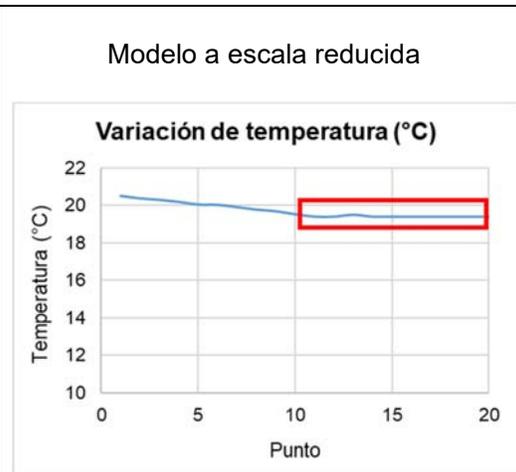
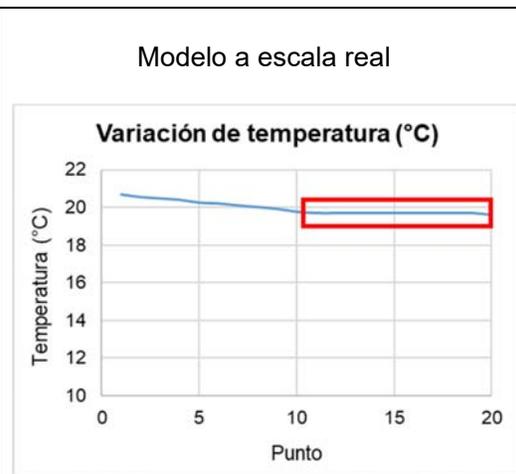
2.5. ESCENARIO 05

2.5.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.7	20.5
2	20.6	20.4
3	20.5	20.3
4	20.4	20.2
5	20.3	20.1
6	20.2	20.0
7	20.1	19.9
8	20.0	19.8
9	19.9	19.7
10	19.8	19.5
11	19.7	19.4
12	19.7	19.4
13	19.7	19.5
14	19.7	19.4
15	19.7	19.4
16	19.7	19.4
17	19.7	19.4
18	19.7	19.4
19	19.7	19.4
20	19.6	19.4
Promedio	19.69	19.41
Desviación	0.032	0.032
Varianza	0.00100	0.00100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.250	

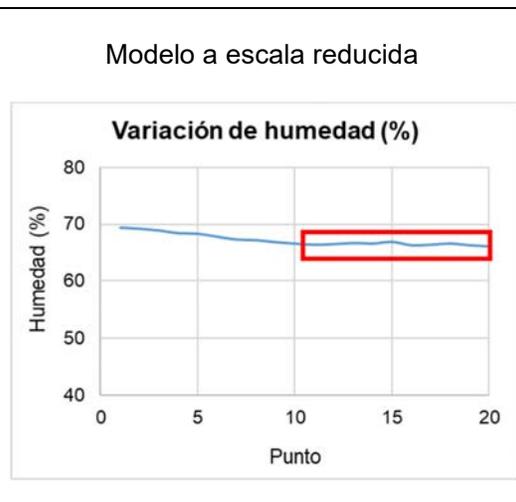
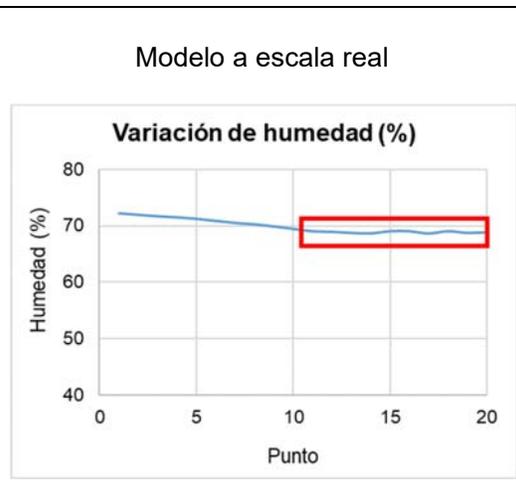


2.5.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.3	69.4
2	72.0	69.2
3	71.7	68.9
4	71.5	68.4
5	71.3	68.3
6	70.9	67.8
7	70.5	67.3
8	70.3	67.2
9	69.9	66.9
10	69.4	66.6
11	69.0	66.4
12	68.9	66.5
13	68.7	66.7
14	68.6	66.6
15	69.0	66.9
16	69.0	66.3
17	68.6	66.4
18	69.0	66.6
19	68.7	66.3
20	68.8	66.1
Promedio	68.83	66.48
Desviación	0.170	0.230
Varianza	0.02900	0.05289
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.82375	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	2.159	



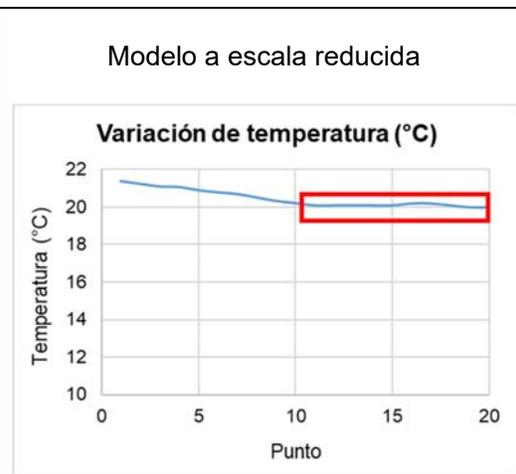
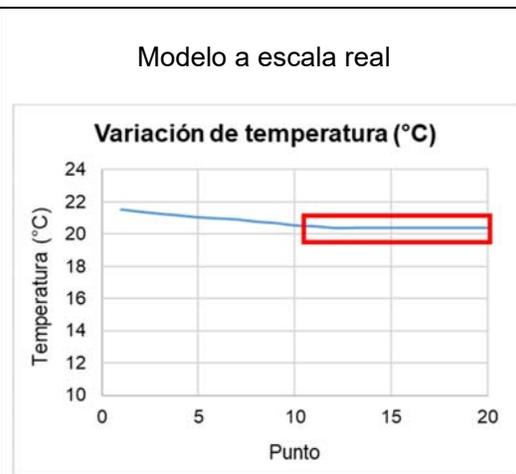
2.6. ESCENARIO 06

2.6.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.5	21.4
2	21.4	21.2
3	21.3	21.1
4	21.2	21.1
5	21.1	20.9
6	21.0	20.8
7	20.9	20.7
8	20.8	20.5
9	20.7	20.3
10	20.6	20.2
11	20.5	20.1
12	20.4	20.1
13	20.4	20.1
14	20.4	20.1
15	20.4	20.1
16	20.4	20.2
17	20.4	20.2
18	20.4	20.1
19	20.4	20.0
20	20.4	20.0
Promedio	20.41	20.10
Desviación	0.032	0.067
Varianza	0.00100	0.00444
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.44444	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	0.259	

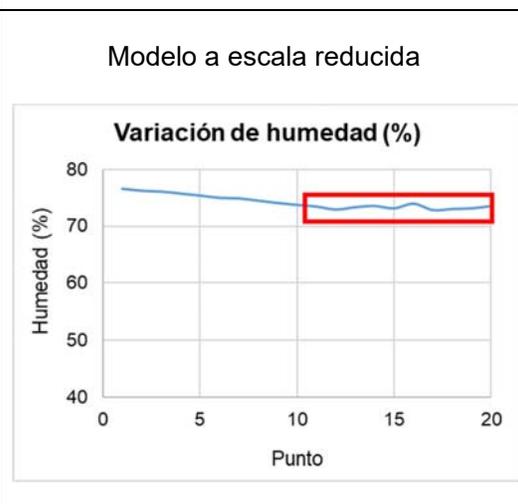
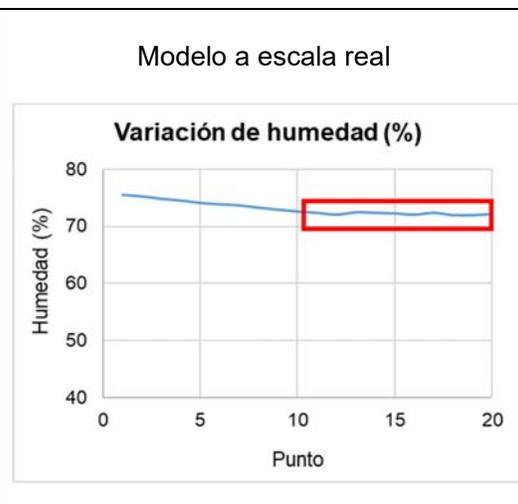


2.6.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.6	76.5
2	75.3	76.2
3	74.9	76.1
4	74.6	75.7
5	74.2	75.4
6	73.9	75.0
7	73.7	74.9
8	73.3	74.5
9	73.0	74.1
10	72.6	73.8
11	72.4	73.5
12	72.1	73.0
13	72.5	73.4
14	72.4	73.6
15	72.3	73.2
16	72.1	74.0
17	72.4	72.9
18	72.0	73.1
19	72.0	73.2
20	72.2	73.6
Promedio	72.24	73.35
Desviación	0.184	0.334
Varianza	0.03378	0.11167
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.30592	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	0.849	



3. DORMITORIO 01

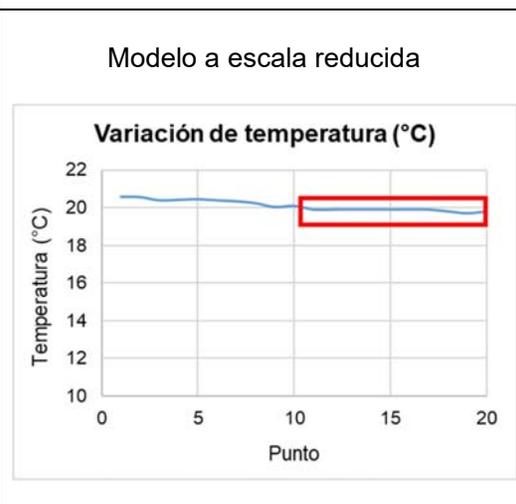
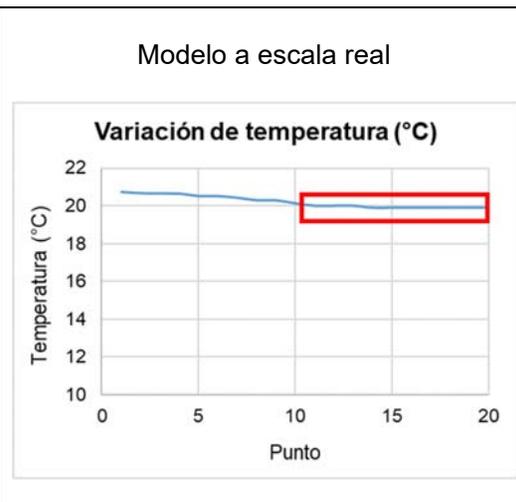
3.1. ESCENARIO 01

3.1.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.7	20.6
2	20.7	20.6
3	20.6	20.4
4	20.6	20.4
5	20.5	20.4
6	20.5	20.4
7	20.4	20.3
8	20.3	20.2
9	20.3	20.0
10	20.1	20.1
11	20.0	19.9
12	20.0	19.9
13	20.0	19.9
14	19.9	19.9
15	19.9	19.9
16	19.9	19.9
17	19.9	19.9
18	19.9	19.8
19	19.9	19.7
20	19.9	19.8
Promedio	19.93	19.86
Desviación	0.048	0.070
Varianza	0.00233	0.00489
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.09524	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.013	

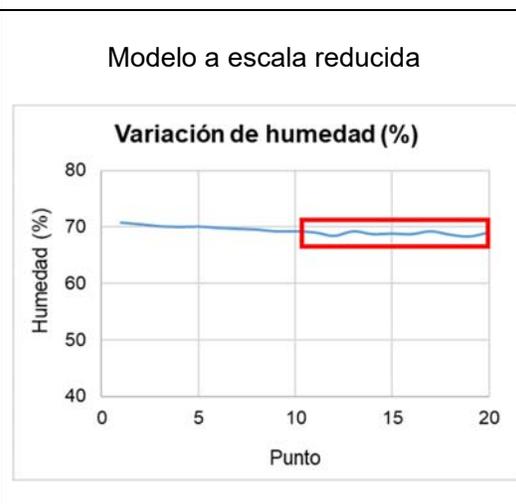
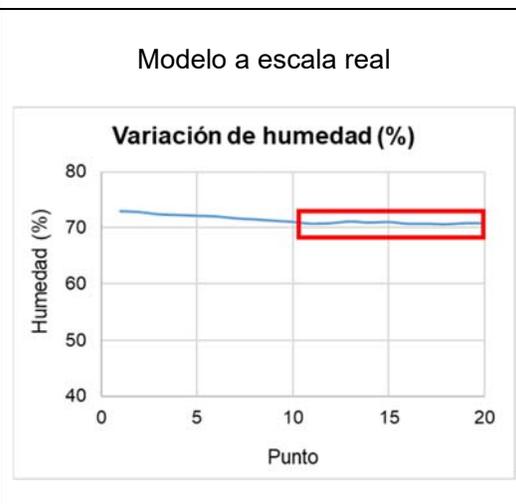


3.1.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.9	70.7
2	72.8	70.4
3	72.4	70.1
4	72.2	69.9
5	72.1	70.0
6	72.0	69.8
7	71.7	69.6
8	71.5	69.5
9	71.2	69.2
10	71.0	69.2
11	70.7	69.0
12	70.8	68.4
13	71.1	69.2
14	70.9	68.7
15	71.0	68.8
16	70.7	68.7
17	70.7	69.2
18	70.6	68.6
19	70.8	68.3
20	70.8	69.0
Promedio	70.81	68.79
Desviación	0.152	0.311
Varianza	0.02322	0.09656
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.15789	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.784	



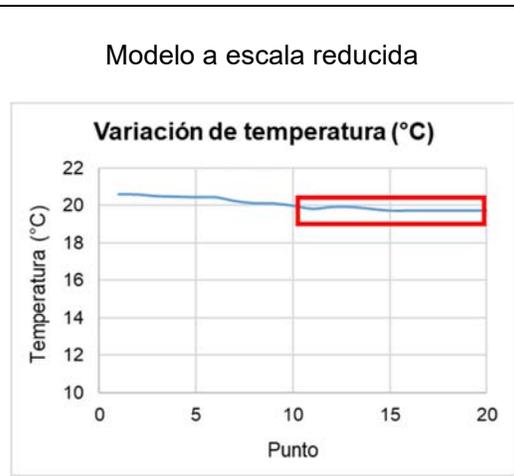
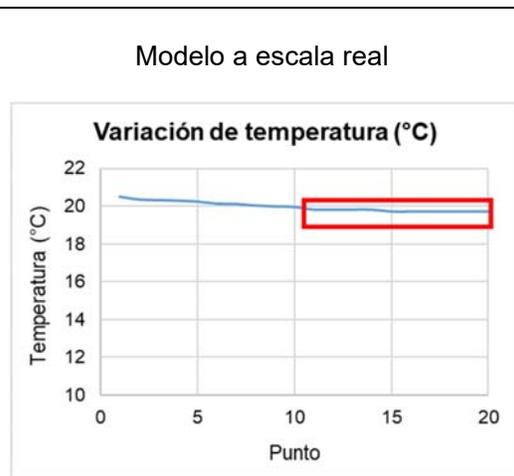
3.2. ESCENARIO 02

3.2.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.5	20.6
2	20.3	20.6
3	20.3	20.5
4	20.3	20.5
5	20.2	20.4
6	20.1	20.4
7	20.1	20.2
8	20.0	20.1
9	20.0	20.1
10	19.9	20.0
11	19.8	19.8
12	19.8	19.9
13	19.8	19.9
14	19.8	19.8
15	19.7	19.7
16	19.7	19.7
17	19.7	19.7
18	19.7	19.7
19	19.7	19.7
20	19.7	19.7
Promedio	19.74	19.76
Desviación	0.052	0.084
Varianza	0.00267	0.00711
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.66667	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.046	

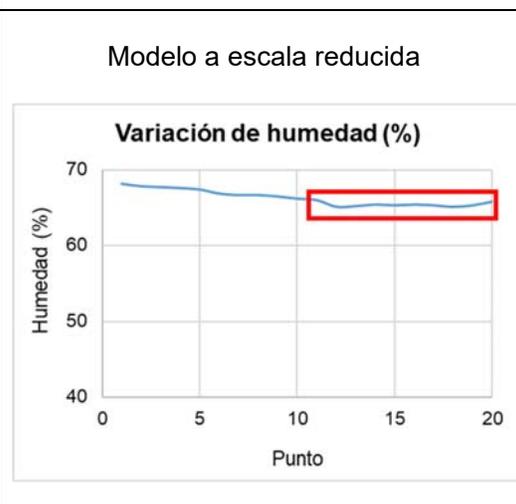
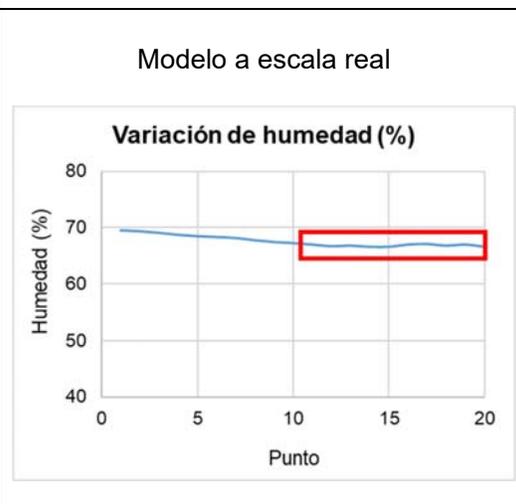


3.2.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	69.5	68.2
2	69.4	67.8
3	69.1	67.7
4	68.7	67.6
5	68.5	67.4
6	68.3	66.9
7	68.2	66.7
8	67.8	66.7
9	67.5	66.5
10	67.3	66.2
11	67.0	66.0
12	66.7	65.1
13	66.8	65.2
14	66.6	65.4
15	66.6	65.3
16	67.0	65.4
17	67.1	65.3
18	66.8	65.1
19	67.0	65.3
20	66.6	65.8
Promedio	66.82	65.39
Desviación	0.193	0.292
Varianza	0.03733	0.08544
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.28869	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.196	



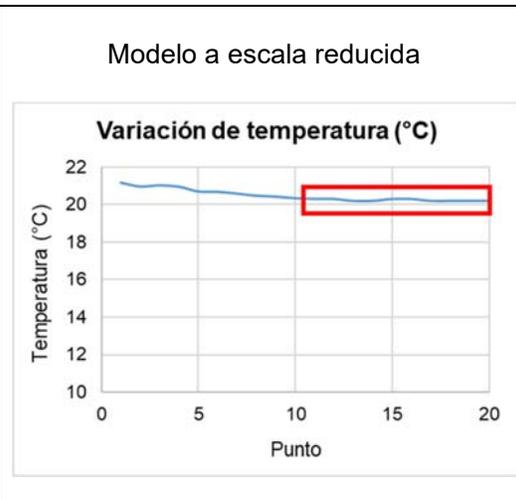
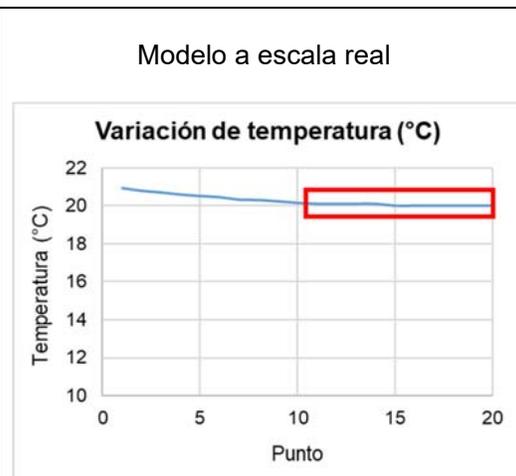
3.3. ESCENARIO 03

3.3.1. Temperatura interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.9	21.2
2	20.8	21.0
3	20.7	21.0
4	20.6	20.9
5	20.5	20.7
6	20.5	20.7
7	20.3	20.6
8	20.3	20.5
9	20.2	20.4
10	20.2	20.3
11	20.1	20.3
12	20.1	20.3
13	20.1	20.2
14	20.1	20.2
15	20.0	20.3
16	20.0	20.3
17	20.0	20.2
18	20.0	20.2
19	20.0	20.2
20	20.0	20.2
Promedio	20.04	20.24
Desviación	0.052	0.052
Varianza	0.00267	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.151	

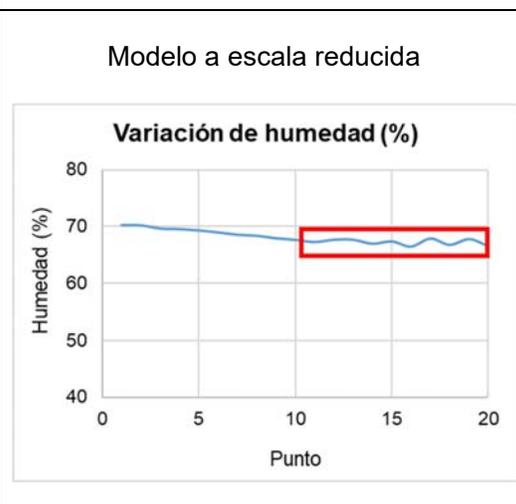
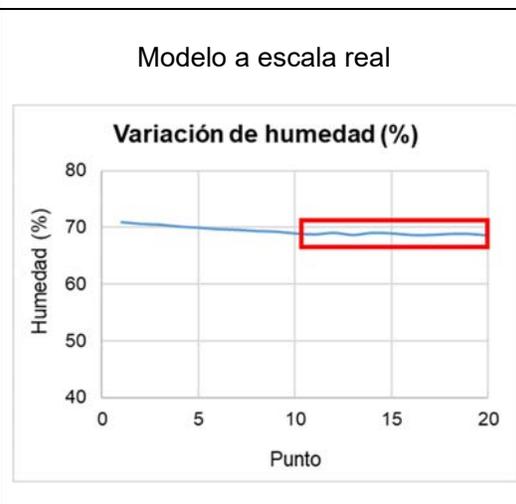


3.3.2. Humedad interior

Fecha: 10 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.0	70.3
2	70.7	70.2
3	70.5	69.7
4	70.2	69.6
5	70.0	69.3
6	69.7	69.0
7	69.6	68.6
8	69.3	68.4
9	69.2	68.0
10	68.9	67.7
11	68.7	67.3
12	69.0	67.7
13	68.6	67.7
14	69.0	67.0
15	68.9	67.4
16	68.6	66.5
17	68.6	67.9
18	68.8	66.8
19	68.8	67.8
20	68.5	66.6
Promedio	68.75	67.27
Desviación	0.178	0.517
Varianza	0.03167	0.26678
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	8.42456	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.100	



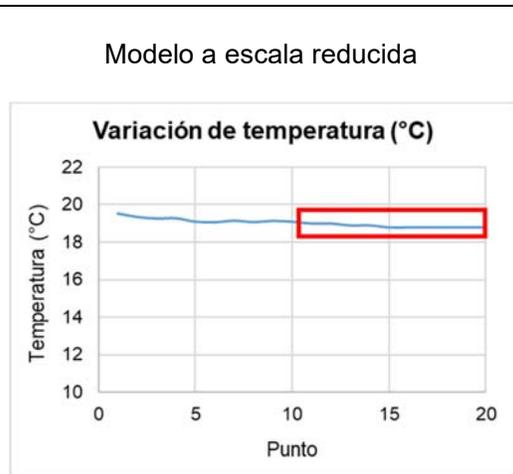
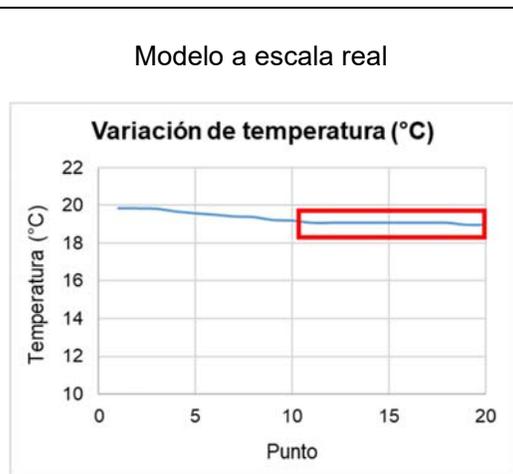
3.4. ESCENARIO 04

3.4.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.8	19.5
2	19.8	19.4
3	19.8	19.3
4	19.7	19.3
5	19.6	19.1
6	19.5	19.1
7	19.4	19.2
8	19.4	19.1
9	19.2	19.1
10	19.2	19.1
11	19.1	19.0
12	19.1	19.0
13	19.1	18.9
14	19.1	18.9
15	19.1	18.8
16	19.1	18.8
17	19.1	18.8
18	19.1	18.8
19	19.0	18.8
20	19.0	18.8
Promedio	19.08	18.86
Desviación	0.042	0.084
Varianza	0.00178	0.00711
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.00000	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	0.156	

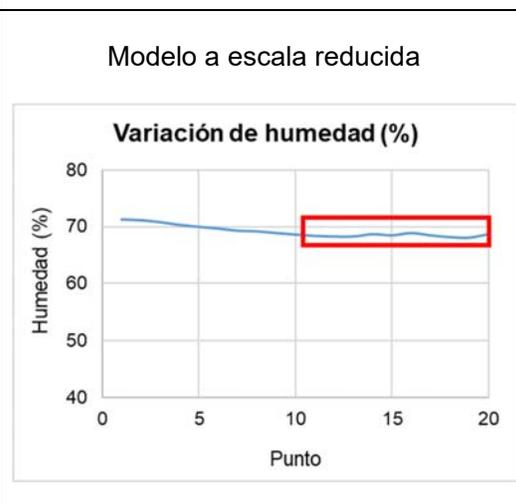
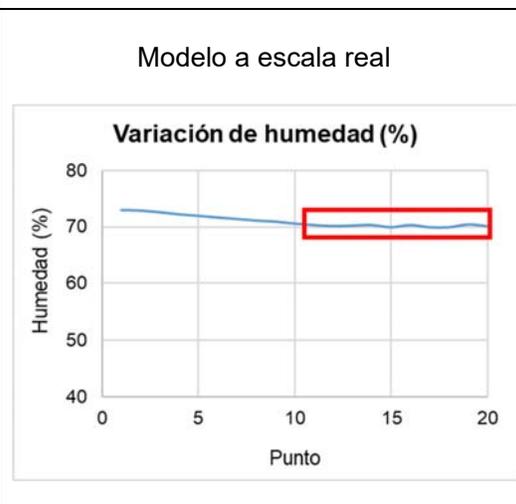


3.4.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	73.0	71.2
2	72.9	71.1
3	72.6	70.8
4	72.2	70.3
5	72.0	70.0
6	71.7	69.7
7	71.4	69.3
8	71.1	69.2
9	70.9	68.9
10	70.6	68.6
11	70.3	68.4
12	70.1	68.3
13	70.2	68.3
14	70.3	68.7
15	69.9	68.5
16	70.3	68.9
17	69.9	68.5
18	69.9	68.2
19	70.4	68.1
20	70.1	68.7
Promedio	70.14	68.46
Desviación	0.190	0.250
Varianza	0.03600	0.06267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.74074	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.470	



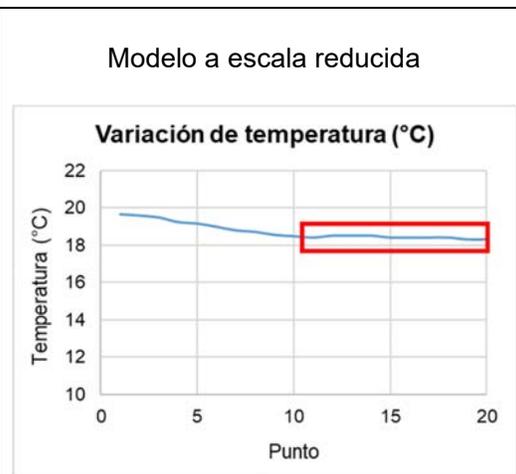
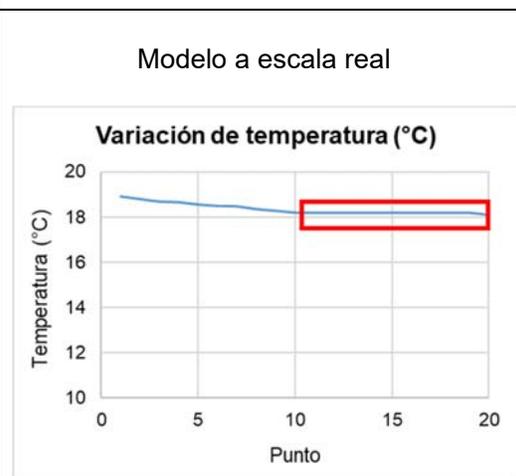
3.5. ESCENARIO 05

3.5.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	18.9	19.6
2	18.8	19.6
3	18.7	19.5
4	18.7	19.2
5	18.6	19.1
6	18.5	19.0
7	18.5	18.8
8	18.4	18.7
9	18.3	18.5
10	18.2	18.5
11	18.2	18.4
12	18.2	18.5
13	18.2	18.5
14	18.2	18.5
15	18.2	18.4
16	18.2	18.4
17	18.2	18.4
18	18.2	18.4
19	18.2	18.3
20	18.1	18.3
Promedio	18.19	18.41
Desviación	0.032	0.074
Varianza	0.00100	0.00544
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.44444	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	0.165	

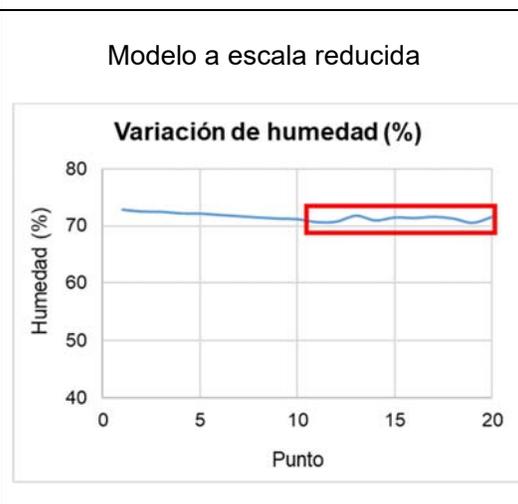
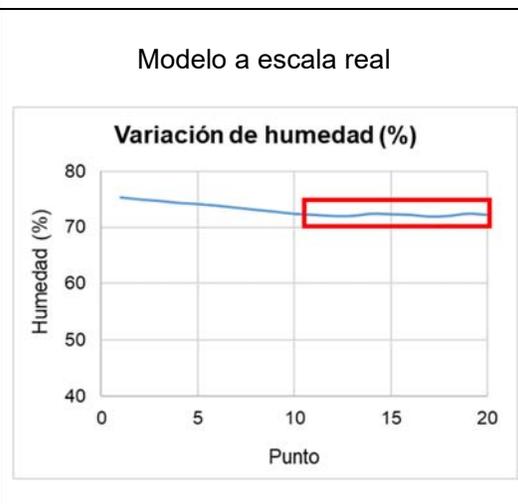


3.5.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.3	72.8
2	74.9	72.5
3	74.7	72.4
4	74.3	72.2
5	74.1	72.1
6	73.8	71.9
7	73.5	71.7
8	73.1	71.5
9	72.8	71.3
10	72.4	71.2
11	72.2	70.7
12	72.0	70.8
13	72.0	71.8
14	72.4	71.0
15	72.3	71.5
16	72.2	71.4
17	71.9	71.6
18	72.0	71.3
19	72.4	70.6
20	72.2	71.6
Promedio	72.16	71.23
Desviación	0.178	0.424
Varianza	0.03156	0.18011
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.70775	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	0.613	



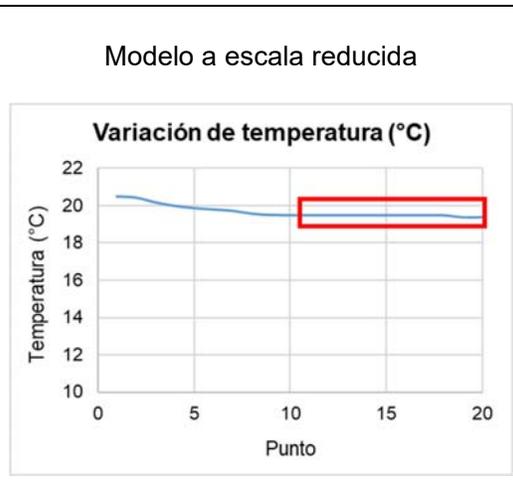
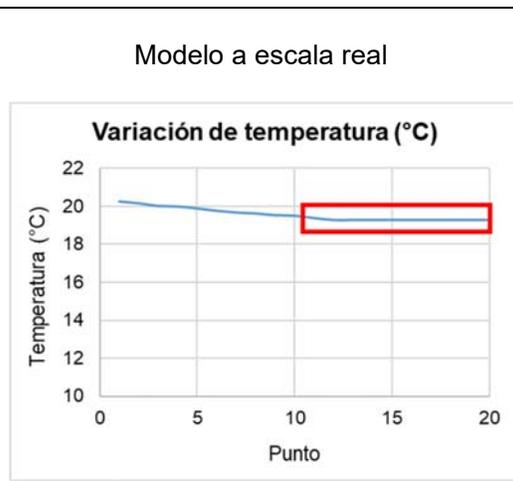
3.6. ESCENARIO 06

3.6.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.3	20.5
2	20.2	20.4
3	20.0	20.2
4	20.0	20.0
5	19.9	19.9
6	19.8	19.8
7	19.7	19.7
8	19.6	19.6
9	19.6	19.5
10	19.5	19.5
11	19.4	19.5
12	19.3	19.5
13	19.3	19.5
14	19.3	19.5
15	19.3	19.5
16	19.3	19.5
17	19.3	19.5
18	19.3	19.5
19	19.3	19.4
20	19.3	19.4
Promedio	19.31	19.48
Desviación	0.032	0.042
Varianza	0.00100	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.77778	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.135	

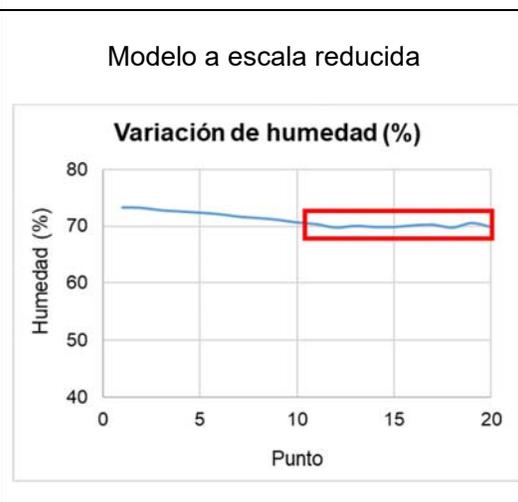
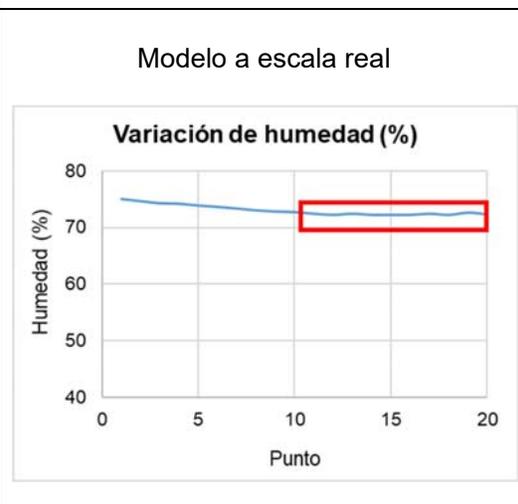


3.6.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.1	73.3
2	74.7	73.2
3	74.3	72.8
4	74.2	72.6
5	73.9	72.4
6	73.7	72.1
7	73.4	71.7
8	73.0	71.5
9	72.8	71.2
10	72.7	70.7
11	72.4	70.4
12	72.2	69.8
13	72.4	70.1
14	72.2	69.9
15	72.2	69.9
16	72.2	70.2
17	72.4	70.3
18	72.2	69.8
19	72.6	70.6
20	72.3	69.9
Promedio	72.31	70.09
Desviación	0.137	0.277
Varianza	0.01878	0.07656
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	4.07692	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	2.009	



4. CUARTO DE ESTUDIO

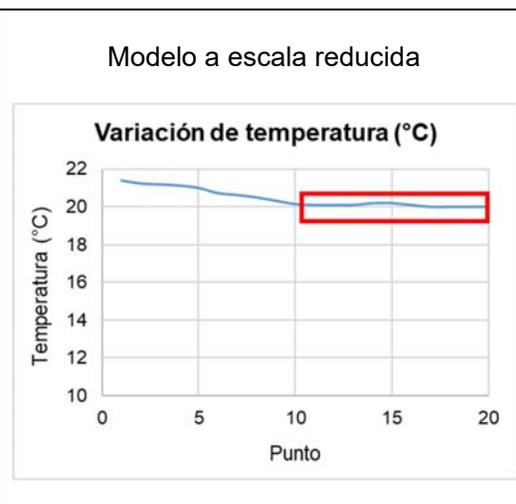
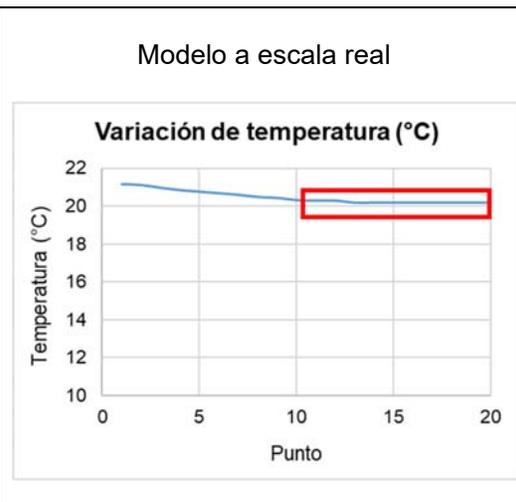
4.1. ESCENARIO 01

4.1.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.1	21.4
2	21.1	21.3
3	21.0	21.2
4	20.8	21.2
5	20.8	21.0
6	20.7	20.7
7	20.6	20.6
8	20.5	20.5
9	20.4	20.3
10	20.3	20.2
11	20.3	20.1
12	20.3	20.1
13	20.2	20.1
14	20.2	20.2
15	20.2	20.2
16	20.2	20.1
17	20.2	20.0
18	20.2	20.0
19	20.2	20.0
20	20.2	20.0
Promedio	20.22	20.08
Desviación	0.042	0.079
Varianza	0.00178	0.00622
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.50000	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	0.079	

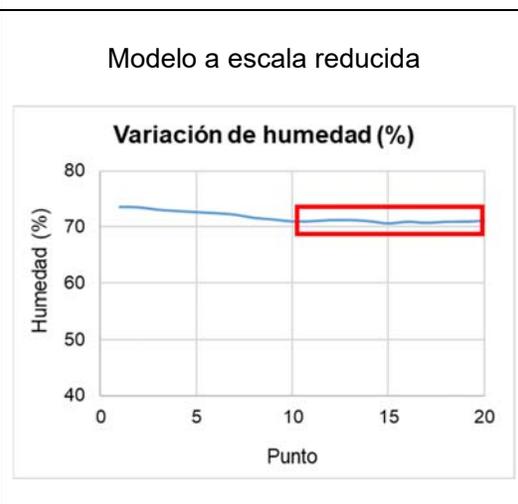
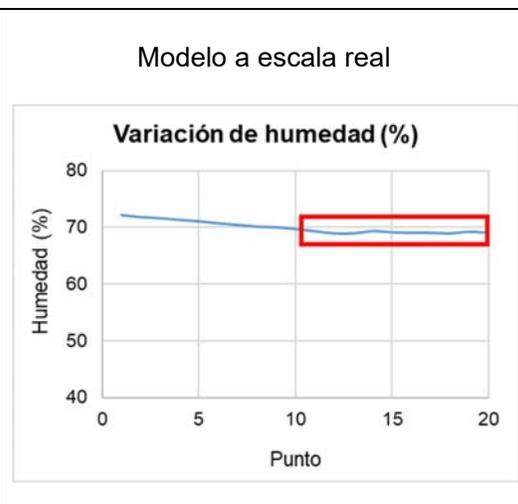


4.1.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.2	73.5
2	71.8	73.5
3	71.6	73.0
4	71.3	72.8
5	71.1	72.6
6	70.7	72.4
7	70.4	72.2
8	70.1	71.6
9	70.0	71.3
10	69.7	71.0
11	69.3	71.0
12	68.9	71.2
13	68.9	71.2
14	69.3	71.0
15	69.1	70.6
16	69.0	70.9
17	69.0	70.7
18	68.9	70.9
19	69.2	70.9
20	69.0	71.1
Promedio	69.06	70.95
Desviación	0.158	0.196
Varianza	0.02489	0.03833
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.54018	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.722	



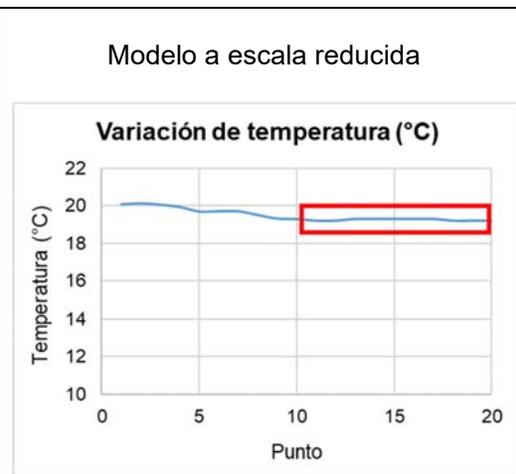
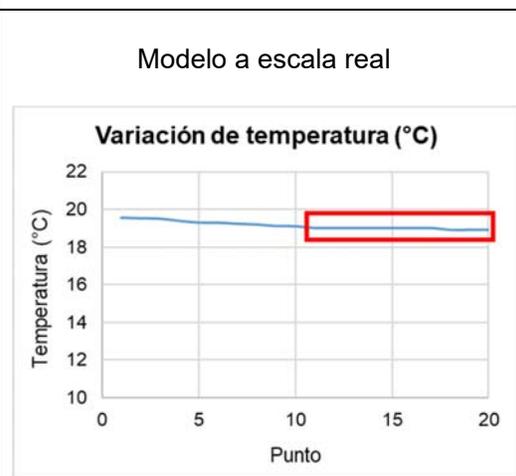
4.2. ESCENARIO 02

4.2.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.6	20.1
2	19.5	20.1
3	19.5	20.1
4	19.4	19.9
5	19.3	19.7
6	19.3	19.7
7	19.2	19.7
8	19.2	19.5
9	19.1	19.3
10	19.1	19.3
11	19.0	19.2
12	19.0	19.2
13	19.0	19.3
14	19.0	19.3
15	19.0	19.3
16	19.0	19.3
17	19.0	19.3
18	18.9	19.2
19	18.9	19.2
20	18.9	19.2
Promedio	18.97	19.25
Desviación	0.048	0.053
Varianza	0.00233	0.00278
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.19048	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.232	

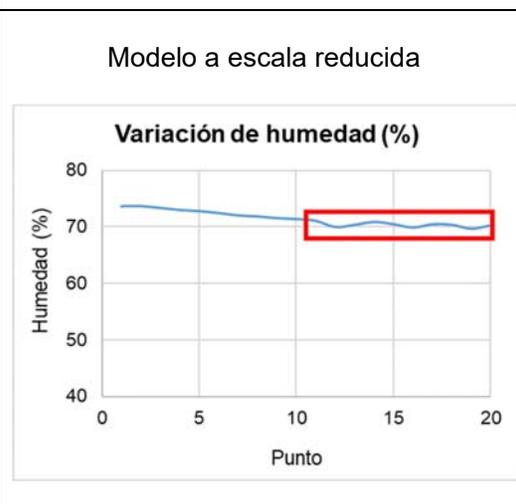
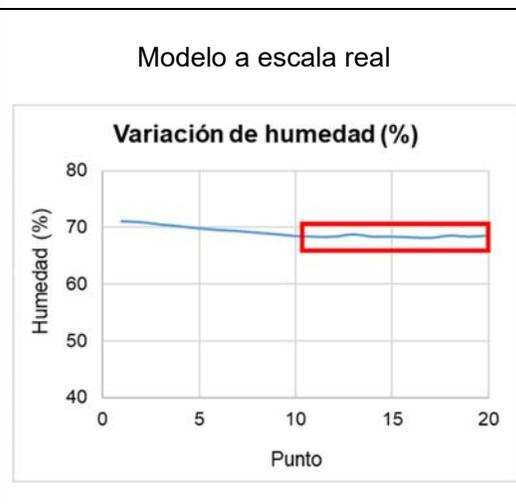


4.2.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.1	73.7
2	70.9	73.7
3	70.5	73.4
4	70.2	73.0
5	69.8	72.8
6	69.6	72.5
7	69.4	72.1
8	69.1	71.9
9	68.8	71.6
10	68.5	71.4
11	68.4	71.1
12	68.4	70.0
13	68.8	70.4
14	68.4	70.9
15	68.4	70.5
16	68.3	69.9
17	68.2	70.5
18	68.6	70.4
19	68.4	69.7
20	68.6	70.3
Promedio	68.45	70.37
Desviación	0.172	0.430
Varianza	0.02944	0.18456
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	6.26792	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.598	



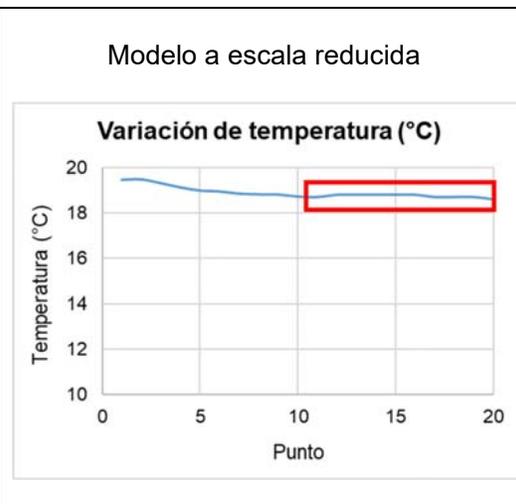
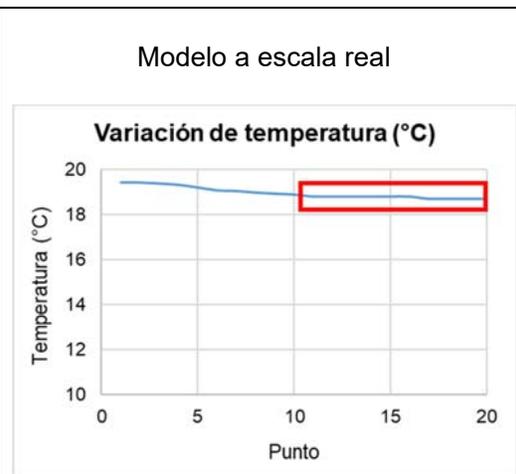
4.3. ESCENARIO 03

4.3.1. Temperatura interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.4	19.5
2	19.4	19.5
3	19.4	19.3
4	19.3	19.1
5	19.2	19.0
6	19.1	19.0
7	19.1	18.9
8	19.0	18.8
9	18.9	18.8
10	18.9	18.7
11	18.8	18.7
12	18.8	18.8
13	18.8	18.8
14	18.8	18.8
15	18.8	18.8
16	18.8	18.8
17	18.7	18.7
18	18.7	18.7
19	18.7	18.7
20	18.7	18.6
Promedio	18.76	18.74
Desviación	0.052	0.070
Varianza	0.00267	0.00489
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.83333	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.038	

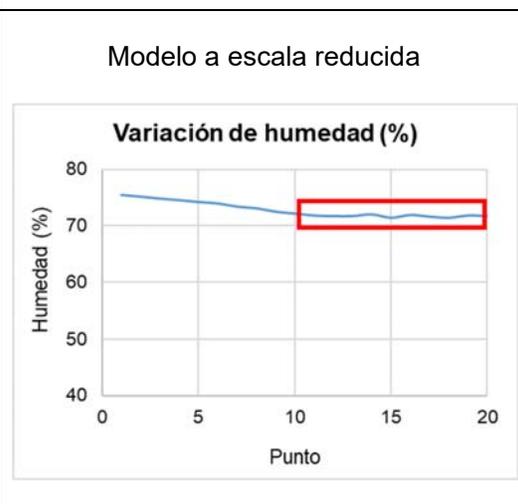
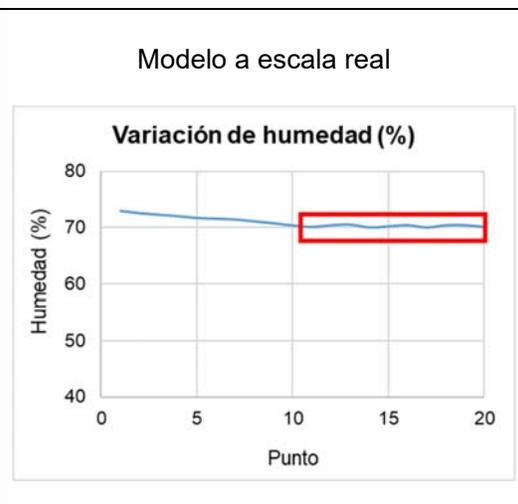


4.3.2. Humedad interior

Fecha: 11 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.9	75.4
2	72.5	75.1
3	72.3	74.8
4	72.0	74.5
5	71.7	74.2
6	71.5	73.9
7	71.4	73.4
8	71.1	73.1
9	70.7	72.5
10	70.4	72.1
11	70.1	71.8
12	70.4	71.7
13	70.5	71.7
14	70.0	72.0
15	70.2	71.4
16	70.4	71.9
17	70.0	71.6
18	70.4	71.4
19	70.4	71.8
20	70.1	71.7
Promedio	70.25	71.70
Desviación	0.190	0.194
Varianza	0.03611	0.03778
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.04615	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.269	



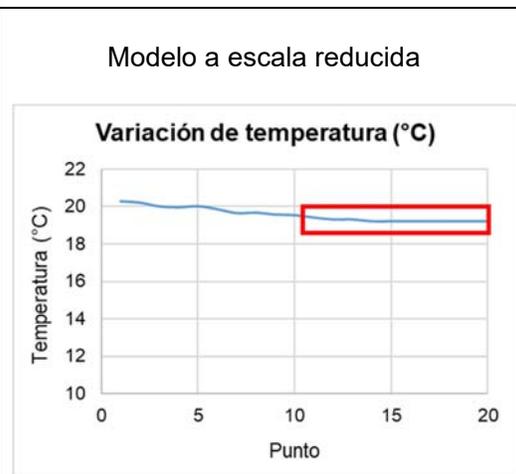
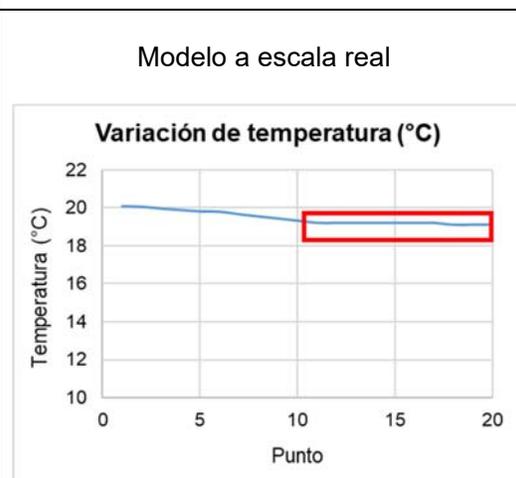
4.4. ESCENARIO 04

4.4.1. Temperatura interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.1	20.3
2	20.1	20.2
3	20.0	20.0
4	19.9	20.0
5	19.8	20.0
6	19.8	19.9
7	19.7	19.6
8	19.6	19.7
9	19.4	19.6
10	19.3	19.5
11	19.2	19.4
12	19.2	19.3
13	19.2	19.3
14	19.2	19.2
15	19.2	19.2
16	19.2	19.2
17	19.2	19.2
18	19.1	19.2
19	19.1	19.2
20	19.1	19.2
Promedio	19.17	19.24
Desviación	0.048	0.070
Varianza	0.00233	0.00489
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.09524	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.013	

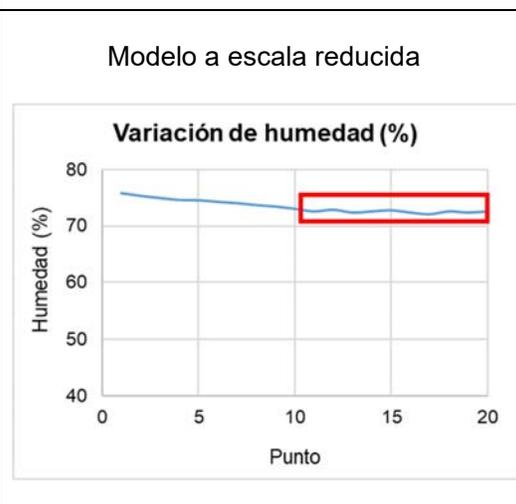
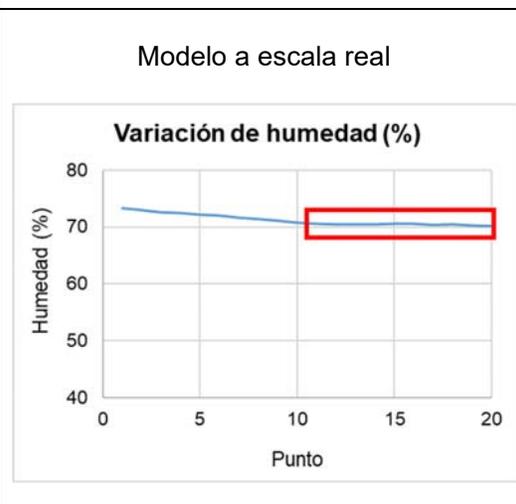


4.4.2. Humedad interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	73.3	75.8
2	73.0	75.4
3	72.6	75.0
4	72.5	74.6
5	72.2	74.6
6	72.0	74.3
7	71.7	74.1
8	71.4	73.7
9	71.1	73.5
10	70.8	73.1
11	70.6	72.6
12	70.5	72.9
13	70.5	72.4
14	70.5	72.6
15	70.6	72.8
16	70.6	72.4
17	70.4	72.1
18	70.5	72.6
19	70.3	72.4
20	70.2	72.6
Promedio	70.47	72.54
Desviación	0.134	0.227
Varianza	0.01789	0.05156
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.88199	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.894	



5. DORMITORIO 02

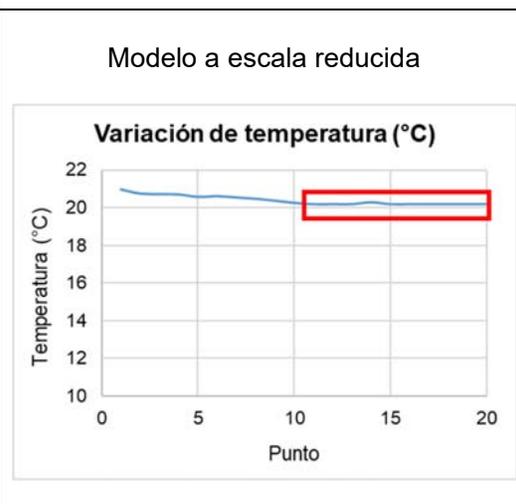
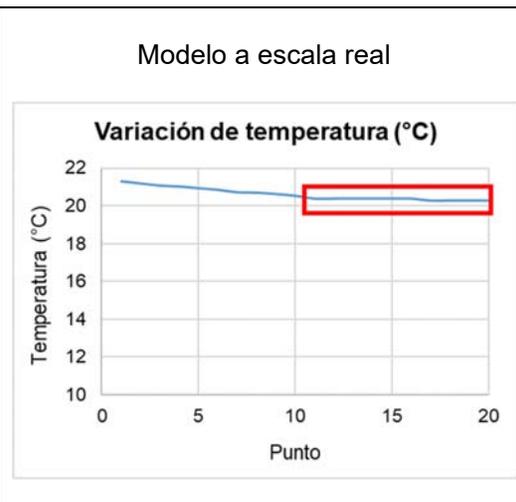
5.1. ESCENARIO 01

5.1.1. Temperatura interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.3	21.0
2	21.2	20.8
3	21.1	20.7
4	21.0	20.7
5	20.9	20.6
6	20.9	20.6
7	20.7	20.6
8	20.7	20.5
9	20.6	20.4
10	20.6	20.3
11	20.4	20.2
12	20.4	20.2
13	20.4	20.2
14	20.4	20.3
15	20.4	20.2
16	20.4	20.2
17	20.3	20.2
18	20.3	20.2
19	20.3	20.2
20	20.3	20.2
Promedio	20.36	20.21
Desviación	0.052	0.032
Varianza	0.00267	0.00100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.66667	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.110	

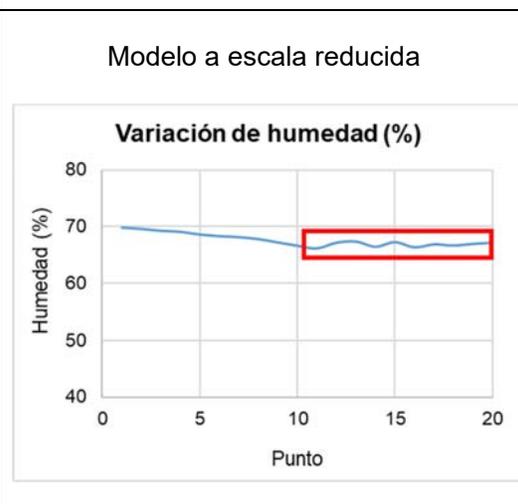
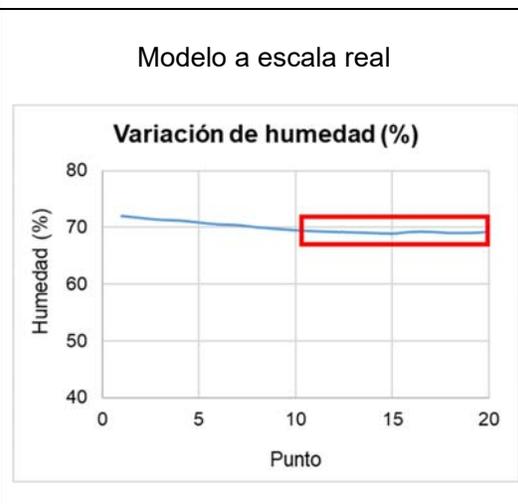


5.1.2. Humedad interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.9	69.9
2	71.6	69.6
3	71.3	69.3
4	71.2	69.1
5	70.8	68.6
6	70.5	68.3
7	70.4	68.2
8	70.0	67.8
9	69.7	67.3
10	69.5	66.7
11	69.3	66.2
12	69.2	67.2
13	69.1	67.4
14	69.0	66.5
15	68.9	67.3
16	69.2	66.4
17	69.2	66.9
18	69.0	66.7
19	69.0	67.0
20	69.2	67.2
Promedio	69.11	66.88
Desviación	0.129	0.413
Varianza	0.01656	0.17067
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	10.30872	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2281	
Diferencia	1.925	



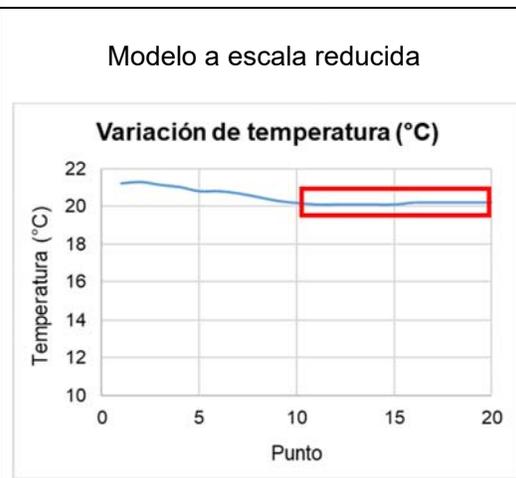
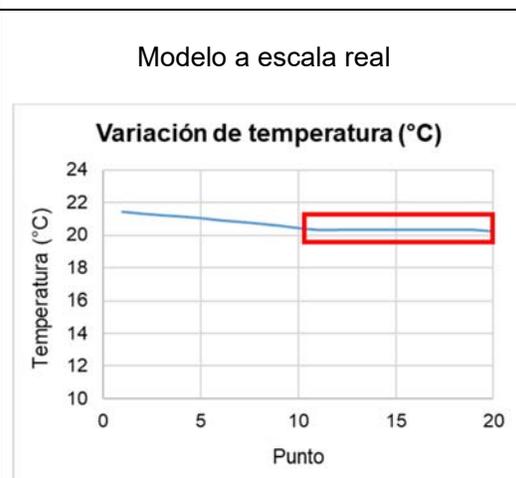
5.2. ESCENARIO 02

5.2.1. Temperatura interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.5	21.2
2	21.3	21.3
3	21.2	21.1
4	21.2	21.0
5	21.1	20.8
6	20.9	20.8
7	20.8	20.7
8	20.7	20.5
9	20.6	20.3
10	20.4	20.2
11	20.3	20.1
12	20.3	20.1
13	20.3	20.1
14	20.3	20.1
15	20.3	20.1
16	20.3	20.2
17	20.3	20.2
18	20.3	20.2
19	20.3	20.2
20	20.2	20.2
Promedio	20.29	20.15
Desviación	0.032	0.053
Varianza	0.00100	0.00278
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.77778	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.099	

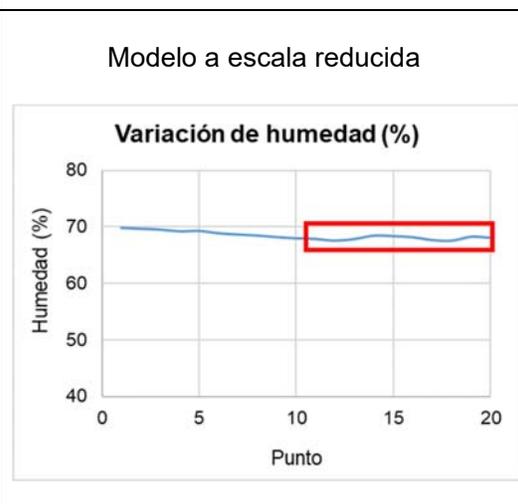
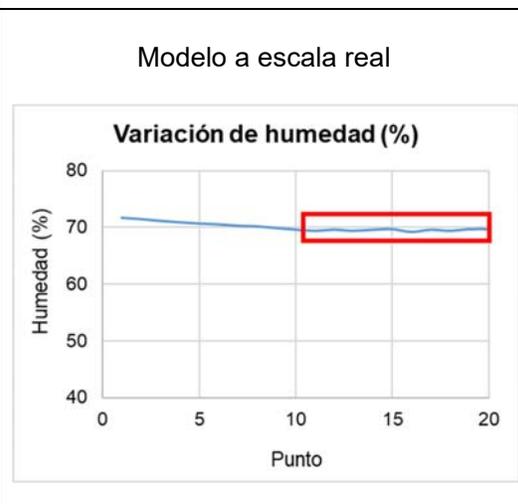


5.2.2. Humedad interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.8	69.8
2	71.5	69.6
3	71.2	69.5
4	70.9	69.2
5	70.7	69.2
6	70.6	68.8
7	70.3	68.6
8	70.2	68.4
9	69.9	68.1
10	69.6	67.9
11	69.4	67.8
12	69.6	67.5
13	69.4	67.8
14	69.6	68.4
15	69.7	68.3
16	69.2	68.1
17	69.6	67.6
18	69.4	67.5
19	69.7	68.2
20	69.7	68.0
Promedio	69.53	67.92
Desviación	0.170	0.329
Varianza	0.02900	0.10844
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.73946	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.357	



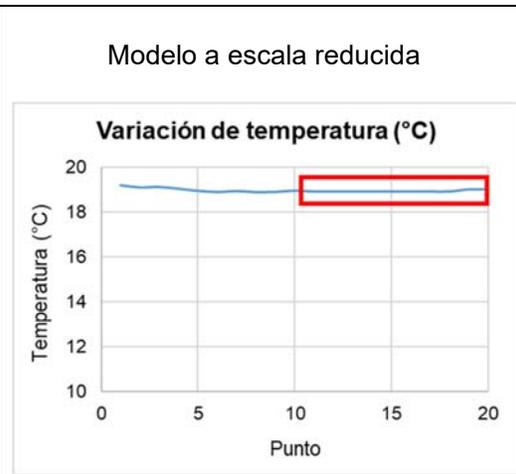
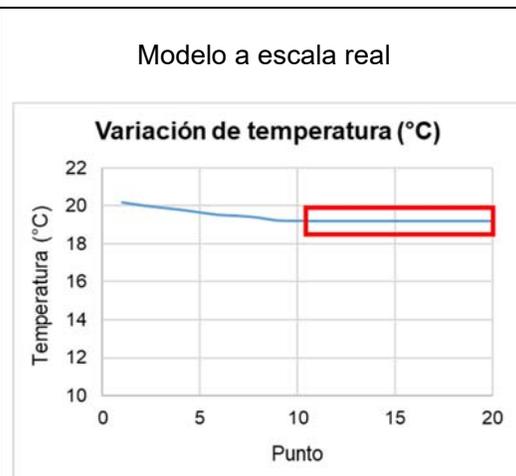
5.3. ESCENARIO 03

5.3.1. Temperatura interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.2	19.2
2	20.0	19.1
3	19.9	19.1
4	19.8	19.0
5	19.7	18.9
6	19.5	18.9
7	19.5	18.9
8	19.4	18.9
9	19.2	18.9
10	19.2	18.9
11	19.2	18.9
12	19.2	18.9
13	19.2	18.9
14	19.2	18.9
15	19.2	18.9
16	19.2	18.9
17	19.2	18.9
18	19.2	18.9
19	19.2	19.0
20	19.2	19.0
Promedio	19.20	18.92
Desviación	0.000	0.042
Varianza	0.00000	0.00178
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2622	
Diferencia	0.250	

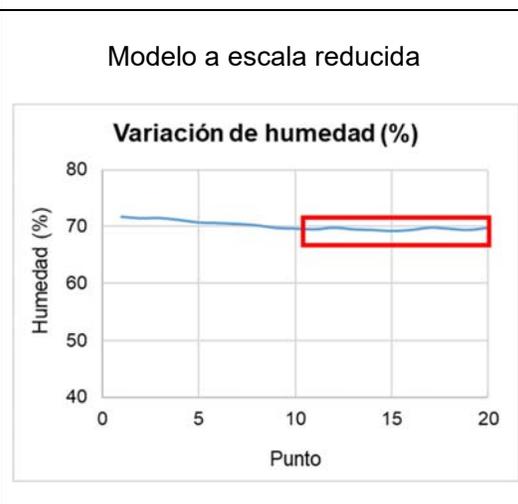
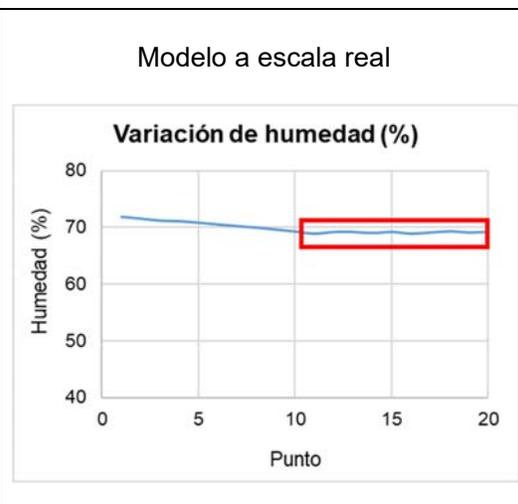


5.3.2. Humedad interior

Fecha: 12 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	71.8	71.7
2	71.5	71.5
3	71.2	71.5
4	71.1	71.2
5	70.8	70.7
6	70.5	70.6
7	70.2	70.5
8	69.9	70.2
9	69.6	69.8
10	69.3	69.6
11	68.9	69.5
12	69.2	69.8
13	69.2	69.5
14	69.0	69.4
15	69.2	69.2
16	68.9	69.4
17	69.1	69.8
18	69.3	69.6
19	69.1	69.4
20	69.2	69.8
Promedio	69.11	69.54
Desviación	0.137	0.207
Varianza	0.01878	0.04267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.27219	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.265	



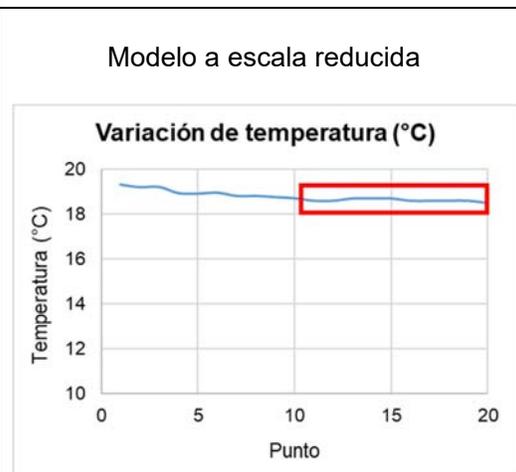
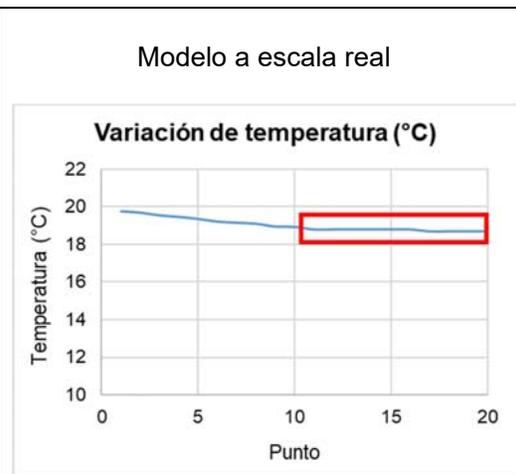
5.4. ESCENARIO 04

5.4.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.8	19.3
2	19.7	19.2
3	19.5	19.2
4	19.5	18.9
5	19.4	18.9
6	19.2	19.0
7	19.2	18.8
8	19.1	18.8
9	19.0	18.8
10	18.9	18.7
11	18.8	18.6
12	18.8	18.6
13	18.8	18.7
14	18.8	18.7
15	18.8	18.7
16	18.8	18.6
17	18.7	18.6
18	18.7	18.6
19	18.7	18.6
20	18.7	18.5
Promedio	18.76	18.62
Desviación	0.052	0.063
Varianza	0.00267	0.00400
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.50000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.086	

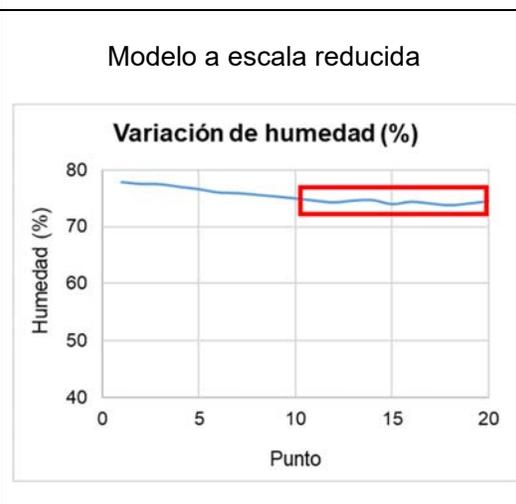
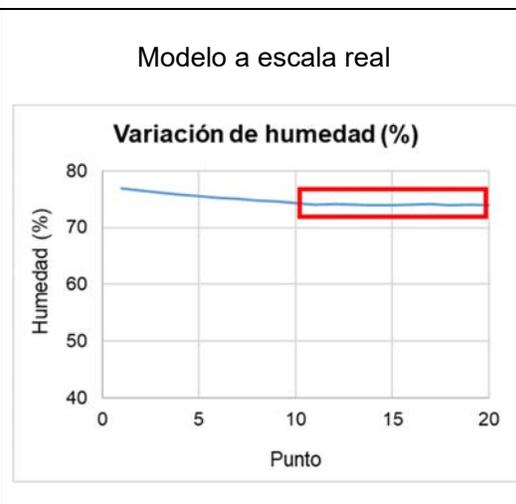


5.4.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	76.9	77.8
2	76.5	77.5
3	76.2	77.4
4	75.8	77.0
5	75.5	76.6
6	75.2	76.0
7	75.0	75.9
8	74.8	75.6
9	74.6	75.3
10	74.3	75.0
11	74.0	74.6
12	74.1	74.3
13	74.0	74.6
14	73.9	74.7
15	73.9	74.0
16	74.0	74.4
17	74.1	74.1
18	73.9	73.8
19	74.0	74.1
20	73.9	74.5
Promedio	73.98	74.31
Desviación	0.079	0.300
Varianza	0.00622	0.08989
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	14.44643	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2281	
Diferencia	0.112	



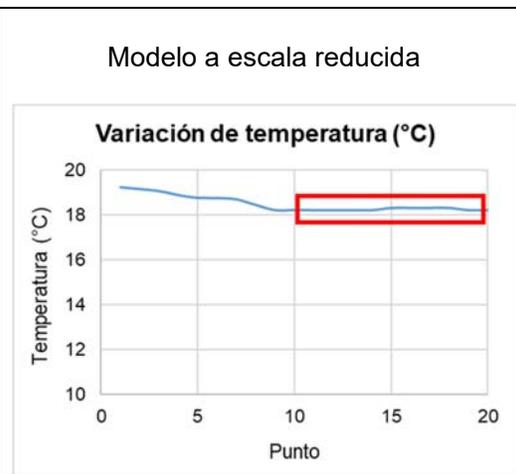
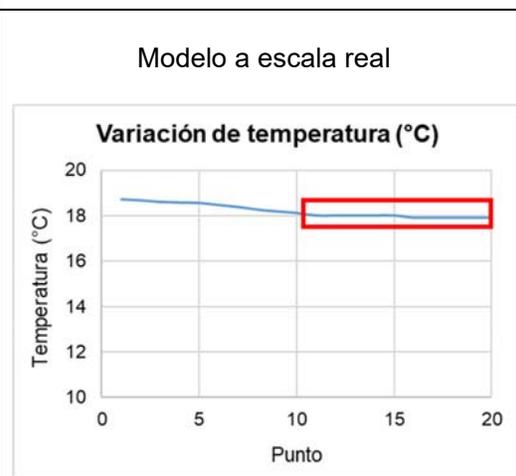
5.5. ESCENARIO 05

5.5.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	18.7	19.2
2	18.7	19.1
3	18.6	19.1
4	18.6	18.9
5	18.6	18.8
6	18.5	18.7
7	18.4	18.7
8	18.3	18.4
9	18.2	18.2
10	18.1	18.2
11	18.0	18.2
12	18.0	18.2
13	18.0	18.2
14	18.0	18.2
15	18.0	18.3
16	17.9	18.3
17	17.9	18.3
18	17.9	18.3
19	17.9	18.2
20	17.9	18.2
Promedio	17.95	18.24
Desviación	0.053	0.052
Varianza	0.00278	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.04167	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.241	

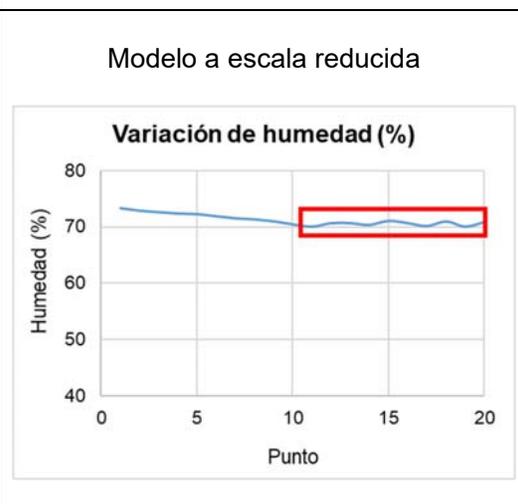
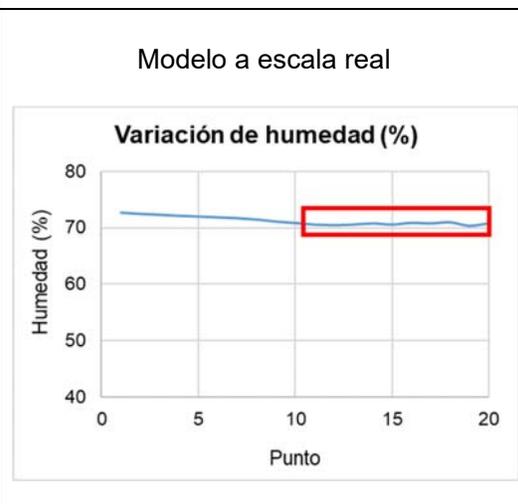


5.5.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.7	73.3
2	72.5	72.9
3	72.3	72.6
4	72.1	72.4
5	72.0	72.3
6	71.9	71.9
7	71.7	71.6
8	71.5	71.4
9	71.1	71.0
10	70.9	70.5
11	70.6	70.1
12	70.5	70.7
13	70.6	70.7
14	70.8	70.4
15	70.6	71.1
16	70.9	70.7
17	70.8	70.2
18	71.0	71.0
19	70.4	70.1
20	70.8	70.9
Promedio	70.70	70.59
Desviación	0.189	0.370
Varianza	0.03556	0.13656
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.84063	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	0.173	



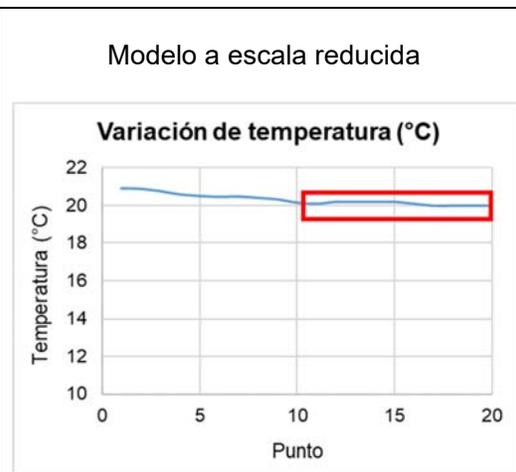
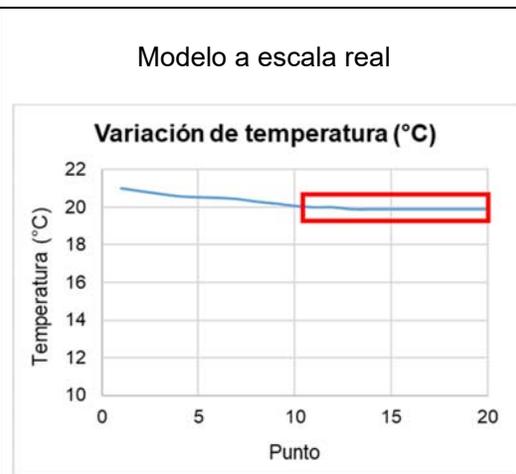
5.6. ESCENARIO 06

5.6.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.0	20.9
2	20.9	20.9
3	20.7	20.8
4	20.6	20.6
5	20.5	20.5
6	20.5	20.5
7	20.4	20.5
8	20.3	20.4
9	20.2	20.3
10	20.1	20.2
11	20.0	20.1
12	20.0	20.2
13	19.9	20.2
14	19.9	20.2
15	19.9	20.2
16	19.9	20.1
17	19.9	20.0
18	19.9	20.0
19	19.9	20.0
20	19.9	20.0
Promedio	19.92	20.10
Desviación	0.042	0.094
Varianza	0.00178	0.00889
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.00000	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	0.109	

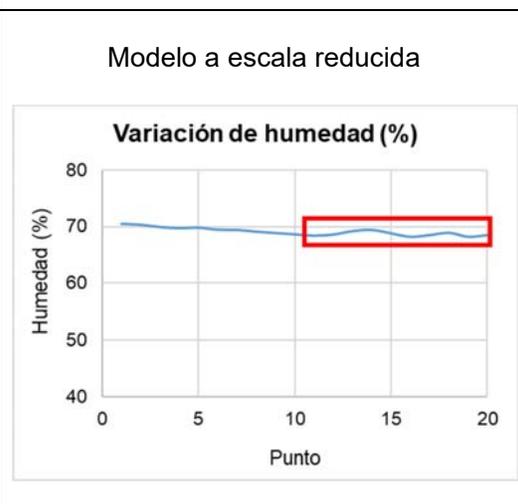
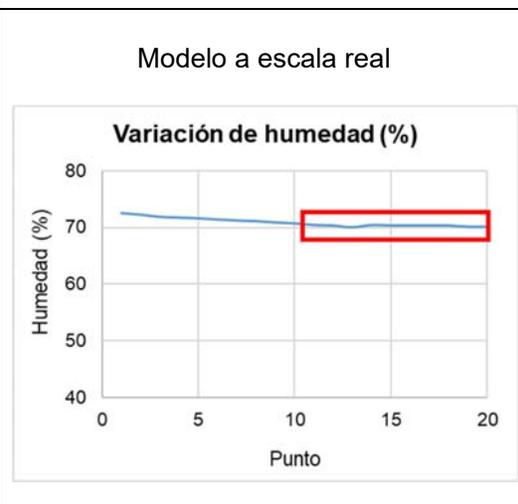


5.6.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.5	70.5
2	72.2	70.3
3	71.8	69.9
4	71.7	69.7
5	71.6	69.8
6	71.4	69.4
7	71.2	69.4
8	71.1	69.1
9	70.8	68.9
10	70.7	68.6
11	70.4	68.4
12	70.3	68.6
13	70.0	69.2
14	70.4	69.4
15	70.3	68.8
16	70.3	68.2
17	70.3	68.5
18	70.3	68.9
19	70.1	68.2
20	70.1	68.5
Promedio	70.25	68.67
Desviación	0.135	0.403
Varianza	0.01833	0.16233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	8.85455	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2010	
Diferencia	1.284	



6. SALA DE CÓMPUTO

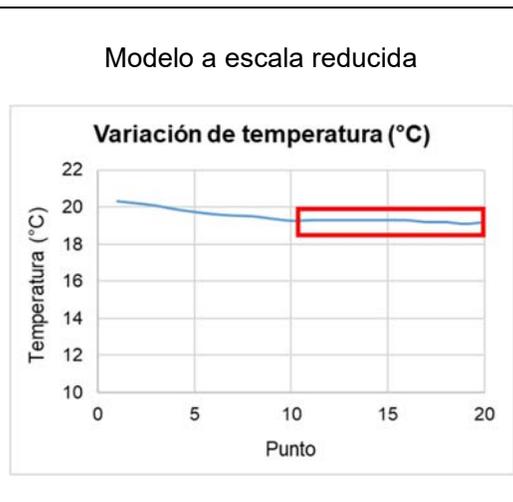
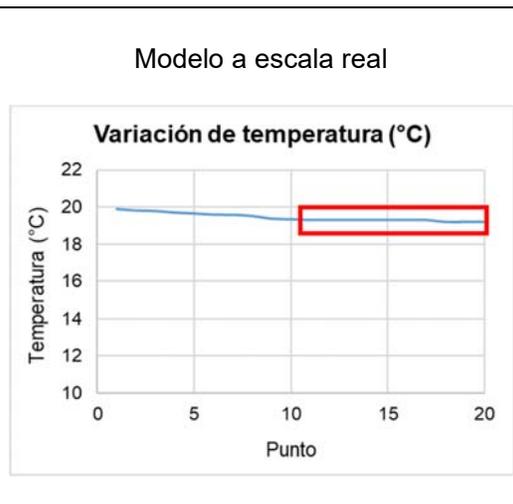
6.1. ESCENARIO 01

6.1.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.9	20.3
2	19.8	20.2
3	19.8	20.1
4	19.7	19.9
5	19.6	19.7
6	19.6	19.6
7	19.6	19.6
8	19.5	19.5
9	19.4	19.4
10	19.3	19.3
11	19.3	19.3
12	19.3	19.3
13	19.3	19.3
14	19.3	19.3
15	19.3	19.3
16	19.3	19.3
17	19.3	19.2
18	19.2	19.2
19	19.2	19.1
20	19.2	19.2
Promedio	19.27	19.25
Desviación	0.048	0.071
Varianza	0.00233	0.00500
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.14286	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.037	

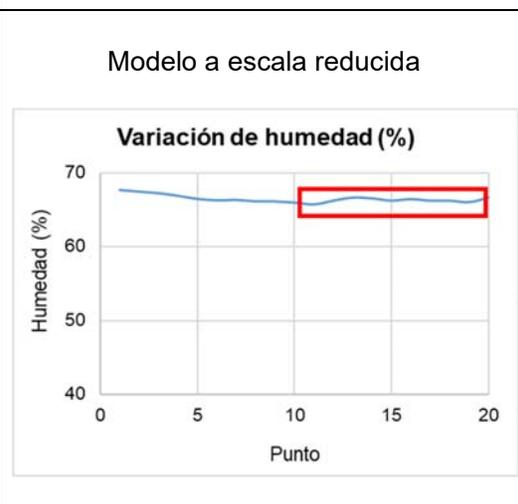
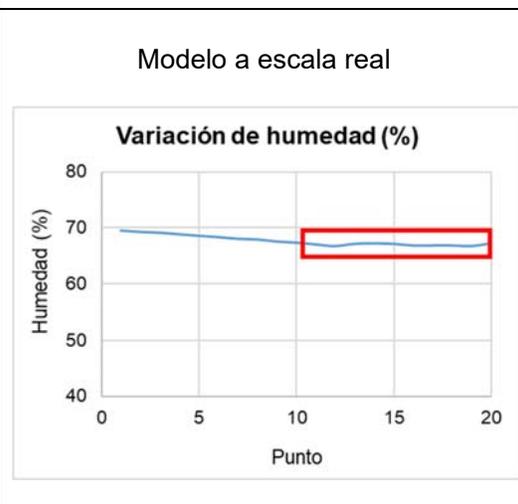


6.1.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:00 pm a 11:10 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	69.5	67.6
2	69.3	67.4
3	69.2	67.2
4	68.9	66.8
5	68.6	66.4
6	68.3	66.2
7	68.0	66.3
8	67.9	66.1
9	67.5	66.1
10	67.3	66.0
11	67.0	65.7
12	66.7	66.2
13	67.1	66.6
14	67.2	66.5
15	67.1	66.2
16	66.8	66.4
17	66.8	66.2
18	66.8	66.2
19	66.7	66.0
20	67.2	66.6
Promedio	66.94	66.26
Desviación	0.201	0.280
Varianza	0.04044	0.07822
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.93407	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.450	



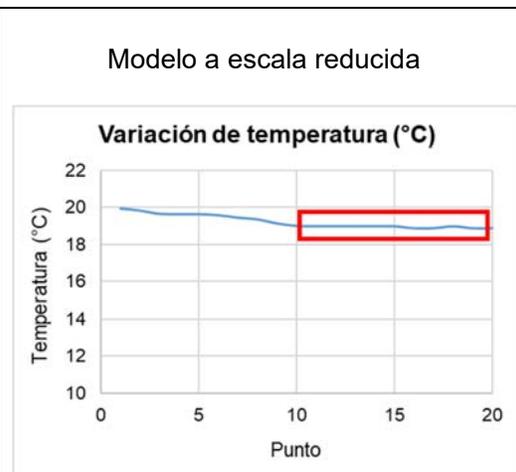
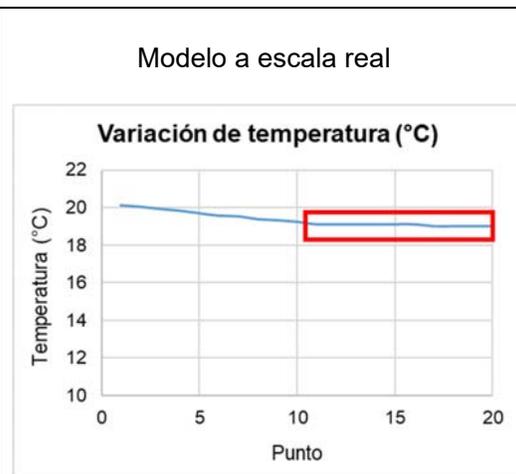
6.2. ESCENARIO 02

6.2.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.1	19.9
2	20.1	19.8
3	19.9	19.7
4	19.8	19.6
5	19.7	19.6
6	19.6	19.6
7	19.5	19.5
8	19.4	19.4
9	19.3	19.2
10	19.2	19.0
11	19.1	19.0
12	19.1	19.0
13	19.1	19.0
14	19.1	19.0
15	19.1	19.0
16	19.1	18.9
17	19.0	18.9
18	19.0	19.0
19	19.0	18.9
20	19.0	18.9
Promedio	19.06	18.96
Desviación	0.052	0.052
Varianza	0.00267	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.00000	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.051	

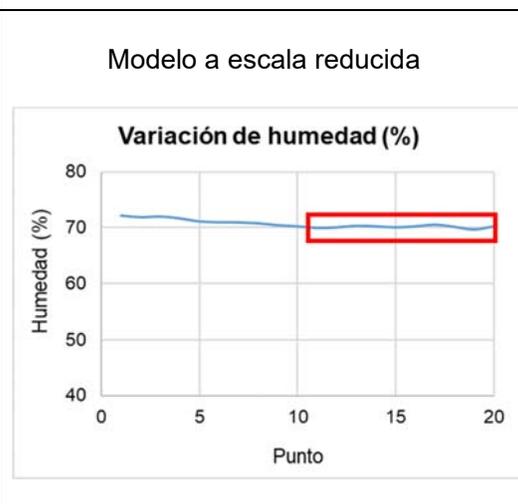
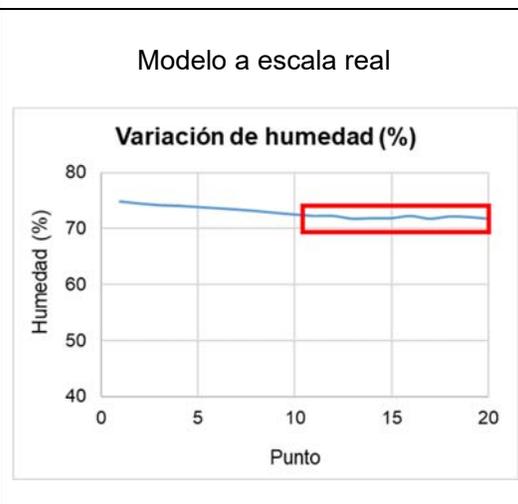


6.2.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:20 pm a 11:30 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.8	72.2
2	74.5	71.9
3	74.2	72.1
4	74.1	71.7
5	73.8	71.1
6	73.6	71.0
7	73.4	70.9
8	73.1	70.8
9	72.8	70.4
10	72.5	70.2
11	72.2	69.9
12	72.2	70.0
13	71.7	70.3
14	71.8	70.2
15	71.8	70.0
16	72.2	70.2
17	71.7	70.5
18	72.1	70.1
19	72.0	69.6
20	71.7	70.2
Promedio	71.94	70.10
Desviación	0.222	0.245
Varianza	0.04933	0.06000
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.21622	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	1.619	



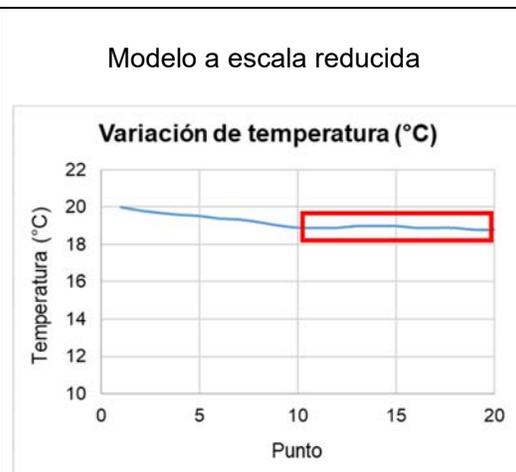
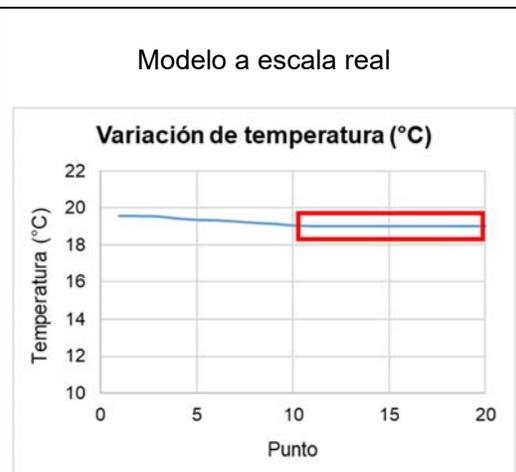
6.3. ESCENARIO 03

6.3.1. Temperatura interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.6	20.0
2	19.6	19.8
3	19.5	19.7
4	19.4	19.6
5	19.3	19.5
6	19.3	19.4
7	19.3	19.4
8	19.2	19.2
9	19.1	19.0
10	19.0	18.9
11	19.0	18.9
12	19.0	18.9
13	19.0	19.0
14	19.0	19.0
15	19.0	19.0
16	19.0	18.9
17	19.0	18.9
18	19.0	18.9
19	19.0	18.8
20	19.0	18.8
Promedio	19.00	18.91
Desviación	0.000	0.074
Varianza	0.00000	0.00544
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.041	

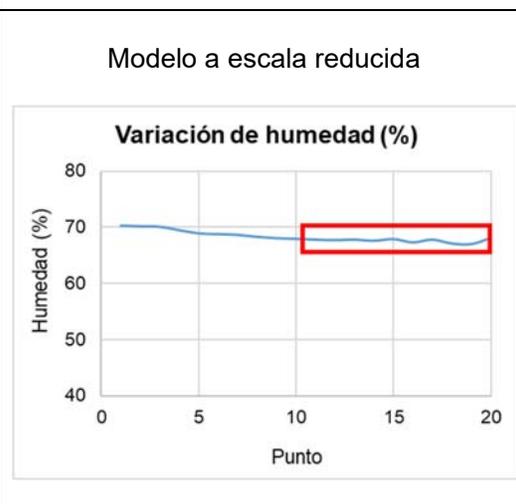
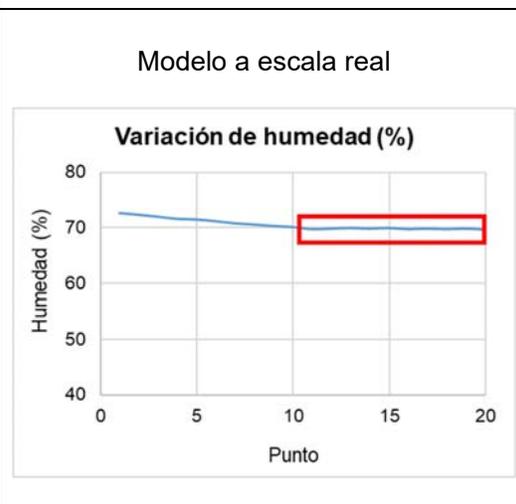


6.3.2. Humedad interior

Fecha: 13 de noviembre del 2019

Hora: De 11:40 pm a 11:50 pm

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	72.7	70.3
2	72.3	70.2
3	72.0	70.1
4	71.6	69.5
5	71.5	68.9
6	71.2	68.8
7	70.8	68.6
8	70.5	68.3
9	70.3	68.1
10	70.1	67.9
11	69.7	67.8
12	69.8	67.7
13	69.9	67.8
14	69.8	67.6
15	69.9	67.9
16	69.7	67.3
17	69.8	67.8
18	69.7	67.1
19	69.8	67.0
20	69.6	68.1
Promedio	69.77	67.61
Desviación	0.095	0.360
Varianza	0.00900	0.12989
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	14.43210	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2281	
Diferencia	1.897	



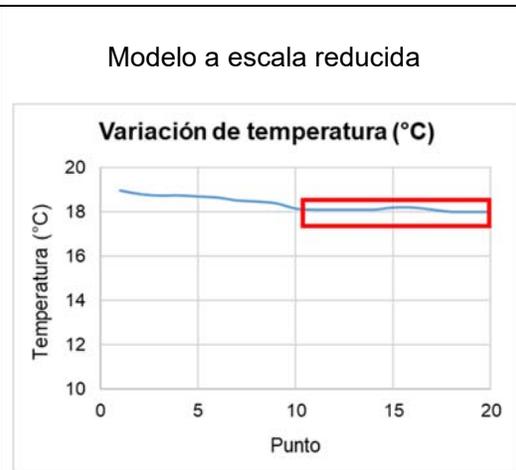
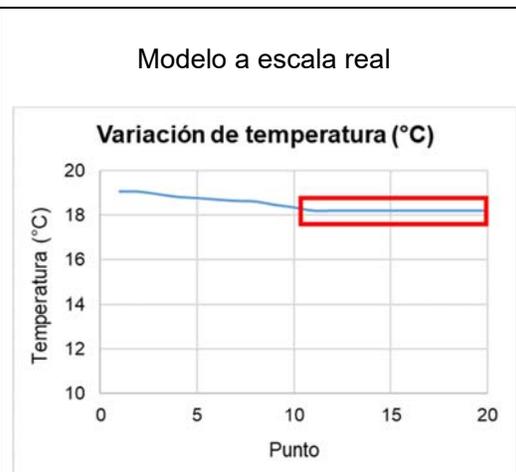
6.4. ESCENARIO 04

6.4.1. Temperatura interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.1	19.0
2	19.1	18.8
3	19.0	18.7
4	18.8	18.8
5	18.8	18.7
6	18.7	18.7
7	18.7	18.5
8	18.6	18.5
9	18.5	18.4
10	18.4	18.2
11	18.2	18.1
12	18.2	18.1
13	18.2	18.1
14	18.2	18.1
15	18.2	18.2
16	18.2	18.2
17	18.2	18.1
18	18.2	18.0
19	18.2	18.0
20	18.2	18.0
Promedio	18.20	18.09
Desviación	0.000	0.074
Varianza	0.00000	0.00544
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2622	
Diferencia	0.057	

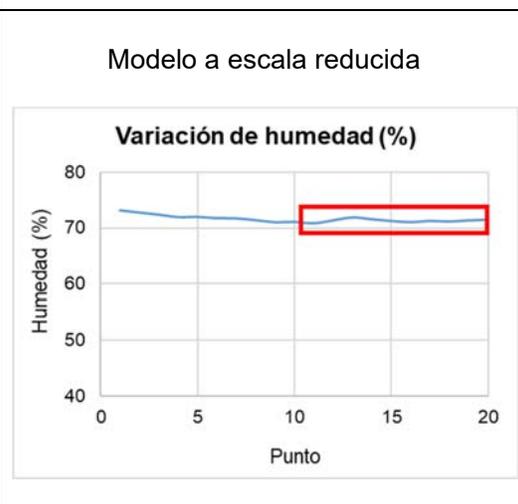
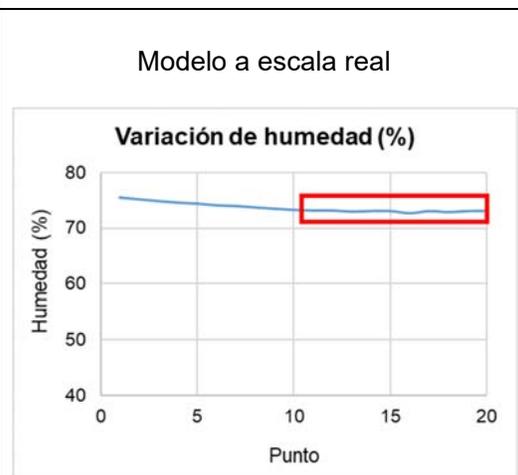


6.4.2. Humedad interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:00 am a 12:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.5	73.1
2	75.1	72.8
3	74.8	72.4
4	74.5	72.0
5	74.4	72.0
6	74.0	71.8
7	73.9	71.7
8	73.7	71.4
9	73.4	71.1
10	73.2	71.1
11	73.1	70.9
12	73.1	71.4
13	72.9	71.9
14	73.0	71.6
15	73.0	71.3
16	72.6	71.1
17	73.0	71.3
18	72.8	71.2
19	73.0	71.4
20	73.0	71.5
Promedio	72.95	71.36
Desviación	0.151	0.276
Varianza	0.02278	0.07600
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	3.33659	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1604	
Diferencia	1.375	



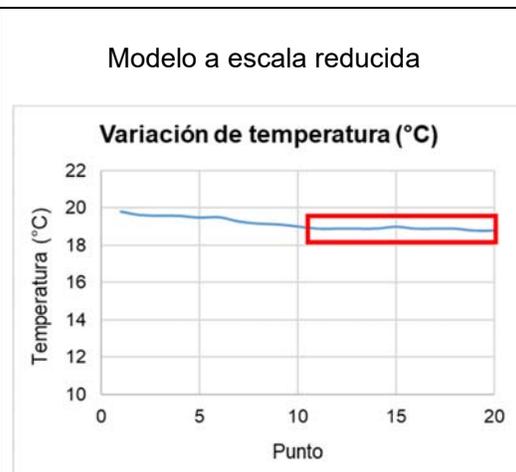
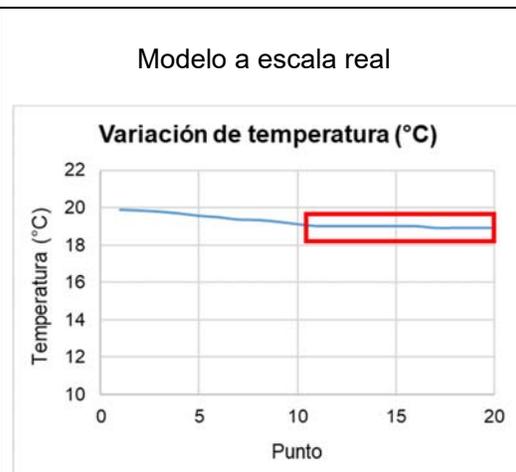
6.5. ESCENARIO 05

6.5.1. Temperatura interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.9	19.8
2	19.9	19.6
3	19.8	19.6
4	19.7	19.6
5	19.6	19.5
6	19.5	19.5
7	19.4	19.3
8	19.3	19.2
9	19.2	19.1
10	19.1	19.0
11	19.0	18.9
12	19.0	18.9
13	19.0	18.9
14	19.0	18.9
15	19.0	19.0
16	19.0	18.9
17	18.9	18.9
18	18.9	18.9
19	18.9	18.8
20	18.9	18.8
Promedio	18.96	18.89
Desviación	0.052	0.057
Varianza	0.00267	0.00322
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.20833	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.019	

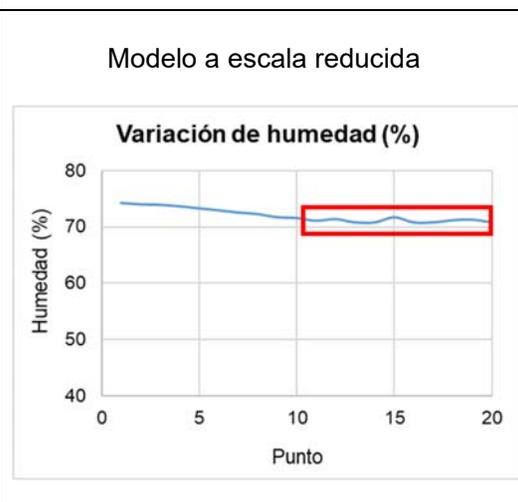
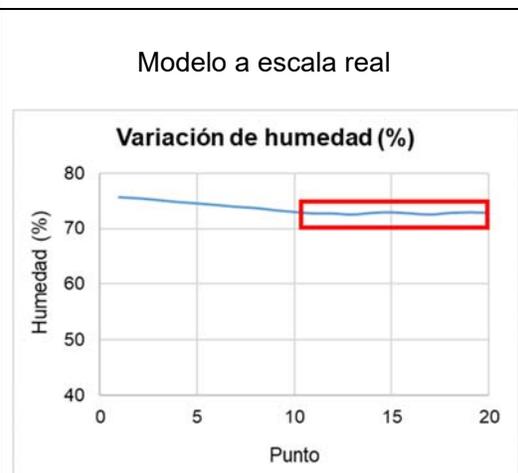


6.5.2. Humedad interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:20 am a 12:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	75.6	74.2
2	75.5	74.0
3	75.1	73.9
4	74.8	73.7
5	74.5	73.3
6	74.2	73.0
7	73.9	72.6
8	73.7	72.3
9	73.3	71.7
10	73.0	71.6
11	72.7	71.1
12	72.7	71.4
13	72.5	70.8
14	72.8	70.8
15	72.9	71.7
16	72.7	70.8
17	72.5	70.8
18	72.8	71.2
19	72.9	71.3
20	72.8	70.8
Promedio	72.73	71.07
Desviación	0.142	0.323
Varianza	0.02011	0.10456
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.19890	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	1.417	



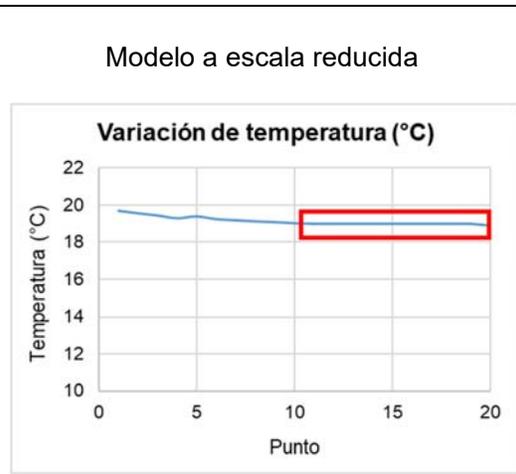
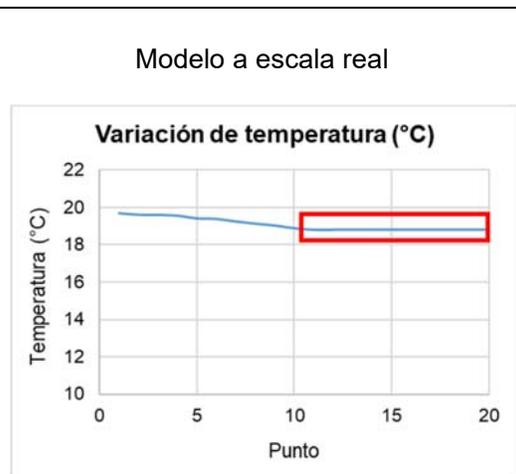
6.6. ESCENARIO 06

6.6.1. Temperatura interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	19.7	19.7
2	19.6	19.6
3	19.6	19.5
4	19.6	19.3
5	19.4	19.4
6	19.4	19.3
7	19.3	19.2
8	19.1	19.1
9	19.0	19.1
10	18.9	19.0
11	18.8	19.0
12	18.8	19.0
13	18.8	19.0
14	18.8	19.0
15	18.8	19.0
16	18.8	19.0
17	18.8	19.0
18	18.8	19.0
19	18.8	19.0
20	18.8	18.9
Promedio	18.80	18.99
Desviación	0.000	0.032
Varianza	0.00000	0.00100
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	Infinito positivo	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.2622	
Diferencia	0.167	

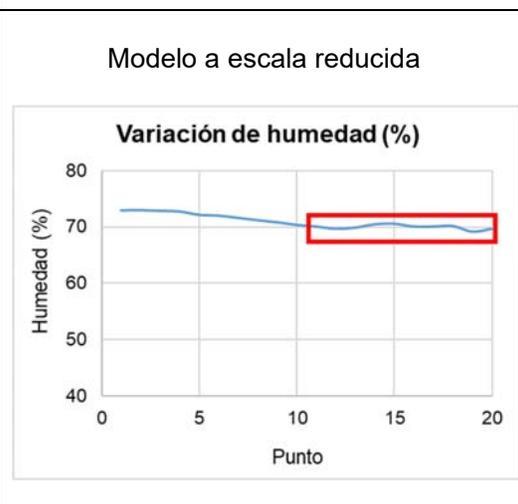
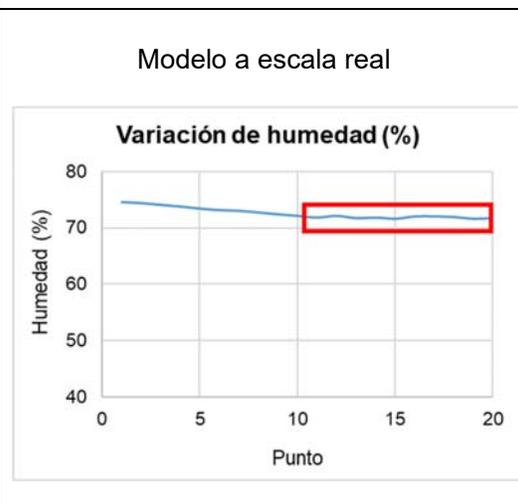


6.6.2. Humedad interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 12:40 am a 12:50 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	74.5	72.9
2	74.4	73.0
3	74.1	72.8
4	73.8	72.7
5	73.4	72.1
6	73.2	72.0
7	73.1	71.6
8	72.8	71.2
9	72.5	70.8
10	72.2	70.4
11	71.9	70.1
12	72.2	69.7
13	71.8	69.9
14	71.9	70.5
15	71.7	70.6
16	72.1	70.1
17	72.1	70.1
18	72.0	70.2
19	71.7	69.2
20	71.8	69.7
Promedio	71.92	70.01
Desviación	0.175	0.409
Varianza	0.03067	0.16767
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.46739	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	1.603	



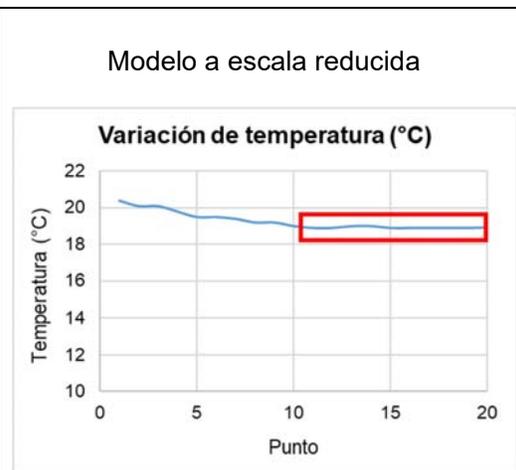
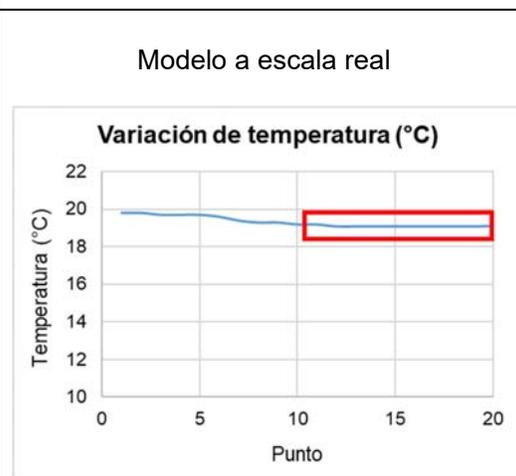
6.7. ESCENARIO 07

6.7.1. Temperatura interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 01:00 am a 01:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	20.2	20.2
2	20.1	20.1
3	20.1	20.0
4	20.0	20.0
5	20.0	20.0
6	19.9	19.9
7	19.8	19.8
8	19.7	19.7
9	19.7	19.5
10	19.5	19.4
11	19.5	19.3
12	19.5	19.3
13	19.5	19.3
14	19.5	19.3
15	19.5	19.3
16	19.5	19.4
17	19.5	19.4
18	19.5	19.4
19	19.5	19.4
20	19.4	19.3
Promedio	19.49	19.34
Desviación	0.032	0.052
Varianza	0.00100	0.00267
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	2.66667	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.110	

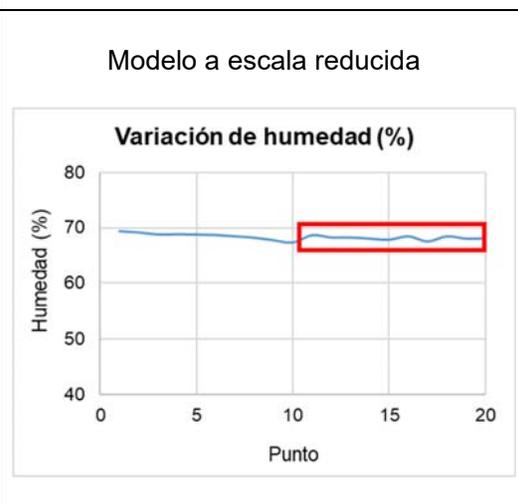
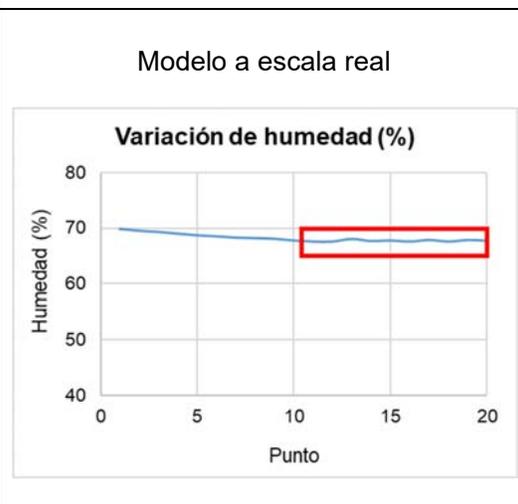


6.7.2. Humedad interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 01:00 am a 01:10 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	70.3	69.5
2	69.9	69.3
3	69.5	69.1
4	69.3	68.7
5	69.0	68.8
6	68.7	68.7
7	68.5	68.6
8	68.3	68.4
9	68.2	68.2
10	68.0	67.7
11	67.7	67.3
12	67.5	68.6
13	67.5	68.2
14	68.0	68.2
15	67.6	68.0
16	67.7	67.8
17	67.5	68.4
18	67.8	67.5
19	67.5	68.4
20	67.8	68.0
Promedio	67.66	68.04
Desviación	0.171	0.412
Varianza	0.02933	0.16933
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.77273	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	0.073	



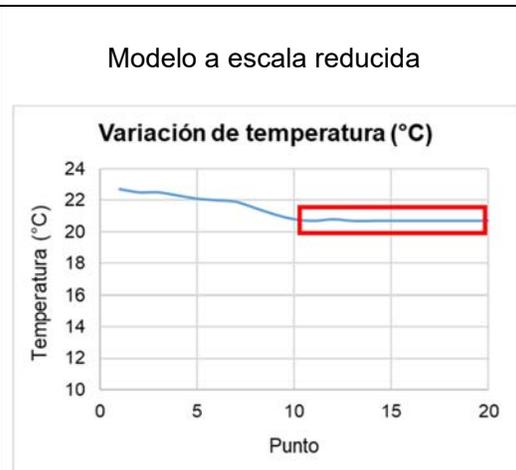
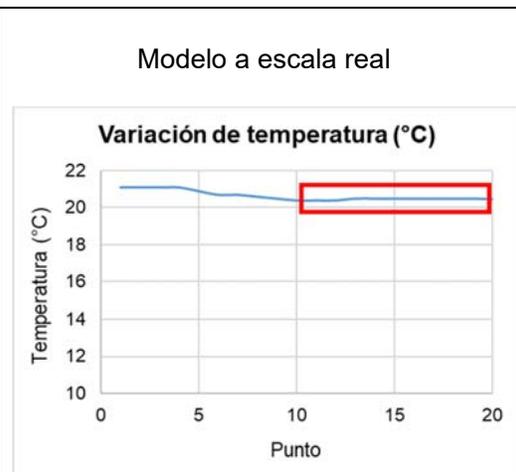
6.8. ESCENARIO 08

6.8.1. Temperatura interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 01:20 am a 01:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	21.1	20.8
2	21.0	20.8
3	20.8	20.7
4	20.8	20.8
5	20.7	20.5
6	20.5	20.3
7	20.4	20.3
8	20.4	20.1
9	20.2	20.1
10	20.2	20.0
11	20.1	20.1
12	20.1	20.1
13	20.1	20.1
14	20.1	20.1
15	20.1	20.2
16	20.1	20.2
17	20.1	20.2
18	20.1	20.1
19	20.0	20.1
20	20.0	20.1
Promedio	20.08	20.13
Desviación	0.042	0.048
Varianza	0.00178	0.00233
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	1.31250	
Tipo de varianzas	Homogéneas	
T - Tabla	2.1009	
Diferencia	0.007	

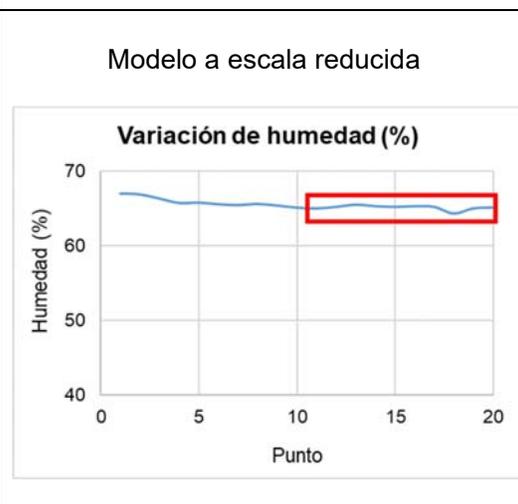
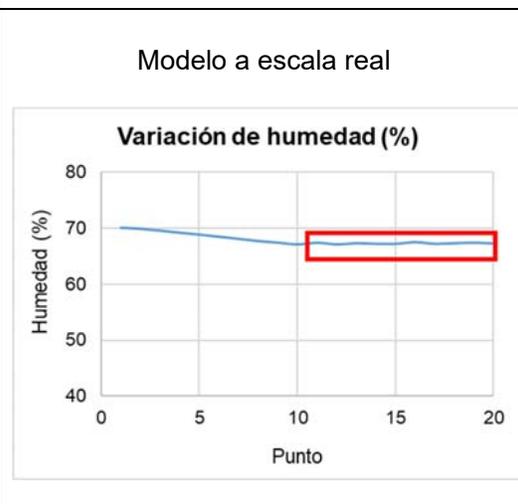


6.8.2. Humedad interior

Fecha: 14 de noviembre del 2019

Hora: De 01:20 am a 01:30 am

Ítem	Escala real (°C)	Escala reducida (°C)
1	70.2	67.7
2	70.1	67.1
3	69.9	67.0
4	69.6	66.4
5	69.2	65.8
6	68.9	65.9
7	68.5	65.7
8	68.1	65.5
9	67.7	65.7
10	67.4	65.5
11	67.1	65.2
12	67.4	65.1
13	67.1	65.3
14	67.3	65.6
15	67.2	65.4
16	67.2	65.3
17	67.5	65.4
18	67.2	65.3
19	67.3	64.4
20	67.4	65.1
Promedio	67.27	65.21
Desviación	0.134	0.321
Varianza	0.01789	0.10322
F - Tabla	3.17889	
F - Calculado	5.77019	
Tipo de varianzas	Heterogéneas	
T - Tabla	2.1788	
Diferencia	1.820	



ANEXO 11: BASE DE DATOS – MODELO A ESCALA REDUCIDA DE LA PRIMERA MUESTRA - TEMPERATURA

Se poseen los siguientes escenarios:

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1	V - 2
1	A	A	A
2	A	A	C
3	A	C	A
4	C	A	A
5	A	C	C
6	C	C	A
7	C	A	C
8	C	C	C

A continuación, se presenta la medición realizada en cada uno de estos durante 1 hora (120 datos cada 30 segundos).

1. ESCENARIO 01

Fecha: 25/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	17.5	19.0	1.5
00:01:00	2	17.5	19.2	1.7
00:01:30	3	17.6	18.9	1.3
00:02:00	4	17.5	18.9	1.4
00:02:30	5	17.4	19.1	1.7
00:03:00	6	17.3	18.9	1.6
00:03:30	7	17.3	19.1	1.8
00:04:00	8	17.2	18.9	1.7
00:04:30	9	17.3	19.0	1.7
00:05:00	10	17.4	18.9	1.5
00:05:30	11	17.3	19.2	1.9
00:06:00	12	17.2	18.9	1.7
00:06:30	13	17.1	19.0	1.9
00:07:00	14	17.2	19.0	1.8
00:07:30	15	17.3	19.1	1.8
00:08:00	16	17.2	18.8	1.6
00:08:30	17	17.1	18.8	1.7
00:09:00	18	17.2	19.2	2.0
00:09:30	19	17.3	19.1	1.8
00:10:00	20	17.4	18.9	1.5
00:10:30	21	17.5	19.3	1.8
00:11:00	22	17.6	19.3	1.7

00:11:30	23	17.6	19.1	1.5
00:12:00	24	17.7	19.2	1.5
00:12:30	25	17.7	19.3	1.6
00:13:00	26	17.6	19.0	1.4
00:13:30	27	17.6	18.9	1.3
00:14:00	28	17.6	19.0	1.4
00:14:30	29	17.7	19.1	1.4
00:15:00	30	17.8	19.0	1.2
00:15:30	31	17.7	18.9	1.2
00:16:00	32	17.8	19.4	1.6
00:16:30	33	17.7	19.2	1.5
00:17:00	34	17.8	19.4	1.6
00:17:30	35	17.9	19.4	1.5
00:18:00	36	18	19.4	1.4
00:18:30	37	18.1	19.3	1.2
00:19:00	38	18	19.2	1.2
00:19:30	39	18	19.4	1.4
00:20:00	40	18.1	19.1	1.0
00:20:30	41	18	19.3	1.3
00:21:00	42	17.9	19.4	1.5
00:21:30	43	17.9	19.1	1.2
00:22:00	44	18	19.0	1.0
00:22:30	45	18.1	19.5	1.4
00:23:00	46	18.2	19.1	0.9
00:23:30	47	18.2	19.1	0.9
00:24:00	48	18.2	19.5	1.3
00:24:30	49	18.2	19.4	1.2
00:25:00	50	18.1	19.5	1.4
00:25:30	51	18	19.1	1.1
00:26:00	52	18.1	19.5	1.4
00:26:30	53	18.1	19.3	1.2
00:27:00	54	18.1	19.3	1.2
00:27:30	55	18.1	19.3	1.2
00:28:00	56	18.2	19.4	1.2
00:28:30	57	18.3	19.3	1.0
00:29:00	58	18.3	19.6	1.3
00:29:30	59	18.2	19.5	1.3
00:30:00	60	18.3	19.6	1.3
00:30:30	61	18.3	19.3	1.0
00:31:00	62	18.3	19.5	1.2
00:31:30	63	18.4	19.4	1.0
00:32:00	64	18.3	19.5	1.2
00:32:30	65	18.2	19.2	1.0
00:33:00	66	18.3	19.6	1.3
00:33:30	67	18.3	19.6	1.3

00:34:00	68	18.4	19.5	1.1
00:34:30	69	18.4	19.6	1.2
00:35:00	70	18.3	19.6	1.3
00:35:30	71	18.4	19.5	1.1
00:36:00	72	18.4	19.4	1.0
00:36:30	73	18.4	19.5	1.1
00:37:00	74	18.5	19.4	0.9
00:37:30	75	18.4	19.5	1.1
00:38:00	76	18.5	19.6	1.1
00:38:30	77	18.5	19.3	0.8
00:39:00	78	18.5	19.3	0.8
00:39:30	79	18.5	19.2	0.7
00:40:00	80	18.6	19.6	1.0
00:40:30	81	18.5	19.6	1.1
00:41:00	82	18.6	19.7	1.1
00:41:30	83	18.7	19.7	1.0
00:42:00	84	18.7	19.3	0.6
00:42:30	85	18.7	19.6	0.9
00:43:00	86	18.8	19.4	0.6
00:43:30	87	18.8	19.7	0.9
00:44:00	88	18.9	19.4	0.5
00:44:30	89	18.8	19.3	0.5
00:45:00	90	18.7	19.5	0.8
00:45:30	91	18.7	19.7	1.0
00:46:00	92	18.6	19.5	0.9
00:46:30	93	18.5	19.4	0.9
00:47:00	94	18.5	19.5	1.0
00:47:30	95	18.5	19.2	0.7
00:48:00	96	18.4	19.6	1.2
00:48:30	97	18.5	19.4	0.9
00:49:00	98	18.5	19.3	0.8
00:49:30	99	18.6	19.6	1.0
00:50:00	100	18.5	19.3	0.8
00:50:30	101	18.5	19.2	0.7
00:51:00	102	18.6	19.5	0.9
00:51:30	103	18.6	19.4	0.8
00:52:00	104	18.6	19.6	1.0
00:52:30	105	18.6	19.4	0.8
00:53:00	106	18.6	19.3	0.7
00:53:30	107	18.7	19.5	0.8
00:54:00	108	18.6	19.6	1.0
00:54:30	109	18.5	19.3	0.8
00:55:00	110	18.6	19.4	0.8
00:55:30	111	18.5	19.3	0.8
00:56:00	112	18.5	19.4	0.9

00:56:30	113	18.4	19.5	1.1
00:57:00	114	18.3	19.4	1.1
00:57:30	115	18.3	19.6	1.3
00:58:00	116	18.4	19.2	0.8
00:58:30	117	18.4	19.4	1.0
00:59:00	118	18.4	19.5	1.1
00:59:30	119	18.5	19.6	1.1
01:00:00	120	18.6	19.7	1.1

2. ESCENARIO 02

Fecha: 25/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	16.9	19.3	2.4
00:01:00	2	16.8	19.3	2.5
00:01:30	3	16.7	19.3	2.6
00:02:00	4	16.6	19.1	2.5
00:02:30	5	16.7	19.6	2.9
00:03:00	6	16.7	19.4	2.7
00:03:30	7	16.6	19.5	2.9
00:04:00	8	16.5	19.5	3.0
00:04:30	9	16.4	19.3	2.9
00:05:00	10	16.4	19.0	2.6
00:05:30	11	16.5	19.2	2.7
00:06:00	12	16.4	19.4	3.0
00:06:30	13	16.4	19.2	2.8
00:07:00	14	16.3	19.1	2.8
00:07:30	15	16.3	19.3	3.0
00:08:00	16	16.3	19.3	3.0
00:08:30	17	16.4	19.2	2.8
00:09:00	18	16.4	19.1	2.7
00:09:30	19	16.5	19.2	2.7
00:10:00	20	16.5	19.3	2.8
00:10:30	21	16.4	19.0	2.6
00:11:00	22	16.3	19.2	2.9
00:11:30	23	16.3	19.3	3.0
00:12:00	24	16.3	19.1	2.8
00:12:30	25	16.3	19.4	3.1
00:13:00	26	16.2	19.2	3.0
00:13:30	27	16.2	19.1	2.9
00:14:00	28	16.3	19.0	2.7
00:14:30	29	16.2	19.4	3.2
00:15:00	30	16.1	18.9	2.8
00:15:30	31	16.1	19.0	2.9

00:16:00	32	16.2	19.3	3.1
00:16:30	33	16.1	19.1	3.0
00:17:00	34	16.1	19.3	3.2
00:17:30	35	16.1	19.1	3.0
00:18:00	36	16.2	19.3	3.1
00:18:30	37	16.3	19.1	2.8
00:19:00	38	16.4	19.0	2.6
00:19:30	39	16.3	19.1	2.8
00:20:00	40	16.4	19.3	2.9
00:20:30	41	16.3	19.0	2.7
00:21:00	42	16.4	19.3	2.9
00:21:30	43	16.4	19.3	2.9
00:22:00	44	16.4	19.2	2.8
00:22:30	45	16.5	19.1	2.6
00:23:00	46	16.6	19.3	2.7
00:23:30	47	16.7	19.2	2.5
00:24:00	48	16.8	19.6	2.8
00:24:30	49	16.8	19.3	2.5
00:25:00	50	16.9	19.3	2.4
00:25:30	51	17	19.7	2.7
00:26:00	52	16.9	19.6	2.7
00:26:30	53	16.9	19.6	2.7
00:27:00	54	17	19.7	2.7
00:27:30	55	16.9	19.6	2.7
00:28:00	56	16.9	19.2	2.3
00:28:30	57	16.9	19.3	2.4
00:29:00	58	17	19.3	2.3
00:29:30	59	16.9	19.5	2.6
00:30:00	60	17	19.5	2.5
00:30:30	61	16.9	19.4	2.5
00:31:00	62	16.8	19.5	2.7
00:31:30	63	16.7	19.2	2.5
00:32:00	64	16.6	19.5	2.9
00:32:30	65	16.7	19.2	2.5
00:33:00	66	16.8	19.5	2.7
00:33:30	67	16.9	19.5	2.6
00:34:00	68	17	19.7	2.7
00:34:30	69	17	19.6	2.6
00:35:00	70	17	19.4	2.4
00:35:30	71	17	19.6	2.6
00:36:00	72	17.1	19.3	2.2
00:36:30	73	17.2	19.6	2.4
00:37:00	74	17.2	19.3	2.1
00:37:30	75	17.3	19.4	2.1
00:38:00	76	17.3	19.7	2.4

00:38:30	77	17.3	19.4	2.1
00:39:00	78	17.4	19.4	2.0
00:39:30	79	17.5	19.5	2.0
00:40:00	80	17.6	19.9	2.3
00:40:30	81	17.7	19.7	2.0
00:41:00	82	17.7	19.8	2.1
00:41:30	83	17.6	19.8	2.2
00:42:00	84	17.5	19.8	2.3
00:42:30	85	17.5	19.5	2.0
00:43:00	86	17.4	19.5	2.1
00:43:30	87	17.5	19.9	2.4
00:44:00	88	17.4	19.8	2.4
00:44:30	89	17.4	19.6	2.2
00:45:00	90	17.3	19.5	2.2
00:45:30	91	17.4	19.6	2.2
00:46:00	92	17.4	19.6	2.2
00:46:30	93	17.4	19.4	2.0
00:47:00	94	17.3	19.7	2.4
00:47:30	95	17.2	19.6	2.4
00:48:00	96	17.2	19.5	2.3
00:48:30	97	17.3	19.4	2.1
00:49:00	98	17.2	19.5	2.3
00:49:30	99	17.3	19.7	2.4
00:50:00	100	17.4	19.4	2.0
00:50:30	101	17.3	19.4	2.1
00:51:00	102	17.2	19.5	2.3
00:51:30	103	17.3	19.6	2.3
00:52:00	104	17.2	19.4	2.2
00:52:30	105	17.1	19.6	2.5
00:53:00	106	17	19.5	2.5
00:53:30	107	16.9	19.4	2.5
00:54:00	108	16.9	19.3	2.4
00:54:30	109	16.8	19.3	2.5
00:55:00	110	16.9	19.3	2.4
00:55:30	111	17	19.4	2.4
00:56:00	112	16.9	19.3	2.4
00:56:30	113	16.9	19.5	2.6
00:57:00	114	16.9	19.2	2.3
00:57:30	115	16.9	19.6	2.7
00:58:00	116	16.9	19.2	2.3
00:58:30	117	16.8	19.3	2.5
00:59:00	118	16.9	19.4	2.5
00:59:30	119	16.8	19.5	2.7
01:00:00	120	16.8	19.2	2.4

3. ESCENARIO 03

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 01:00 am

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	20.2	2.0
00:01:00	2	18.2	20.0	1.8
00:01:30	3	18.2	20.0	1.8
00:02:00	4	18.2	20.0	1.8
00:02:30	5	18.2	20.3	2.1
00:03:00	6	18.3	20.3	2.0
00:03:30	7	18.2	20.3	2.1
00:04:00	8	18.2	20.1	1.9
00:04:30	9	18.1	20.3	2.2
00:05:00	10	18	20.0	2.0
00:05:30	11	18.1	20.1	2.0
00:06:00	12	18	20.1	2.1
00:06:30	13	17.9	19.9	2.0
00:07:00	14	17.8	20.2	2.4
00:07:30	15	17.9	20.0	2.1
00:08:00	16	17.8	19.8	2.0
00:08:30	17	17.8	20.2	2.4
00:09:00	18	17.7	19.8	2.1
00:09:30	19	17.7	19.8	2.1
00:10:00	20	17.8	20.0	2.2
00:10:30	21	17.9	20.1	2.2
00:11:00	22	17.9	20.2	2.3
00:11:30	23	18	20.0	2.0
00:12:00	24	18.1	20.0	1.9
00:12:30	25	18.2	20.4	2.2
00:13:00	26	18.1	20.2	2.1
00:13:30	27	18.1	19.9	1.8
00:14:00	28	18.1	20.2	2.1
00:14:30	29	18.2	20.2	2.0
00:15:00	30	18.2	20.2	2.0
00:15:30	31	18.3	20.1	1.8
00:16:00	32	18.2	20.2	2.0
00:16:30	33	18.1	20.1	2.0
00:17:00	34	18	20.1	2.1
00:17:30	35	18.1	20.1	2.0
00:18:00	36	18.1	19.9	1.8
00:18:30	37	18.1	20.0	1.9
00:19:00	38	18.2	20.4	2.2
00:19:30	39	18.1	20.3	2.2
00:20:00	40	18.2	20.3	2.1

00:20:30	41	18.2	20.1	1.9
00:21:00	42	18.2	20.0	1.8
00:21:30	43	18.1	20.1	2.0
00:22:00	44	18.2	20.3	2.1
00:22:30	45	18.2	20.0	1.8
00:23:00	46	18.2	20.1	1.9
00:23:30	47	18.1	20.1	2.0
00:24:00	48	18	20.3	2.3
00:24:30	49	18.1	19.9	1.8
00:25:00	50	18.1	20.3	2.2
00:25:30	51	18.1	20.0	1.9
00:26:00	52	18.1	20.0	1.9
00:26:30	53	18.1	19.9	1.8
00:27:00	54	18.2	20.2	2.0
00:27:30	55	18.1	20.3	2.2
00:28:00	56	18	20.3	2.3
00:28:30	57	17.9	20.0	2.1
00:29:00	58	17.9	20.3	2.4
00:29:30	59	17.9	20.1	2.2
00:30:00	60	18	20.2	2.2
00:30:30	61	18.1	20.1	2.0
00:31:00	62	18	20.0	2.0
00:31:30	63	17.9	20.0	2.1
00:32:00	64	17.9	20.2	2.3
00:32:30	65	17.8	20.1	2.3
00:33:00	66	17.9	20.3	2.4
00:33:30	67	17.9	20.3	2.4
00:34:00	68	18	19.9	1.9
00:34:30	69	17.9	20.0	2.1
00:35:00	70	17.8	20.1	2.3
00:35:30	71	17.8	20.1	2.3
00:36:00	72	17.7	20.0	2.3
00:36:30	73	17.6	20.0	2.4
00:37:00	74	17.6	19.9	2.3
00:37:30	75	17.6	20.0	2.4
00:38:00	76	17.7	20.2	2.5
00:38:30	77	17.6	20.0	2.4
00:39:00	78	17.5	19.8	2.3
00:39:30	79	17.4	19.7	2.3
00:40:00	80	17.4	19.8	2.4
00:40:30	81	17.4	19.8	2.4
00:41:00	82	17.3	19.7	2.4
00:41:30	83	17.2	19.9	2.7
00:42:00	84	17.3	20.0	2.7
00:42:30	85	17.2	19.6	2.4

00:43:00	86	17.1	19.9	2.8
00:43:30	87	17	19.5	2.5
00:44:00	88	16.9	19.5	2.6
00:44:30	89	17	19.9	2.9
00:45:00	90	17.1	20.0	2.9
00:45:30	91	17.2	19.7	2.5
00:46:00	92	17.1	19.9	2.8
00:46:30	93	17.2	19.9	2.7
00:47:00	94	17.2	19.7	2.5
00:47:30	95	17.3	19.7	2.4
00:48:00	96	17.2	20.0	2.8
00:48:30	97	17.1	19.7	2.6
00:49:00	98	17	19.9	2.9
00:49:30	99	17	19.9	2.9
00:50:00	100	17	19.6	2.6
00:50:30	101	17	19.9	2.9
00:51:00	102	17	19.7	2.7
00:51:30	103	17	19.9	2.9
00:52:00	104	17.1	19.7	2.6
00:52:30	105	17.1	19.6	2.5
00:53:00	106	17	19.6	2.6
00:53:30	107	17.1	19.7	2.6
00:54:00	108	17	19.7	2.7
00:54:30	109	17	19.5	2.5
00:55:00	110	17.1	19.6	2.5
00:55:30	111	17.1	19.6	2.5
00:56:00	112	17	19.6	2.6
00:56:30	113	17.1	19.7	2.6
00:57:00	114	17.1	19.8	2.7
00:57:30	115	17.2	19.6	2.4
00:58:00	116	17.2	20.0	2.8
00:58:30	117	17.1	19.8	2.7
00:59:00	118	17.2	20.0	2.8
00:59:30	119	17.3	19.6	2.3
01:00:00	120	17.4	20.0	2.6

4. ESCENARIO 04

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	19.6	1.4
00:01:00	2	18.1	19.5	1.4
00:01:30	3	18	19.2	1.2
00:02:00	4	17.9	19.4	1.5

00:02:30	5	17.9	19.0	1.1
00:03:00	6	17.9	19.0	1.1
00:03:30	7	17.8	19.3	1.5
00:04:00	8	17.7	19.1	1.4
00:04:30	9	17.8	19.4	1.6
00:05:00	10	17.8	19.3	1.5
00:05:30	11	17.7	19.1	1.4
00:06:00	12	17.6	19.1	1.5
00:06:30	13	17.6	19.1	1.5
00:07:00	14	17.7	19.4	1.7
00:07:30	15	17.7	19.2	1.5
00:08:00	16	17.7	19.0	1.3
00:08:30	17	17.6	18.9	1.3
00:09:00	18	17.5	19.0	1.5
00:09:30	19	17.5	19.2	1.7
00:10:00	20	17.6	19.0	1.4
00:10:30	21	17.7	19.1	1.4
00:11:00	22	17.6	19.3	1.7
00:11:30	23	17.7	19.0	1.3
00:12:00	24	17.6	19.0	1.4
00:12:30	25	17.6	19.2	1.6
00:13:00	26	17.5	19.0	1.5
00:13:30	27	17.5	18.9	1.4
00:14:00	28	17.5	19.3	1.8
00:14:30	29	17.5	19.1	1.6
00:15:00	30	17.5	19.2	1.7
00:15:30	31	17.4	19.3	1.9
00:16:00	32	17.3	19.1	1.8
00:16:30	33	17.3	19.1	1.8
00:17:00	34	17.3	18.9	1.6
00:17:30	35	17.2	19.2	2.0
00:18:00	36	17.2	19.1	1.9
00:18:30	37	17.2	19.0	1.8
00:19:00	38	17.1	18.7	1.6
00:19:30	39	17.2	19.1	1.9
00:20:00	40	17.2	18.8	1.6
00:20:30	41	17.2	19.2	2.0
00:21:00	42	17.3	19.0	1.7
00:21:30	43	17.3	19.0	1.7
00:22:00	44	17.3	18.9	1.6
00:22:30	45	17.2	18.9	1.7
00:23:00	46	17.1	19.1	2.0
00:23:30	47	17.2	19.0	1.8
00:24:00	48	17.2	19.0	1.8
00:24:30	49	17.3	19.2	1.9

00:25:00	50	17.3	19.0	1.7
00:25:30	51	17.2	19.1	1.9
00:26:00	52	17.1	19.1	2.0
00:26:30	53	17	19.0	2.0
00:27:00	54	17.1	19.0	1.9
00:27:30	55	17.1	18.8	1.7
00:28:00	56	17.2	19.0	1.8
00:28:30	57	17.3	19.2	1.9
00:29:00	58	17.2	19.0	1.8
00:29:30	59	17.2	19.0	1.8
00:30:00	60	17.1	18.8	1.7
00:30:30	61	17.1	18.8	1.7
00:31:00	62	17.2	19.0	1.8
00:31:30	63	17.3	19.0	1.7
00:32:00	64	17.2	19.2	2.0
00:32:30	65	17.1	18.9	1.8
00:33:00	66	17	19.1	2.1
00:33:30	67	16.9	19.0	2.1
00:34:00	68	17	18.8	1.8
00:34:30	69	16.9	18.7	1.8
00:35:00	70	17	18.9	1.9
00:35:30	71	17	19.1	2.1
00:36:00	72	16.9	19.1	2.2
00:36:30	73	17	18.7	1.7
00:37:00	74	17.1	18.9	1.8
00:37:30	75	17	19.1	2.1
00:38:00	76	17	19.0	2.0
00:38:30	77	17.1	19.1	2.0
00:39:00	78	17	19.1	2.1
00:39:30	79	17	18.7	1.7
00:40:00	80	17.1	19.1	2.0
00:40:30	81	17	18.7	1.7
00:41:00	82	17.1	18.7	1.6
00:41:30	83	17.1	18.8	1.7
00:42:00	84	17.1	18.9	1.8
00:42:30	85	17.2	19.2	2.0
00:43:00	86	17.3	18.8	1.5
00:43:30	87	17.3	19.0	1.7
00:44:00	88	17.2	18.9	1.7
00:44:30	89	17.1	18.8	1.7
00:45:00	90	17.1	19.1	2.0
00:45:30	91	17	18.8	1.8
00:46:00	92	16.9	19.1	2.2
00:46:30	93	16.8	18.6	1.8
00:47:00	94	16.9	19.0	2.1

00:47:30	95	16.8	18.8	2.0
00:48:00	96	16.8	18.8	2.0
00:48:30	97	16.7	19.0	2.3
00:49:00	98	16.6	19.0	2.4
00:49:30	99	16.6	19.0	2.4
00:50:00	100	16.6	18.7	2.1
00:50:30	101	16.6	18.7	2.1
00:51:00	102	16.5	18.5	2.0
00:51:30	103	16.4	18.9	2.5
00:52:00	104	16.5	18.8	2.3
00:52:30	105	16.4	18.5	2.1
00:53:00	106	16.5	18.8	2.3
00:53:30	107	16.6	18.8	2.2
00:54:00	108	16.6	19.0	2.4
00:54:30	109	16.5	18.6	2.1
00:55:00	110	16.5	18.5	2.0
00:55:30	111	16.6	19.0	2.4
00:56:00	112	16.5	18.6	2.1
00:56:30	113	16.4	18.5	2.1
00:57:00	114	16.4	18.5	2.1
00:57:30	115	16.3	18.6	2.3
00:58:00	116	16.2	18.4	2.2
00:58:30	117	16.3	18.8	2.5
00:59:00	118	16.4	18.8	2.4
00:59:30	119	16.4	18.9	2.5
01:00:00	120	16.4	18.8	2.4

5. ESCENARIO 05

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	20.5	2.3
00:01:00	2	18.1	20.4	2.3
00:01:30	3	18.1	20.0	1.9
00:02:00	4	18.2	20.1	1.9
00:02:30	5	18.3	20.5	2.2
00:03:00	6	18.4	20.4	2.0
00:03:30	7	18.4	20.5	2.1
00:04:00	8	18.3	20.5	2.2
00:04:30	9	18.4	20.2	1.8
00:05:00	10	18.5	20.6	2.1
00:05:30	11	18.4	20.2	1.8
00:06:00	12	18.4	20.3	1.9
00:06:30	13	18.5	20.5	2.0

00:07:00	14	18.4	20.4	2.0
00:07:30	15	18.3	20.2	1.9
00:08:00	16	18.2	20.2	2.0
00:08:30	17	18.1	20.3	2.2
00:09:00	18	18	20.3	2.3
00:09:30	19	17.9	20.3	2.4
00:10:00	20	17.8	19.9	2.1
00:10:30	21	17.9	20.1	2.2
00:11:00	22	17.8	20.0	2.2
00:11:30	23	17.9	20.1	2.2
00:12:00	24	17.8	20.1	2.3
00:12:30	25	17.8	20.3	2.5
00:13:00	26	17.9	20.3	2.4
00:13:30	27	17.9	20.2	2.3
00:14:00	28	17.8	20.2	2.4
00:14:30	29	17.7	20.2	2.5
00:15:00	30	17.6	20.1	2.5
00:15:30	31	17.5	19.8	2.3
00:16:00	32	17.4	19.8	2.4
00:16:30	33	17.3	20.1	2.8
00:17:00	34	17.3	20.1	2.8
00:17:30	35	17.4	19.9	2.5
00:18:00	36	17.3	20.1	2.8
00:18:30	37	17.2	20.0	2.8
00:19:00	38	17.2	19.9	2.7
00:19:30	39	17.2	19.9	2.7
00:20:00	40	17.2	19.8	2.6
00:20:30	41	17.1	20.1	3.0
00:21:00	42	17.1	20.0	2.9
00:21:30	43	17.2	20.0	2.8
00:22:00	44	17.3	19.9	2.6
00:22:30	45	17.3	20.0	2.7
00:23:00	46	17.2	19.8	2.6
00:23:30	47	17.3	20.0	2.7
00:24:00	48	17.3	20.0	2.7
00:24:30	49	17.3	19.9	2.6
00:25:00	50	17.2	20.0	2.8
00:25:30	51	17.1	20.1	3.0
00:26:00	52	17.1	19.9	2.8
00:26:30	53	17.1	19.9	2.8
00:27:00	54	17.2	20.1	2.9
00:27:30	55	17.1	19.9	2.8
00:28:00	56	17	19.7	2.7
00:28:30	57	17	19.9	2.9
00:29:00	58	16.9	20.0	3.1

00:29:30	59	17	20.0	3.0
00:30:00	60	16.9	19.8	2.9
00:30:30	61	16.8	19.8	3.0
00:31:00	62	16.8	19.8	3.0
00:31:30	63	16.8	19.5	2.7
00:32:00	64	16.9	20.0	3.1
00:32:30	65	17	20.0	3.0
00:33:00	66	17	20.0	3.0
00:33:30	67	17.1	19.7	2.6
00:34:00	68	17.1	20.0	2.9
00:34:30	69	17.2	19.9	2.7
00:35:00	70	17.3	19.8	2.5
00:35:30	71	17.2	20.0	2.8
00:36:00	72	17.1	19.9	2.8
00:36:30	73	17.2	19.8	2.6
00:37:00	74	17.2	19.7	2.5
00:37:30	75	17.3	19.8	2.5
00:38:00	76	17.3	19.9	2.6
00:38:30	77	17.2	19.7	2.5
00:39:00	78	17.2	19.8	2.6
00:39:30	79	17.3	19.7	2.4
00:40:00	80	17.3	19.7	2.4
00:40:30	81	17.3	19.9	2.6
00:41:00	82	17.2	19.7	2.5
00:41:30	83	17.1	19.8	2.7
00:42:00	84	17.2	20.1	2.9
00:42:30	85	17.1	20.1	3.0
00:43:00	86	17.1	19.7	2.6
00:43:30	87	17.2	19.8	2.6
00:44:00	88	17.1	19.7	2.6
00:44:30	89	17.1	19.9	2.8
00:45:00	90	17.2	19.7	2.5
00:45:30	91	17.3	19.9	2.6
00:46:00	92	17.4	20.0	2.6
00:46:30	93	17.5	19.9	2.4
00:47:00	94	17.6	19.9	2.3
00:47:30	95	17.6	19.9	2.3
00:48:00	96	17.5	20.0	2.5
00:48:30	97	17.5	20.0	2.5
00:49:00	98	17.5	19.9	2.4
00:49:30	99	17.4	19.8	2.4
00:50:00	100	17.3	19.8	2.5
00:50:30	101	17.4	19.9	2.5
00:51:00	102	17.5	19.9	2.4
00:51:30	103	17.6	20.1	2.5

00:52:00	104	17.6	20.2	2.6
00:52:30	105	17.7	20.0	2.3
00:53:00	106	17.6	19.8	2.2
00:53:30	107	17.7	19.9	2.2
00:54:00	108	17.6	20.1	2.5
00:54:30	109	17.7	20.0	2.3
00:55:00	110	17.7	20.3	2.6
00:55:30	111	17.6	19.9	2.3
00:56:00	112	17.7	20.0	2.3
00:56:30	113	17.7	19.9	2.2
00:57:00	114	17.8	20.0	2.2
00:57:30	115	17.7	20.0	2.3
00:58:00	116	17.6	20.0	2.4
00:58:30	117	17.6	20.0	2.4
00:59:00	118	17.6	20.0	2.4
00:59:30	119	17.7	19.9	2.2
01:00:00	120	17.7	20.3	2.6

6. ESCENARIO 06

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 01:00 am

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	20.2	2.0
00:01:00	2	18.3	19.9	1.6
00:01:30	3	18.4	20.1	1.7
00:02:00	4	18.5	20.3	1.8
00:02:30	5	18.4	20.3	1.9
00:03:00	6	18.3	20.3	2.0
00:03:30	7	18.2	19.9	1.7
00:04:00	8	18.1	20.1	2.0
00:04:30	9	18	19.8	1.8
00:05:00	10	18	20.0	2.0
00:05:30	11	18.1	19.9	1.8
00:06:00	12	18	19.9	1.9
00:06:30	13	17.9	20.2	2.3
00:07:00	14	18	20.2	2.2
00:07:30	15	18.1	20.0	1.9
00:08:00	16	18.1	20.0	1.9
00:08:30	17	18	19.9	1.9
00:09:00	18	17.9	19.8	1.9
00:09:30	19	17.8	20.0	2.2
00:10:00	20	17.8	19.8	2.0
00:10:30	21	17.8	20.1	2.3
00:11:00	22	17.7	20.0	2.3

00:11:30	23	17.8	20.1	2.3
00:12:00	24	17.8	20.0	2.2
00:12:30	25	17.9	19.9	2.0
00:13:00	26	17.9	20.1	2.2
00:13:30	27	17.8	19.9	2.1
00:14:00	28	17.8	19.8	2.0
00:14:30	29	17.8	20.2	2.4
00:15:00	30	17.7	19.8	2.1
00:15:30	31	17.7	20.1	2.4
00:16:00	32	17.6	19.9	2.3
00:16:30	33	17.7	20.1	2.4
00:17:00	34	17.6	19.7	2.1
00:17:30	35	17.7	19.8	2.1
00:18:00	36	17.8	19.9	2.1
00:18:30	37	17.8	19.8	2.0
00:19:00	38	17.8	20.0	2.2
00:19:30	39	17.9	20.2	2.3
00:20:00	40	17.8	20.1	2.3
00:20:30	41	17.8	19.9	2.1
00:21:00	42	17.8	20.1	2.3
00:21:30	43	17.7	19.8	2.1
00:22:00	44	17.7	19.7	2.0
00:22:30	45	17.6	19.7	2.1
00:23:00	46	17.6	19.7	2.1
00:23:30	47	17.5	19.7	2.2
00:24:00	48	17.4	19.6	2.2
00:24:30	49	17.5	19.6	2.1
00:25:00	50	17.6	20.0	2.4
00:25:30	51	17.5	19.8	2.3
00:26:00	52	17.6	20.0	2.4
00:26:30	53	17.7	19.9	2.2
00:27:00	54	17.8	20.0	2.2
00:27:30	55	17.8	20.1	2.3
00:28:00	56	17.8	19.8	2.0
00:28:30	57	17.7	20.1	2.4
00:29:00	58	17.7	20.0	2.3
00:29:30	59	17.8	20.1	2.3
00:30:00	60	17.9	20.1	2.2
00:30:30	61	17.8	19.9	2.1
00:31:00	62	17.7	19.7	2.0
00:31:30	63	17.8	20.2	2.4
00:32:00	64	17.7	19.7	2.0
00:32:30	65	17.7	20.0	2.3
00:33:00	66	17.6	19.8	2.2
00:33:30	67	17.6	19.9	2.3

00:34:00	68	17.7	19.9	2.2
00:34:30	69	17.7	19.9	2.2
00:35:00	70	17.6	19.7	2.1
00:35:30	71	17.6	19.7	2.1
00:36:00	72	17.6	19.9	2.3
00:36:30	73	17.7	20.0	2.3
00:37:00	74	17.7	20.0	2.3
00:37:30	75	17.6	20.1	2.5
00:38:00	76	17.6	19.9	2.3
00:38:30	77	17.6	19.7	2.1
00:39:00	78	17.7	19.9	2.2
00:39:30	79	17.6	20.1	2.5
00:40:00	80	17.6	19.7	2.1
00:40:30	81	17.7	19.8	2.1
00:41:00	82	17.8	20.1	2.3
00:41:30	83	17.9	19.9	2.0
00:42:00	84	17.8	20.1	2.3
00:42:30	85	17.9	20.2	2.3
00:43:00	86	17.8	19.8	2.0
00:43:30	87	17.7	19.9	2.2
00:44:00	88	17.7	19.7	2.0
00:44:30	89	17.8	19.9	2.1
00:45:00	90	17.7	20.1	2.4
00:45:30	91	17.6	20.0	2.4
00:46:00	92	17.6	20.1	2.5
00:46:30	93	17.5	19.9	2.4
00:47:00	94	17.5	19.6	2.1
00:47:30	95	17.4	19.6	2.2
00:48:00	96	17.3	19.8	2.5
00:48:30	97	17.4	19.9	2.5
00:49:00	98	17.4	19.7	2.3
00:49:30	99	17.3	19.6	2.3
00:50:00	100	17.3	19.7	2.4
00:50:30	101	17.2	19.6	2.4
00:51:00	102	17.2	19.9	2.7
00:51:30	103	17.1	19.8	2.7
00:52:00	104	17.2	19.8	2.6
00:52:30	105	17.2	19.9	2.7
00:53:00	106	17.1	19.7	2.6
00:53:30	107	17	19.8	2.8
00:54:00	108	16.9	19.5	2.6
00:54:30	109	16.8	19.4	2.6
00:55:00	110	16.7	19.6	2.9
00:55:30	111	16.7	19.4	2.7
00:56:00	112	16.6	19.7	3.1

00:56:30	113	16.6	19.6	3.0
00:57:00	114	16.7	19.4	2.7
00:57:30	115	16.6	19.6	3.0
00:58:00	116	16.6	19.3	2.7
00:58:30	117	16.7	19.5	2.8
00:59:00	118	16.7	19.5	2.8
00:59:30	119	16.7	19.5	2.8
01:00:00	120	16.7	19.6	2.9

7. ESCENARIO 07

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	20.4	2.2
00:01:00	2	18.1	20.7	2.6
00:01:30	3	18	20.7	2.7
00:02:00	4	18.1	20.6	2.5
00:02:30	5	18.1	20.4	2.3
00:03:00	6	18.1	20.7	2.6
00:03:30	7	18.2	20.7	2.5
00:04:00	8	18.2	20.8	2.6
00:04:30	9	18.2	20.8	2.6
00:05:00	10	18.3	20.8	2.5
00:05:30	11	18.3	20.6	2.3
00:06:00	12	18.2	20.4	2.2
00:06:30	13	18.3	20.8	2.5
00:07:00	14	18.2	20.6	2.4
00:07:30	15	18.3	20.8	2.5
00:08:00	16	18.2	20.8	2.6
00:08:30	17	18.3	20.8	2.5
00:09:00	18	18.4	20.8	2.4
00:09:30	19	18.3	20.8	2.5
00:10:00	20	18.2	20.6	2.4
00:10:30	21	18.1	20.5	2.4
00:11:00	22	18	20.6	2.6
00:11:30	23	18.1	20.3	2.2
00:12:00	24	18	20.6	2.6
00:12:30	25	18	20.7	2.7
00:13:00	26	18	20.3	2.3
00:13:30	27	18.1	20.5	2.4
00:14:00	28	18.2	20.8	2.6
00:14:30	29	18.3	20.6	2.3
00:15:00	30	18.2	20.5	2.3
00:15:30	31	18.1	20.6	2.5

00:16:00	32	18.1	20.6	2.5
00:16:30	33	18	20.4	2.4
00:17:00	34	17.9	20.5	2.6
00:17:30	35	18	20.5	2.5
00:18:00	36	18	20.6	2.6
00:18:30	37	18	20.7	2.7
00:19:00	38	18	20.3	2.3
00:19:30	39	18	20.5	2.5
00:20:00	40	18.1	20.3	2.2
00:20:30	41	18.1	20.3	2.2
00:21:00	42	18.1	20.5	2.4
00:21:30	43	18.2	20.4	2.2
00:22:00	44	18.2	20.7	2.5
00:22:30	45	18.2	20.7	2.5
00:23:00	46	18.3	20.4	2.1
00:23:30	47	18.3	20.6	2.3
00:24:00	48	18.2	20.7	2.5
00:24:30	49	18.3	20.5	2.2
00:25:00	50	18.4	20.5	2.1
00:25:30	51	18.3	20.5	2.2
00:26:00	52	18.2	20.6	2.4
00:26:30	53	18.3	20.5	2.2
00:27:00	54	18.2	20.5	2.3
00:27:30	55	18.1	20.7	2.6
00:28:00	56	18	20.6	2.6
00:28:30	57	18	20.5	2.5
00:29:00	58	18	20.7	2.7
00:29:30	59	18	20.5	2.5
00:30:00	60	17.9	20.7	2.8
00:30:30	61	18	20.3	2.3
00:31:00	62	17.9	20.3	2.4
00:31:30	63	17.9	20.6	2.7
00:32:00	64	18	20.3	2.3
00:32:30	65	18	20.6	2.6
00:33:00	66	17.9	20.7	2.8
00:33:30	67	18	20.4	2.4
00:34:00	68	17.9	20.6	2.7
00:34:30	69	18	20.3	2.3
00:35:00	70	18	20.7	2.7
00:35:30	71	17.9	20.6	2.7
00:36:00	72	17.9	20.6	2.7
00:36:30	73	18	20.6	2.6
00:37:00	74	17.9	20.5	2.6
00:37:30	75	17.8	20.3	2.5
00:38:00	76	17.9	20.7	2.8

00:38:30	77	18	20.6	2.6
00:39:00	78	18	20.6	2.6
00:39:30	79	18.1	20.3	2.2
00:40:00	80	18	20.5	2.5
00:40:30	81	17.9	20.6	2.7
00:41:00	82	17.9	20.4	2.5
00:41:30	83	17.8	20.3	2.5
00:42:00	84	17.8	20.3	2.5
00:42:30	85	17.7	20.6	2.9
00:43:00	86	17.7	20.6	2.9
00:43:30	87	17.6	20.2	2.6
00:44:00	88	17.6	20.5	2.9
00:44:30	89	17.6	20.3	2.7
00:45:00	90	17.7	20.2	2.5
00:45:30	91	17.7	20.6	2.9
00:46:00	92	17.8	20.2	2.4
00:46:30	93	17.7	20.3	2.6
00:47:00	94	17.6	20.4	2.8
00:47:30	95	17.5	20.1	2.6
00:48:00	96	17.4	20.3	2.9
00:48:30	97	17.4	20.2	2.8
00:49:00	98	17.3	20.4	3.1
00:49:30	99	17.2	20.4	3.2
00:50:00	100	17.2	20.0	2.8
00:50:30	101	17.1	20.4	3.3
00:51:00	102	17.1	20.4	3.3
00:51:30	103	17.1	20.4	3.3
00:52:00	104	17.2	20.0	2.8
00:52:30	105	17.2	20.0	2.8
00:53:00	106	17.2	20.2	3.0
00:53:30	107	17.1	20.2	3.1
00:54:00	108	17	20.2	3.2
00:54:30	109	16.9	19.9	3.0
00:55:00	110	16.8	20.3	3.5
00:55:30	111	16.8	20.1	3.3
00:56:00	112	16.9	20.0	3.1
00:56:30	113	17	20.0	3.0
00:57:00	114	16.9	20.3	3.4
00:57:30	115	17	20.1	3.1
00:58:00	116	17.1	20.0	2.9
00:58:30	117	17.1	20.3	3.2
00:59:00	118	17.1	20.1	3.0
00:59:30	119	17.1	20.1	3.0
01:00:00	120	17.2	20.1	2.9

8. ESCENARIO 08

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	18.2	21.4	3.2
00:01:00	2	18.1	21.4	3.3
00:01:30	3	18.1	21.1	3.0
00:02:00	4	18.1	21.0	2.9
00:02:30	5	18.1	21.1	3.0
00:03:00	6	18	21.3	3.3
00:03:30	7	18.1	21.4	3.3
00:04:00	8	18.1	21.0	2.9
00:04:30	9	18	21.3	3.3
00:05:00	10	18.1	21.3	3.2
00:05:30	11	18	20.9	2.9
00:06:00	12	18	21.3	3.3
00:06:30	13	18	21.0	3.0
00:07:00	14	18	21.3	3.3
00:07:30	15	17.9	21.0	3.1
00:08:00	16	17.9	20.9	3.0
00:08:30	17	17.8	21.1	3.3
00:09:00	18	17.9	21.2	3.3
00:09:30	19	18	21.0	3.0
00:10:00	20	18.1	21.2	3.1
00:10:30	21	18.2	21.1	2.9
00:11:00	22	18.2	21.4	3.2
00:11:30	23	18.1	21.0	2.9
00:12:00	24	18.1	21.1	3.0
00:12:30	25	18.2	21.0	2.8
00:13:00	26	18.3	21.2	2.9
00:13:30	27	18.3	21.2	2.9
00:14:00	28	18.2	21.4	3.2
00:14:30	29	18.3	21.4	3.1
00:15:00	30	18.3	21.5	3.2
00:15:30	31	18.3	21.1	2.8
00:16:00	32	18.4	21.1	2.7
00:16:30	33	18.5	21.5	3.0
00:17:00	34	18.4	21.5	3.1
00:17:30	35	18.4	21.4	3.0
00:18:00	36	18.3	21.1	2.8
00:18:30	37	18.3	21.1	2.8
00:19:00	38	18.4	21.1	2.7
00:19:30	39	18.5	21.3	2.8
00:20:00	40	18.6	21.4	2.8

00:20:30	41	18.6	21.4	2.8
00:21:00	42	18.5	21.4	2.9
00:21:30	43	18.5	21.2	2.7
00:22:00	44	18.5	21.5	3.0
00:22:30	45	18.4	21.3	2.9
00:23:00	46	18.4	21.1	2.7
00:23:30	47	18.4	21.3	2.9
00:24:00	48	18.4	21.3	2.9
00:24:30	49	18.5	21.4	2.9
00:25:00	50	18.4	21.4	3.0
00:25:30	51	18.4	21.3	2.9
00:26:00	52	18.3	21.2	2.9
00:26:30	53	18.3	21.1	2.8
00:27:00	54	18.4	21.5	3.1
00:27:30	55	18.4	21.1	2.7
00:28:00	56	18.3	21.5	3.2
00:28:30	57	18.3	21.2	2.9
00:29:00	58	18.4	21.3	2.9
00:29:30	59	18.3	21.3	3.0
00:30:00	60	18.2	21.3	3.1
00:30:30	61	18.3	21.1	2.8
00:31:00	62	18.2	21.4	3.2
00:31:30	63	18.3	21.3	3.0
00:32:00	64	18.2	21.3	3.1
00:32:30	65	18.1	21.4	3.3
00:33:00	66	18	20.9	2.9
00:33:30	67	17.9	21.3	3.4
00:34:00	68	18	21.2	3.2
00:34:30	69	18	21.0	3.0
00:35:00	70	18	21.3	3.3
00:35:30	71	17.9	21.0	3.1
00:36:00	72	18	21.3	3.3
00:36:30	73	17.9	21.1	3.2
00:37:00	74	17.9	21.3	3.4
00:37:30	75	17.9	21.2	3.3
00:38:00	76	17.8	21.2	3.4
00:38:30	77	17.7	21.1	3.4
00:39:00	78	17.8	21.1	3.3
00:39:30	79	17.9	21.3	3.4
00:40:00	80	17.9	21.2	3.3
00:40:30	81	17.8	21.0	3.2
00:41:00	82	17.7	20.8	3.1
00:41:30	83	17.8	21.3	3.5
00:42:00	84	17.8	21.3	3.5
00:42:30	85	17.9	21.0	3.1

00:43:00	86	17.9	21.0	3.1
00:43:30	87	17.9	21.2	3.3
00:44:00	88	17.8	21.1	3.3
00:44:30	89	17.7	21.2	3.5
00:45:00	90	17.6	20.8	3.2
00:45:30	91	17.6	20.8	3.2
00:46:00	92	17.5	20.9	3.4
00:46:30	93	17.4	20.7	3.3
00:47:00	94	17.5	21.1	3.6
00:47:30	95	17.4	21.1	3.7
00:48:00	96	17.3	20.7	3.4
00:48:30	97	17.3	21.1	3.8
00:49:00	98	17.2	20.9	3.7
00:49:30	99	17.3	21.0	3.7
00:50:00	100	17.3	20.9	3.6
00:50:30	101	17.4	20.8	3.4
00:51:00	102	17.4	21.0	3.6
00:51:30	103	17.4	20.9	3.5
00:52:00	104	17.5	21.1	3.6
00:52:30	105	17.5	21.0	3.5
00:53:00	106	17.4	21.1	3.7
00:53:30	107	17.5	20.8	3.3
00:54:00	108	17.6	21.0	3.4
00:54:30	109	17.5	20.7	3.2
00:55:00	110	17.5	21.1	3.6
00:55:30	111	17.5	21.1	3.6
00:56:00	112	17.6	20.9	3.3
00:56:30	113	17.7	21.1	3.4
00:57:00	114	17.6	20.8	3.2
00:57:30	115	17.5	20.7	3.2
00:58:00	116	17.5	20.9	3.4
00:58:30	117	17.5	21.1	3.6
00:59:00	118	17.4	21.0	3.6
00:59:30	119	17.4	20.8	3.4
01:00:00	120	17.3	20.7	3.4

9. ESCENARIO 08 – CON COBERTURA VEGETAL

Fecha: 30/01/2020

Hora de inicio: 11:50 am

Tiempo	Ítem	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Delta de temperatura (°C)
00:00:30	1	22.0	21.5	-0.5
00:01:00	2	22.0	21.7	-0.3
00:01:30	3	22.0	21.7	-0.3
00:02:00	4	22.1	21.7	-0.4

00:02:30	5	22.1	21.7	-0.4
00:03:00	6	22.1	21.4	-0.7
00:03:30	7	22.2	21.4	-0.8
00:04:00	8	22.2	21.6	-0.6
00:04:30	9	22.3	21.7	-0.6
00:05:00	10	22.3	21.7	-0.6
00:05:30	11	22.4	21.7	-0.7
00:06:00	12	22.3	21.4	-0.9
00:06:30	13	22.3	21.5	-0.8
00:07:00	14	22.2	21.4	-0.8
00:07:30	15	22.3	21.6	-0.7
00:08:00	16	22.2	21.8	-0.4
00:08:30	17	22.3	21.4	-0.9
00:09:00	18	22.2	21.8	-0.4
00:09:30	19	22.2	21.4	-0.8
00:10:00	20	22.3	21.7	-0.6
00:10:30	21	22.3	21.6	-0.7
00:11:00	22	22.3	21.4	-0.9
00:11:30	23	22.4	21.5	-0.9
00:12:00	24	22.4	21.4	-1.0
00:12:30	25	22.4	21.5	-0.9
00:13:00	26	22.3	21.7	-0.6
00:13:30	27	22.2	21.6	-0.6
00:14:00	28	22.1	21.4	-0.7
00:14:30	29	22.2	21.4	-0.8
00:15:00	30	22.3	21.4	-0.9
00:15:30	31	22.2	21.7	-0.5
00:16:00	32	22.3	21.4	-0.9
00:16:30	33	22.2	21.7	-0.5
00:17:00	34	22.3	21.6	-0.7
00:17:30	35	22.4	21.5	-0.9
00:18:00	36	22.3	21.8	-0.5
00:18:30	37	22.3	21.8	-0.5
00:19:00	38	22.4	21.6	-0.8
00:19:30	39	22.3	21.6	-0.7
00:20:00	40	22.3	21.8	-0.5
00:20:30	41	22.4	21.6	-0.8
00:21:00	42	22.5	21.9	-0.6
00:21:30	43	22.6	21.6	-1.0
00:22:00	44	22.5	21.8	-0.7
00:22:30	45	22.6	21.5	-1.1
00:23:00	46	22.7	21.5	-1.2
00:23:30	47	22.6	21.6	-1.0
00:24:00	48	22.6	21.9	-0.7
00:24:30	49	22.7	21.9	-0.8

00:25:00	50	22.7	21.9	-0.8
00:25:30	51	22.6	21.5	-1.1
00:26:00	52	22.5	21.8	-0.7
00:26:30	53	22.4	21.8	-0.6
00:27:00	54	22.5	21.7	-0.8
00:27:30	55	22.5	21.6	-0.9
00:28:00	56	22.6	21.9	-0.7
00:28:30	57	22.5	21.9	-0.6
00:29:00	58	22.6	21.6	-1.0
00:29:30	59	22.7	21.8	-0.9
00:30:00	60	22.8	21.5	-1.3
00:30:30	61	22.7	21.6	-1.1
00:31:00	62	22.7	21.5	-1.2
00:31:30	63	22.7	21.7	-1.0
00:32:00	64	22.7	21.7	-1.0
00:32:30	65	22.6	21.8	-0.8
00:33:00	66	22.6	21.7	-0.9
00:33:30	67	22.7	21.9	-0.8
00:34:00	68	22.8	21.7	-1.1
00:34:30	69	22.9	21.6	-1.3
00:35:00	70	23.0	21.8	-1.2
00:35:30	71	23.0	21.8	-1.2
00:36:00	72	22.9	21.7	-1.2
00:36:30	73	22.9	21.6	-1.3
00:37:00	74	22.8	21.9	-0.9
00:37:30	75	22.8	21.7	-1.1
00:38:00	76	22.7	21.8	-0.9
00:38:30	77	22.8	21.7	-1.1
00:39:00	78	22.8	21.7	-1.1
00:39:30	79	22.8	21.9	-0.9
00:40:00	80	22.8	21.7	-1.1
00:40:30	81	22.9	21.8	-1.1
00:41:00	82	22.9	21.8	-1.1
00:41:30	83	22.9	21.6	-1.3
00:42:00	84	22.9	21.8	-1.1
00:42:30	85	22.9	21.6	-1.3
00:43:00	86	22.9	21.9	-1.0
00:43:30	87	22.9	21.7	-1.2
00:44:00	88	22.8	21.9	-0.9
00:44:30	89	22.9	21.7	-1.2
00:45:00	90	22.8	21.7	-1.1
00:45:30	91	22.8	21.9	-0.9
00:46:00	92	22.7	21.9	-0.8
00:46:30	93	22.7	21.8	-0.9
00:47:00	94	22.7	21.8	-0.9

00:47:30	95	22.8	21.7	-1.1
00:48:00	96	22.7	21.9	-0.8
00:48:30	97	22.8	21.5	-1.3
00:49:00	98	22.7	21.8	-0.9
00:49:30	99	22.8	21.5	-1.3
00:50:00	100	22.7	21.5	-1.2
00:50:30	101	22.7	21.6	-1.1
00:51:00	102	22.8	21.7	-1.1
00:51:30	103	22.9	21.9	-1.0
00:52:00	104	23.0	21.6	-1.4
00:52:30	105	23.1	21.9	-1.2
00:53:00	106	23.1	21.8	-1.3
00:53:30	107	23.0	21.8	-1.2
00:54:00	108	23.1	21.6	-1.5
00:54:30	109	23.2	21.6	-1.6
00:55:00	110	23.3	21.9	-1.4
00:55:30	111	23.2	21.9	-1.3
00:56:00	112	23.1	21.8	-1.3
00:56:30	113	23.1	21.9	-1.2
00:57:00	114	23.2	21.6	-1.6
00:57:30	115	23.3	22.1	-1.2
00:58:00	116	23.3	22.1	-1.2
00:58:30	117	23.2	21.9	-1.3
00:59:00	118	23.3	21.9	-1.4
00:59:30	119	23.2	22.0	-1.2
01:00:00	120	23.1	22.0	-1.1

ANEXO 12: BASE DE DATOS – MODELO A ESCALA REDUCIDA DE LA PRIMERA MUESTRA - HUMEDAD

Se poseen los siguientes escenarios:

Escenario de trabajo	Abertura		
	P - 1	V - 1	V - 2
1	A	A	A
2	A	A	C
3	A	C	A
4	C	A	A
5	A	C	C
6	C	C	A
7	C	A	C
8	C	C	C

A continuación, se presenta la medición realizada en cada uno de estos durante 1 hora (120 datos cada 30 segundos).

1. ESCENARIO 01

Fecha: 25/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	82.3	73.2	9.1
00:01:00	2	82.5	73.9	8.6
00:01:30	3	82.7	73.1	9.6
00:02:00	4	83	73.1	9.9
00:02:30	5	83	73.4	9.6
00:03:00	6	82.8	73.9	8.9
00:03:30	7	83.1	73.4	9.7
00:04:00	8	82.9	73.3	9.6
00:04:30	9	82.3	72.9	9.4
00:05:00	10	81.5	72.7	8.8
00:05:30	11	82.1	72.8	9.3
00:06:00	12	82.3	73.0	9.3
00:06:30	13	83	72.9	10.1
00:07:00	14	82.3	73.3	9.0
00:07:30	15	82.6	73.1	9.5
00:08:00	16	82.7	73.3	9.4
00:08:30	17	82.5	73.2	9.3
00:09:00	18	82	73.2	8.8
00:09:30	19	81.7	73.0	8.7
00:10:00	20	81.3	72.7	8.6
00:10:30	21	81.6	73.0	8.6
00:11:00	22	80.9	73.1	7.8

00:11:30	23	81.7	72.7	9.0
00:12:00	24	81.4	73.6	7.8
00:12:30	25	81.4	73.2	8.2
00:13:00	26	81.6	73.3	8.3
00:13:30	27	81.5	73.3	8.2
00:14:00	28	81.3	73.3	8.0
00:14:30	29	80.5	72.5	8.0
00:15:00	30	80.4	73.1	7.3
00:15:30	31	80.5	72.8	7.7
00:16:00	32	81.1	73.1	8.0
00:16:30	33	80.5	72.6	7.9
00:17:00	34	80.3	72.5	7.8
00:17:30	35	80.5	73.3	7.2
00:18:00	36	79.9	72.5	7.4
00:18:30	37	80.1	72.4	7.7
00:19:00	38	80.3	73.2	7.1
00:19:30	39	80.1	73.3	6.8
00:20:00	40	80.9	73.5	7.4
00:20:30	41	80.6	72.9	7.7
00:21:00	42	80.9	72.9	8.0
00:21:30	43	81	73.4	7.6
00:22:00	44	81.2	72.7	8.5
00:22:30	45	81.4	73.3	8.1
00:23:00	46	81.4	72.8	8.6
00:23:30	47	81.3	73.5	7.8
00:24:00	48	81.9	72.7	9.2
00:24:30	49	81.2	72.7	8.5
00:25:00	50	81.2	73.1	8.1
00:25:30	51	81.4	73.6	7.8
00:26:00	52	81.9	73.0	8.9
00:26:30	53	81.9	73.0	8.9
00:27:00	54	81.6	73.2	8.4
00:27:30	55	81.2	72.7	8.5
00:28:00	56	81.9	73.7	8.2
00:28:30	57	81.4	72.7	8.7
00:29:00	58	81.1	73.4	7.7
00:29:30	59	80.7	72.8	7.9
00:30:00	60	80.4	72.6	7.8
00:30:30	61	80.1	72.6	7.5
00:31:00	62	79.7	73.2	6.5
00:31:30	63	80.5	73.0	7.5
00:32:00	64	81	73.1	7.9
00:32:30	65	81.5	73.7	7.8
00:33:00	66	82.2	73.4	8.8
00:33:30	67	82.9	73.8	9.1

00:34:00	68	82.5	73.9	8.6
00:34:30	69	83.2	73.8	9.4
00:35:00	70	82.9	73.8	9.1
00:35:30	71	83.7	74.0	9.7
00:36:00	72	83.2	73.4	9.8
00:36:30	73	83.3	73.9	9.4
00:37:00	74	84.1	73.9	10.2
00:37:30	75	84	74.0	10.0
00:38:00	76	84.5	73.8	10.7
00:38:30	77	83.7	73.2	10.5
00:39:00	78	83.3	73.5	9.8
00:39:30	79	83	73.0	10.0
00:40:00	80	83.2	73.6	9.6
00:40:30	81	83.3	74.0	9.3
00:41:00	82	83	73.5	9.5
00:41:30	83	82.5	73.3	9.2
00:42:00	84	82.5	73.7	8.8
00:42:30	85	82.2	73.1	9.1
00:43:00	86	82.8	73.7	9.1
00:43:30	87	82.1	73.5	8.6
00:44:00	88	81.9	73.7	8.2
00:44:30	89	82.6	73.5	9.1
00:45:00	90	83.2	73.9	9.3
00:45:30	91	83.5	73.3	10.2
00:46:00	92	82.7	73.9	8.8
00:46:30	93	82.2	73.5	8.7
00:47:00	94	82.7	73.7	9.0
00:47:30	95	82.7	73.6	9.1
00:48:00	96	83.2	73.4	9.8
00:48:30	97	82.7	73.0	9.7
00:49:00	98	81.9	72.9	9.0
00:49:30	99	82	73.0	9.0
00:50:00	100	82.2	73.3	8.9
00:50:30	101	82.5	73.6	8.9
00:51:00	102	82.3	73.4	8.9
00:51:30	103	82.5	73.9	8.6
00:52:00	104	81.9	72.7	9.2
00:52:30	105	82.2	73.7	8.5
00:53:00	106	81.5	73.5	8.0
00:53:30	107	81.5	73.7	7.8
00:54:00	108	81.5	72.8	8.7
00:54:30	109	82.2	73.0	9.2
00:55:00	110	82.1	73.2	8.9
00:55:30	111	82.5	73.9	8.6
00:56:00	112	81.8	72.9	8.9

00:56:30	113	81.8	72.8	9.0
00:57:00	114	82	72.9	9.1
00:57:30	115	82.6	73.4	9.2
00:58:00	116	82.4	73.4	9.0
00:58:30	117	82	73.4	8.6
00:59:00	118	82.3	73.6	8.7
00:59:30	119	83.1	73.3	9.8
01:00:00	120	83.5	73.6	9.9

2. ESCENARIO 02

Fecha: 25/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	85.1	74.5	10.6
00:01:00	2	85.9	75.3	10.6
00:01:30	3	85.1	74.6	10.5
00:02:00	4	85.4	74.4	11.0
00:02:30	5	85.9	75.6	10.3
00:03:00	6	85.2	75.3	9.9
00:03:30	7	85.1	75.3	9.8
00:04:00	8	84.9	74.8	10.1
00:04:30	9	84.4	75.3	9.1
00:05:00	10	85.1	74.5	10.6
00:05:30	11	85	75.2	9.8
00:06:00	12	85.1	74.8	10.3
00:06:30	13	85.3	74.3	11.0
00:07:00	14	85.1	74.9	10.2
00:07:30	15	85.3	75.3	10.0
00:08:00	16	84.8	74.8	10.0
00:08:30	17	84.1	74.8	9.3
00:09:00	18	83.3	74.4	8.9
00:09:30	19	82.9	74.0	8.9
00:10:00	20	82.9	74.5	8.4
00:10:30	21	83.3	74.5	8.8
00:11:00	22	83.4	73.9	9.5
00:11:30	23	83.8	74.8	9.0
00:12:00	24	84.6	75.1	9.5
00:12:30	25	84.2	74.3	9.9
00:13:00	26	83.8	75.0	8.8
00:13:30	27	84.4	74.9	9.5
00:14:00	28	84.5	74.8	9.7
00:14:30	29	84.2	75.0	9.2
00:15:00	30	84	74.3	9.7
00:15:30	31	83.2	74.4	8.8

00:16:00	32	82.9	74.6	8.3
00:16:30	33	82.1	74.1	8.0
00:17:00	34	82.9	74.5	8.4
00:17:30	35	82.8	74.3	8.5
00:18:00	36	83.6	74.3	9.3
00:18:30	37	83	74.8	8.2
00:19:00	38	82.2	73.8	8.4
00:19:30	39	81.9	74.1	7.8
00:20:00	40	82.3	74.0	8.3
00:20:30	41	82.9	74.9	8.0
00:21:00	42	83.5	74.1	9.4
00:21:30	43	83.5	74.6	8.9
00:22:00	44	82.8	74.8	8.0
00:22:30	45	82.7	74.9	7.8
00:23:00	46	82.7	74.2	8.5
00:23:30	47	82.2	74.1	8.1
00:24:00	48	82.5	74.1	8.4
00:24:30	49	82.8	74.2	8.6
00:25:00	50	82.5	74.8	7.7
00:25:30	51	83.3	74.3	9.0
00:26:00	52	84	74.1	9.9
00:26:30	53	84.1	74.8	9.3
00:27:00	54	83.9	74.4	9.5
00:27:30	55	84	74.1	9.9
00:28:00	56	84.6	74.5	10.1
00:28:30	57	83.8	74.3	9.5
00:29:00	58	83	74.7	8.3
00:29:30	59	83	74.5	8.5
00:30:00	60	83	74.4	8.6
00:30:30	61	83.3	74.6	8.7
00:31:00	62	82.9	74.5	8.4
00:31:30	63	83.2	75.1	8.1
00:32:00	64	83.9	74.6	9.3
00:32:30	65	83.6	74.0	9.6
00:33:00	66	83.2	74.1	9.1
00:33:30	67	82.9	74.0	8.9
00:34:00	68	82.7	74.2	8.5
00:34:30	69	83.3	73.9	9.4
00:35:00	70	82.8	74.8	8.0
00:35:30	71	83.5	74.4	9.1
00:36:00	72	83.8	74.9	8.9
00:36:30	73	83	74.5	8.5
00:37:00	74	83.3	74.2	9.1
00:37:30	75	83.8	74.5	9.3
00:38:00	76	83.5	74.4	9.1

00:38:30	77	83.5	75.1	8.4
00:39:00	78	83.4	74.1	9.3
00:39:30	79	83.1	74.3	8.8
00:40:00	80	82.8	74.1	8.7
00:40:30	81	83.2	75.1	8.1
00:41:00	82	83.6	74.7	8.9
00:41:30	83	82.9	73.8	9.1
00:42:00	84	82.6	73.9	8.7
00:42:30	85	81.9	73.6	8.3
00:43:00	86	81.8	74.7	7.1
00:43:30	87	81.1	74.0	7.1
00:44:00	88	81.6	74.0	7.6
00:44:30	89	82.1	74.3	7.8
00:45:00	90	81.8	74.8	7.0
00:45:30	91	81.6	73.9	7.7
00:46:00	92	81.9	73.8	8.1
00:46:30	93	82.4	74.2	8.2
00:47:00	94	82.6	74.7	7.9
00:47:30	95	82.6	73.8	8.8
00:48:00	96	82.3	74.0	8.3
00:48:30	97	82.3	74.3	8.0
00:49:00	98	83.1	74.9	8.2
00:49:30	99	83.2	74.1	9.1
00:50:00	100	83.9	74.0	9.9
00:50:30	101	84.5	74.6	9.9
00:51:00	102	83.7	74.4	9.3
00:51:30	103	83.7	74.1	9.6
00:52:00	104	83.8	75.1	8.7
00:52:30	105	84.6	74.8	9.8
00:53:00	106	84	74.4	9.6
00:53:30	107	84.8	74.6	10.2
00:54:00	108	84.7	75.2	9.5
00:54:30	109	85.3	74.9	10.4
00:55:00	110	85.6	74.8	10.8
00:55:30	111	85.7	75.4	10.3
00:56:00	112	85.6	74.5	11.1
00:56:30	113	84.8	75.0	9.8
00:57:00	114	84.6	74.2	10.4
00:57:30	115	84.8	74.4	10.4
00:58:00	116	85.3	74.7	10.6
00:58:30	117	84.6	74.6	10.0
00:59:00	118	84.6	74.4	10.2
00:59:30	119	85.2	74.6	10.6
01:00:00	120	85.1	74.2	10.9

3. ESCENARIO 03

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 01:00 am

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	83.4	74.8	8.6
00:01:00	2	83.4	75.3	8.1
00:01:30	3	83.5	75.3	8.2
00:02:00	4	82.8	74.7	8.1
00:02:30	5	83.2	74.8	8.4
00:03:00	6	83	75.8	7.2
00:03:30	7	82.3	74.8	7.5
00:04:00	8	81.6	75.5	6.1
00:04:30	9	81	74.8	6.2
00:05:00	10	80.4	74.2	6.2
00:05:30	11	80.4	74.3	6.1
00:06:00	12	80.7	75.4	5.3
00:06:30	13	80.2	74.4	5.8
00:07:00	14	80.7	74.3	6.4
00:07:30	15	80.2	75.2	5.0
00:08:00	16	80.6	74.5	6.1
00:08:30	17	80.5	74.4	6.1
00:09:00	18	79.9	74.1	5.8
00:09:30	19	80.3	74.3	6.0
00:10:00	20	80.9	74.8	6.1
00:10:30	21	81.6	74.4	7.2
00:11:00	22	82.2	75.2	7.0
00:11:30	23	82.9	75.5	7.4
00:12:00	24	82.9	74.8	8.1
00:12:30	25	82.4	75.8	6.6
00:13:00	26	82.6	75.2	7.4
00:13:30	27	82.6	75.5	7.1
00:14:00	28	82	74.8	7.2
00:14:30	29	81.9	74.7	7.2
00:15:00	30	82	74.6	7.4
00:15:30	31	81.5	74.8	6.7
00:16:00	32	81.7	74.8	6.9
00:16:30	33	81.3	74.4	6.9
00:17:00	34	81.1	74.4	6.7
00:17:30	35	81.5	74.9	6.6
00:18:00	36	80.8	75.1	5.7
00:18:30	37	81.2	75.3	5.9
00:19:00	38	81.6	75.5	6.1
00:19:30	39	81.3	74.7	6.6
00:20:00	40	81.3	74.5	6.8

00:20:30	41	80.9	74.9	6.0
00:21:00	42	80.7	74.6	6.1
00:21:30	43	80.7	75.4	5.3
00:22:00	44	81.2	74.5	6.7
00:22:30	45	80.5	74.3	6.2
00:23:00	46	81	74.8	6.2
00:23:30	47	81.1	74.9	6.2
00:24:00	48	80.4	74.4	6.0
00:24:30	49	80.7	75.0	5.7
00:25:00	50	80.4	75.3	5.1
00:25:30	51	80.8	75.5	5.3
00:26:00	52	80.7	74.4	6.3
00:26:30	53	81	74.4	6.6
00:27:00	54	81.2	75.1	6.1
00:27:30	55	80.6	74.4	6.2
00:28:00	56	80	75.2	4.8
00:28:30	57	80.4	75.0	5.4
00:29:00	58	81	75.3	5.7
00:29:30	59	80.4	74.7	5.7
00:30:00	60	80.5	74.3	6.2
00:30:30	61	80.7	75.2	5.5
00:31:00	62	81	74.9	6.1
00:31:30	63	80.7	75.2	5.5
00:32:00	64	81.1	75.3	5.8
00:32:30	65	81.2	75.4	5.8
00:33:00	66	81.7	74.8	6.9
00:33:30	67	81.4	74.9	6.5
00:34:00	68	81.8	74.5	7.3
00:34:30	69	82.3	74.6	7.7
00:35:00	70	82.1	74.8	7.3
00:35:30	71	81.4	75.6	5.8
00:36:00	72	81.8	75.2	6.6
00:36:30	73	81.4	74.5	6.9
00:37:00	74	81	74.3	6.7
00:37:30	75	80.7	75.1	5.6
00:38:00	76	80.2	74.4	5.8
00:38:30	77	80.6	75.0	5.6
00:39:00	78	81.3	74.8	6.5
00:39:30	79	81	74.5	6.5
00:40:00	80	80.7	74.7	6.0
00:40:30	81	80.6	74.6	6.0
00:41:00	82	80.2	74.2	6.0
00:41:30	83	80.7	74.7	6.0
00:42:00	84	80.6	74.5	6.1
00:42:30	85	80.9	74.6	6.3

00:43:00	86	81.4	75.0	6.4
00:43:30	87	80.7	74.3	6.4
00:44:00	88	81.2	75.3	5.9
00:44:30	89	81.4	75.5	5.9
00:45:00	90	81.1	75.0	6.1
00:45:30	91	80.5	74.6	5.9
00:46:00	92	80.6	74.7	5.9
00:46:30	93	81.2	75.0	6.2
00:47:00	94	81.9	75.4	6.5
00:47:30	95	81.6	75.3	6.3
00:48:00	96	81.4	75.1	6.3
00:48:30	97	82.1	75.2	6.9
00:49:00	98	81.5	74.8	6.7
00:49:30	99	81.6	75.3	6.3
00:50:00	100	81.8	74.9	6.9
00:50:30	101	81.6	74.9	6.7
00:51:00	102	81.2	74.7	6.5
00:51:30	103	81.9	74.5	7.4
00:52:00	104	82.1	75.4	6.7
00:52:30	105	81.8	75.2	6.6
00:53:00	106	81.9	75.3	6.6
00:53:30	107	81.3	75.4	5.9
00:54:00	108	80.8	75.0	5.8
00:54:30	109	81.3	74.7	6.6
00:55:00	110	80.9	74.6	6.3
00:55:30	111	81.1	74.3	6.8
00:56:00	112	81	74.9	6.1
00:56:30	113	81.2	74.9	6.3
00:57:00	114	81.5	74.4	7.1
00:57:30	115	81.7	75.4	6.3
00:58:00	116	81.4	75.2	6.2
00:58:30	117	81.1	74.6	6.5
00:59:00	118	80.6	75.0	5.6
00:59:30	119	80.2	74.9	5.3
01:00:00	120	79.8	74.4	5.4

4. ESCENARIO 04

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	81.2	74.8	6.4
00:01:00	2	81.1	74.8	6.3
00:01:30	3	81.3	74.4	6.9
00:02:00	4	81.2	74.6	6.6

00:02:30	5	81.8	74.9	6.9
00:03:00	6	81.3	75.2	6.1
00:03:30	7	81.8	75.2	6.6
00:04:00	8	81.9	75.1	6.8
00:04:30	9	82.4	74.5	7.9
00:05:00	10	81.8	74.7	7.1
00:05:30	11	81.2	75.0	6.2
00:06:00	12	81.2	74.1	7.1
00:06:30	13	80.6	74.4	6.2
00:07:00	14	80.1	74.9	5.2
00:07:30	15	79.9	74.9	5.0
00:08:00	16	80.3	74.4	5.9
00:08:30	17	79.6	74.0	5.6
00:09:00	18	80.3	74.9	5.4
00:09:30	19	80.9	75.0	5.9
00:10:00	20	81.6	74.7	6.9
00:10:30	21	81.6	74.2	7.4
00:11:00	22	80.9	74.3	6.6
00:11:30	23	80.5	74.2	6.3
00:12:00	24	80.6	74.5	6.1
00:12:30	25	80.9	74.4	6.5
00:13:00	26	80.2	74.7	5.5
00:13:30	27	79.8	74.5	5.3
00:14:00	28	80.1	74.4	5.7
00:14:30	29	80.7	74.4	6.3
00:15:00	30	80.9	74.1	6.8
00:15:30	31	80.2	74.1	6.1
00:16:00	32	80.3	74.2	6.1
00:16:30	33	80	74.0	6.0
00:17:00	34	79.5	74.6	4.9
00:17:30	35	79.9	74.4	5.5
00:18:00	36	79.8	74.7	5.1
00:18:30	37	79.7	74.1	5.6
00:19:00	38	79.7	74.9	4.8
00:19:30	39	79.8	74.9	4.9
00:20:00	40	79.3	74.3	5.0
00:20:30	41	79	74.2	4.8
00:21:00	42	79.2	74.3	4.9
00:21:30	43	79.6	74.6	5.0
00:22:00	44	80.1	74.7	5.4
00:22:30	45	80	74.1	5.9
00:23:00	46	80.1	74.5	5.6
00:23:30	47	80.4	74.5	5.9
00:24:00	48	80.4	74.6	5.8
00:24:30	49	80.3	74.9	5.4

00:25:00	50	80.9	75.1	5.8
00:25:30	51	81.1	74.9	6.2
00:26:00	52	80.7	74.5	6.2
00:26:30	53	80.7	74.4	6.3
00:27:00	54	81.1	75.1	6.0
00:27:30	55	80.8	74.4	6.4
00:28:00	56	81.3	74.6	6.7
00:28:30	57	81.6	74.4	7.2
00:29:00	58	81.3	74.2	7.1
00:29:30	59	80.6	74.7	5.9
00:30:00	60	81	74.2	6.8
00:30:30	61	81.7	74.2	7.5
00:31:00	62	81.5	74.8	6.7
00:31:30	63	81.3	74.9	6.4
00:32:00	64	81.9	74.9	7.0
00:32:30	65	81.6	75.2	6.4
00:33:00	66	81.3	75.0	6.3
00:33:30	67	81.3	74.5	6.8
00:34:00	68	80.9	75.1	5.8
00:34:30	69	80.3	74.4	5.9
00:35:00	70	80.2	74.7	5.5
00:35:30	71	79.6	74.2	5.4
00:36:00	72	80	73.9	6.1
00:36:30	73	80.3	74.6	5.7
00:37:00	74	80.4	74.8	5.6
00:37:30	75	79.7	74.2	5.5
00:38:00	76	79.3	74.2	5.1
00:38:30	77	78.7	74.4	4.3
00:39:00	78	79	73.8	5.2
00:39:30	79	79.4	74.7	4.7
00:40:00	80	79.7	74.8	4.9
00:40:30	81	80.1	73.9	6.2
00:41:00	82	79.9	74.5	5.4
00:41:30	83	80.4	74.9	5.5
00:42:00	84	79.9	73.9	6.0
00:42:30	85	79.9	74.7	5.2
00:43:00	86	79.3	74.8	4.5
00:43:30	87	78.8	73.9	4.9
00:44:00	88	79.3	73.8	5.5
00:44:30	89	79.9	74.7	5.2
00:45:00	90	80.4	74.5	5.9
00:45:30	91	79.7	74.9	4.8
00:46:00	92	80.3	74.4	5.9
00:46:30	93	80.9	74.2	6.7
00:47:00	94	80.3	74.1	6.2

00:47:30	95	81	74.2	6.8
00:48:00	96	81.2	74.3	6.9
00:48:30	97	81.8	74.8	7.0
00:49:00	98	81.3	75.2	6.1
00:49:30	99	81.3	74.9	6.4
00:50:00	100	80.6	74.6	6.0
00:50:30	101	80.8	74.4	6.4
00:51:00	102	80.6	74.2	6.4
00:51:30	103	80.9	74.5	6.4
00:52:00	104	81	74.9	6.1
00:52:30	105	80.8	75.1	5.7
00:53:00	106	80.2	74.9	5.3
00:53:30	107	80.5	74.5	6.0
00:54:00	108	79.9	74.4	5.5
00:54:30	109	79.3	74.5	4.8
00:55:00	110	78.7	73.9	4.8
00:55:30	111	79	74.0	5.0
00:56:00	112	78.7	74.0	4.7
00:56:30	113	78.7	73.7	5.0
00:57:00	114	79	74.2	4.8
00:57:30	115	79	74.3	4.7
00:58:00	116	79.1	74.6	4.5
00:58:30	117	79.3	74.0	5.3
00:59:00	118	78.9	74.0	4.9
00:59:30	119	78.2	74.4	3.8
01:00:00	120	77.9	74.0	3.9

5. ESCENARIO 05

Fecha: 26/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	82.5	75.1	7.4
00:01:00	2	82.4	75.3	7.1
00:01:30	3	82.6	76.1	6.5
00:02:00	4	82.4	75.0	7.4
00:02:30	5	82.1	75.7	6.4
00:03:00	6	82.2	75.5	6.7
00:03:30	7	82.5	75.0	7.5
00:04:00	8	82.3	76.1	6.2
00:04:30	9	82.3	75.5	6.8
00:05:00	10	83.0	76.0	7.0
00:05:30	11	83.2	75.4	7.8
00:06:00	12	83.9	75.4	8.5
00:06:30	13	83.5	75.8	7.7

00:07:00	14	83.4	76.1	7.3
00:07:30	15	82.8	75.9	6.9
00:08:00	16	83.0	76.2	6.8
00:08:30	17	83.0	75.5	7.5
00:09:00	18	83.0	75.5	7.5
00:09:30	19	83.1	76.0	7.1
00:10:00	20	82.9	75.9	7.0
00:10:30	21	82.9	76.0	6.9
00:11:00	22	82.9	76.0	6.9
00:11:30	23	83.6	75.2	8.4
00:12:00	24	83.6	75.9	7.7
00:12:30	25	83.4	75.9	7.5
00:13:00	26	83.2	75.3	7.9
00:13:30	27	82.6	76.0	6.6
00:14:00	28	83.3	76.2	7.1
00:14:30	29	82.7	75.7	7.0
00:15:00	30	82.2	75.4	6.8
00:15:30	31	82.0	75.2	6.8
00:16:00	32	82.5	75.7	6.8
00:16:30	33	83.0	75.4	7.6
00:17:00	34	82.5	75.5	7.0
00:17:30	35	82.5	75.0	7.5
00:18:00	36	82.7	76.1	6.6
00:18:30	37	82.3	75.2	7.1
00:19:00	38	83.0	75.9	7.1
00:19:30	39	83.6	75.7	7.9
00:20:00	40	84.2	75.5	8.7
00:20:30	41	83.5	76.3	7.2
00:21:00	42	83.8	76.2	7.6
00:21:30	43	84.1	76.0	8.1
00:22:00	44	84.4	75.5	8.9
00:22:30	45	84.5	76.1	8.4
00:23:00	46	84.5	75.6	8.9
00:23:30	47	84.5	75.5	9.0
00:24:00	48	84.4	75.9	8.5
00:24:30	49	84.4	76.4	8.0
00:25:00	50	84.4	76.0	8.4
00:25:30	51	84.6	76.5	8.1
00:26:00	52	84.4	76.3	8.1
00:26:30	53	84.2	75.5	8.7
00:27:00	54	84.8	75.6	9.2
00:27:30	55	85.3	75.6	9.7
00:28:00	56	85.1	76.4	8.7
00:28:30	57	85.1	76.1	9.0
00:29:00	58	85.2	75.8	9.4

00:29:30	59	85.2	76.3	8.9
00:30:00	60	85.2	76.6	8.6
00:30:30	61	84.8	76.4	8.4
00:31:00	62	84.1	76.5	7.6
00:31:30	63	83.4	75.8	7.6
00:32:00	64	83.1	75.6	7.5
00:32:30	65	83.4	76.4	7.0
00:33:00	66	84.1	75.5	8.6
00:33:30	67	84.3	76.6	7.7
00:34:00	68	83.7	76.0	7.7
00:34:30	69	83.3	75.8	7.5
00:35:00	70	82.6	76.1	6.5
00:35:30	71	82.5	75.4	7.1
00:36:00	72	82.2	75.7	6.5
00:36:30	73	81.6	76.0	5.6
00:37:00	74	82.3	76.1	6.2
00:37:30	75	82.2	76.1	6.1
00:38:00	76	82.9	76.3	6.6
00:38:30	77	83.5	75.5	8.0
00:39:00	78	83.6	75.5	8.1
00:39:30	79	83.7	76.1	7.6
00:40:00	80	83.0	76.0	7.0
00:40:30	81	82.3	76.1	6.2
00:41:00	82	82.8	76.3	6.5
00:41:30	83	83.1	75.9	7.2
00:42:00	84	83.2	75.2	8.0
00:42:30	85	82.6	75.3	7.3
00:43:00	86	83.2	75.8	7.4
00:43:30	87	82.6	75.6	7.0
00:44:00	88	82.3	75.5	6.8
00:44:30	89	82.4	75.8	6.6
00:45:00	90	82.9	76.3	6.6
00:45:30	91	83.4	76.0	7.4
00:46:00	92	82.8	75.4	7.4
00:46:30	93	82.5	75.3	7.2
00:47:00	94	81.9	75.0	6.9
00:47:30	95	82.5	75.6	6.9
00:48:00	96	82.7	75.8	6.9
00:48:30	97	83.3	75.4	7.9
00:49:00	98	83.3	76.3	7.0
00:49:30	99	83.3	76.4	6.9
00:50:00	100	83.7	76.2	7.5
00:50:30	101	83.6	76.4	7.2
00:51:00	102	84.3	76.1	8.2
00:51:30	103	83.6	76.0	7.6

00:52:00	104	82.9	75.8	7.1
00:52:30	105	82.9	76.2	6.7
00:53:00	106	82.6	76.0	6.6
00:53:30	107	82.1	75.2	6.9
00:54:00	108	82.1	75.2	6.9
00:54:30	109	81.7	75.6	6.1
00:55:00	110	81.7	75.2	6.5
00:55:30	111	81.8	75.1	6.7
00:56:00	112	81.7	75.2	6.5
00:56:30	113	82.1	76.2	5.9
00:57:00	114	82.6	75.8	6.8
00:57:30	115	83.1	75.3	7.8
00:58:00	116	82.7	76.0	6.7
00:58:30	117	83.4	76.3	7.1
00:59:00	118	83.9	75.7	8.2
00:59:30	119	83.3	75.6	7.7
01:00:00	120	83.4	75.7	7.7

6. ESCENARIO 06

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 01:00 am

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	83.6	76.5	7.1
00:01:00	2	83.8	76.4	7.4
00:01:30	3	83.4	75.8	7.6
00:02:00	4	83.6	76.2	7.4
00:02:30	5	84.3	76.2	8.1
00:03:00	6	83.9	76.3	7.6
00:03:30	7	83.7	75.7	8.0
00:04:00	8	84.0	75.4	8.6
00:04:30	9	83.7	76.2	7.5
00:05:00	10	83.8	75.4	8.4
00:05:30	11	84.0	76.2	7.8
00:06:00	12	84.7	76.5	8.2
00:06:30	13	85.4	76.5	8.9
00:07:00	14	85.9	76.4	9.5
00:07:30	15	86.0	76.0	10.0
00:08:00	16	85.3	76.5	8.8
00:08:30	17	84.6	75.8	8.8
00:09:00	18	84.4	76.6	7.8
00:09:30	19	84.5	76.5	8.0
00:10:00	20	85.0	76.9	8.1
00:10:30	21	85.2	76.5	8.7
00:11:00	22	85.1	75.9	9.2

00:11:30	23	85.5	75.7	9.8
00:12:00	24	85.1	76.8	8.3
00:12:30	25	84.7	76.2	8.5
00:13:00	26	84.0	76.6	7.4
00:13:30	27	84.4	75.9	8.5
00:14:00	28	85.1	76.1	9.0
00:14:30	29	84.4	76.3	8.1
00:15:00	30	84.0	76.2	7.8
00:15:30	31	83.8	76.5	7.3
00:16:00	32	83.7	76.3	7.4
00:16:30	33	83.6	75.3	8.3
00:17:00	34	82.9	75.4	7.5
00:17:30	35	83.2	75.8	7.4
00:18:00	36	83.3	76.0	7.3
00:18:30	37	82.7	75.8	6.9
00:19:00	38	82.9	75.8	7.1
00:19:30	39	82.5	75.9	6.6
00:20:00	40	83.0	76.4	6.6
00:20:30	41	83.0	75.3	7.7
00:21:00	42	83.3	75.4	7.9
00:21:30	43	83.5	76.6	6.9
00:22:00	44	82.9	75.8	7.1
00:22:30	45	83.4	75.5	7.9
00:23:00	46	82.8	75.3	7.5
00:23:30	47	83.5	76.2	7.3
00:24:00	48	83.3	76.5	6.8
00:24:30	49	83.8	75.3	8.5
00:25:00	50	83.3	76.4	6.9
00:25:30	51	83.0	76.0	7.0
00:26:00	52	82.4	75.3	7.1
00:26:30	53	82.4	76.1	6.3
00:27:00	54	82.8	75.6	7.2
00:27:30	55	83.4	75.4	8.0
00:28:00	56	83.1	76.2	6.9
00:28:30	57	83.0	75.7	7.3
00:29:00	58	83.7	75.9	7.8
00:29:30	59	84.3	75.9	8.4
00:30:00	60	84.5	75.5	9.0
00:30:30	61	85.0	75.6	9.4
00:31:00	62	84.7	76.1	8.6
00:31:30	63	84.3	76.8	7.5
00:32:00	64	84.5	76.8	7.7
00:32:30	65	84.5	75.5	9.0
00:33:00	66	84.9	76.8	8.1
00:33:30	67	85.0	75.5	9.5

00:34:00	68	84.7	76.3	8.4
00:34:30	69	84.2	76.2	8.0
00:35:00	70	83.6	75.5	8.1
00:35:30	71	84.2	76.2	8.0
00:36:00	72	83.8	75.9	7.9
00:36:30	73	84.2	76.6	7.6
00:37:00	74	84.0	75.9	8.1
00:37:30	75	83.5	75.4	8.1
00:38:00	76	83.7	75.6	8.1
00:38:30	77	83.1	76.3	6.8
00:39:00	78	82.7	75.4	7.3
00:39:30	79	82.1	75.0	7.1
00:40:00	80	82.5	76.4	6.1
00:40:30	81	83.1	75.2	7.9
00:41:00	82	83.7	76.7	7.0
00:41:30	83	84.0	76.0	8.0
00:42:00	84	84.4	76.8	7.6
00:42:30	85	84.4	75.7	8.7
00:43:00	86	84.2	76.2	8.0
00:43:30	87	84.2	76.8	7.4
00:44:00	88	84.0	76.4	7.6
00:44:30	89	84.0	75.3	8.7
00:45:00	90	83.6	75.5	8.1
00:45:30	91	84.1	75.3	8.8
00:46:00	92	84.4	75.9	8.5
00:46:30	93	83.9	76.7	7.2
00:47:00	94	83.9	76.6	7.3
00:47:30	95	83.9	76.6	7.3
00:48:00	96	84.6	76.1	8.5
00:48:30	97	84.2	76.0	8.2
00:49:00	98	83.5	75.2	8.3
00:49:30	99	83.9	76.7	7.2
00:50:00	100	83.3	75.7	7.6
00:50:30	101	83.7	76.7	7.0
00:51:00	102	83.2	75.6	7.6
00:51:30	103	82.5	76.1	6.4
00:52:00	104	83.0	75.1	7.9
00:52:30	105	82.4	76.1	6.3
00:53:00	106	82.5	75.3	7.2
00:53:30	107	82.3	76.3	6.0
00:54:00	108	83.0	75.4	7.6
00:54:30	109	82.5	76.5	6.0
00:55:00	110	82.1	75.9	6.2
00:55:30	111	82.5	76.1	6.4
00:56:00	112	82.6	76.0	6.6

00:56:30	113	83.2	75.9	7.3
00:57:00	114	83.9	76.5	7.4
00:57:30	115	83.2	75.5	7.7
00:58:00	116	82.5	76.3	6.2
00:58:30	117	83.0	75.8	7.2
00:59:00	118	82.3	75.0	7.3
00:59:30	119	81.7	75.7	6.0
01:00:00	120	81.1	75.8	5.3

7. ESCENARIO 07

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 10:40 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	85.4	77.1	8.3
00:01:00	2	85.5	76.2	9.3
00:01:30	3	86.1	76.3	9.8
00:02:00	4	86.1	76.2	9.9
00:02:30	5	85.7	76.2	9.5
00:03:00	6	86.3	77.3	9.0
00:03:30	7	86.6	77.1	9.5
00:04:00	8	86.2	76.5	9.7
00:04:30	9	86.1	76.1	10.0
00:05:00	10	85.6	76.9	8.7
00:05:30	11	85.2	76.3	8.9
00:06:00	12	85.3	76.9	8.4
00:06:30	13	85.4	76.5	8.9
00:07:00	14	85.7	76.9	8.8
00:07:30	15	85.2	77.0	8.2
00:08:00	16	84.6	75.9	8.7
00:08:30	17	84.2	76.7	7.5
00:09:00	18	84.5	76.4	8.1
00:09:30	19	84.1	76.7	7.4
00:10:00	20	83.6	75.7	7.9
00:10:30	21	83.5	76.3	7.2
00:11:00	22	84.1	76.2	7.9
00:11:30	23	83.6	76.0	7.6
00:12:00	24	83.3	76.7	6.6
00:12:30	25	83.6	76.1	7.5
00:13:00	26	84.1	76.4	7.7
00:13:30	27	84.7	77.1	7.6
00:14:00	28	84.7	76.6	8.1
00:14:30	29	85.1	77.1	8.0
00:15:00	30	85.5	76.0	9.5
00:15:30	31	85.4	76.4	9.0

00:16:00	32	85.8	76.5	9.3
00:16:30	33	86	77.2	8.8
00:17:00	34	85.8	76.2	9.6
00:17:30	35	85.8	77.2	8.6
00:18:00	36	85.2	76.2	9.0
00:18:30	37	85.3	76.9	8.4
00:19:00	38	85.8	77.1	8.7
00:19:30	39	85.9	76.3	9.6
00:20:00	40	85.7	76.1	9.6
00:20:30	41	86.2	76.2	10.0
00:21:00	42	86.6	76.4	10.2
00:21:30	43	86.7	76.2	10.5
00:22:00	44	86.7	77.4	9.3
00:22:30	45	86.1	76.1	10.0
00:23:00	46	86.3	76.6	9.7
00:23:30	47	86.8	76.8	10.0
00:24:00	48	87	76.3	10.7
00:24:30	49	86.8	77.4	9.4
00:25:00	50	86.6	76.4	10.2
00:25:30	51	86.7	77.0	9.7
00:26:00	52	87.1	76.9	10.2
00:26:30	53	87.3	77.0	10.3
00:27:00	54	87.2	77.1	10.1
00:27:30	55	86.6	76.5	10.1
00:28:00	56	86.4	76.9	9.5
00:28:30	57	86.3	76.2	10.1
00:29:00	58	86.9	77.4	9.5
00:29:30	59	86.4	76.4	10.0
00:30:00	60	86.4	77.1	9.3
00:30:30	61	86.6	76.8	9.8
00:31:00	62	86	76.5	9.5
00:31:30	63	86.1	76.9	9.2
00:32:00	64	85.8	77.0	8.8
00:32:30	65	85.3	76.6	8.7
00:33:00	66	84.9	76.5	8.4
00:33:30	67	85.3	76.6	8.7
00:34:00	68	85.3	76.6	8.7
00:34:30	69	85.1	77.1	8.0
00:35:00	70	85.6	76.4	9.2
00:35:30	71	85.7	76.2	9.5
00:36:00	72	85.4	76.7	8.7
00:36:30	73	84.9	77.0	7.9
00:37:00	74	84.6	76.4	8.2
00:37:30	75	85.1	76.4	8.7
00:38:00	76	85.7	77.2	8.5

00:38:30	77	86.2	76.6	9.6
00:39:00	78	86.4	76.8	9.6
00:39:30	79	85.8	76.6	9.2
00:40:00	80	85.9	76.5	9.4
00:40:30	81	85.5	76.2	9.3
00:41:00	82	85.6	76.7	8.9
00:41:30	83	86	76.1	9.9
00:42:00	84	86	76.8	9.2
00:42:30	85	86.6	76.6	10.0
00:43:00	86	87	76.9	10.1
00:43:30	87	86.8	77.2	9.6
00:44:00	88	86.9	77.2	9.7
00:44:30	89	87	77.4	9.6
00:45:00	90	86.8	76.9	9.9
00:45:30	91	86.5	76.7	9.8
00:46:00	92	86.2	76.9	9.3
00:46:30	93	86.3	77.0	9.3
00:47:00	94	85.8	76.0	9.8
00:47:30	95	86	76.9	9.1
00:48:00	96	86.6	76.2	10.4
00:48:30	97	86.8	76.8	10.0
00:49:00	98	86.3	76.9	9.4
00:49:30	99	85.8	76.7	9.1
00:50:00	100	86.3	76.6	9.7
00:50:30	101	86.1	77.1	9.0
00:51:00	102	85.8	77.1	8.7
00:51:30	103	86	76.6	9.4
00:52:00	104	86.6	76.3	10.3
00:52:30	105	86.8	76.6	10.2
00:53:00	106	86.2	77.2	9.0
00:53:30	107	86.6	76.5	10.1
00:54:00	108	86.9	77.0	9.9
00:54:30	109	86.9	76.8	10.1
00:55:00	110	86.5	77.3	9.2
00:55:30	111	86.2	76.7	9.5
00:56:00	112	86.4	77.1	9.3
00:56:30	113	86	76.7	9.3
00:57:00	114	85.4	76.3	9.1
00:57:30	115	85.5	77.2	8.3
00:58:00	116	85.5	76.0	9.5
00:58:30	117	85.7	76.2	9.5
00:59:00	118	85.6	77.0	8.6
00:59:30	119	86.2	77.2	9.0
01:00:00	120	85.6	76.8	8.8

8. ESCENARIO 08

Fecha: 27/01/2020

Hora de inicio: 11:50 pm

Tiempo	Ítem	Humedad exterior (%)	Humedad Interior (%)	Delta de humedad (%)
00:00:30	1	80.3	76.0	4.3
00:01:00	2	80.4	75.7	4.7
00:01:30	3	81.1	76.5	4.6
00:02:00	4	81.8	77.0	4.8
00:02:30	5	82.1	76.4	5.7
00:03:00	6	82.5	76.5	6.0
00:03:30	7	81.8	76.2	5.6
00:04:00	8	82.4	77.1	5.3
00:04:30	9	82.7	76.5	6.2
00:05:00	10	83.2	76.8	6.4
00:05:30	11	83.2	77.0	6.2
00:06:00	12	83.3	76.6	6.7
00:06:30	13	83.9	77.1	6.8
00:07:00	14	83.7	77.0	6.7
00:07:30	15	84.2	77.2	7.0
00:08:00	16	84.6	76.3	8.3
00:08:30	17	83.9	77.2	6.7
00:09:00	18	83.6	76.9	6.7
00:09:30	19	84.3	76.9	7.4
00:10:00	20	85.0	77.3	7.7
00:10:30	21	84.5	76.7	7.8
00:11:00	22	84.2	76.2	8.0
00:11:30	23	83.9	76.3	7.6
00:12:00	24	83.7	77.1	6.6
00:12:30	25	83.8	76.3	7.5
00:13:00	26	83.7	76.9	6.8
00:13:30	27	83.8	76.4	7.4
00:14:00	28	84.0	76.5	7.5
00:14:30	29	83.6	76.3	7.3
00:15:00	30	83.1	77.1	6.0
00:15:30	31	83.0	76.5	6.5
00:16:00	32	83.0	76.4	6.6
00:16:30	33	82.7	76.2	6.5
00:17:00	34	82.9	77.0	5.9
00:17:30	35	83.1	76.4	6.7
00:18:00	36	82.8	76.9	5.9
00:18:30	37	83.4	77.1	6.3
00:19:00	38	83.2	76.1	7.1
00:19:30	39	83.1	76.3	6.8
00:20:00	40	82.5	76.3	6.2

00:20:30	41	83.0	76.2	6.8
00:21:00	42	82.5	76.0	6.5
00:21:30	43	82.6	76.4	6.2
00:22:00	44	82.1	76.9	5.2
00:22:30	45	82.1	77.0	5.1
00:23:00	46	82.5	76.4	6.1
00:23:30	47	82.4	76.4	6.0
00:24:00	48	81.9	76.4	5.5
00:24:30	49	82.5	76.7	5.8
00:25:00	50	82.5	76.1	6.4
00:25:30	51	82.8	76.0	6.8
00:26:00	52	83.0	77.0	6.0
00:26:30	53	83.4	76.1	7.3
00:27:00	54	82.8	76.2	6.6
00:27:30	55	82.2	77.1	5.1
00:28:00	56	82.1	76.9	5.2
00:28:30	57	82.2	76.4	5.8
00:29:00	58	82.3	75.9	6.4
00:29:30	59	82.1	77.0	5.1
00:30:00	60	82.6	75.9	6.7
00:30:30	61	83.1	76.6	6.5
00:31:00	62	83.1	77.2	5.9
00:31:30	63	82.7	76.6	6.1
00:32:00	64	82.0	76.0	6.0
00:32:30	65	82.1	76.5	5.6
00:33:00	66	82.3	76.0	6.3
00:33:30	67	82.3	77.0	5.3
00:34:00	68	81.6	77.0	4.6
00:34:30	69	81.4	76.9	4.5
00:35:00	70	81.1	76.5	4.6
00:35:30	71	81.2	75.7	5.5
00:36:00	72	81.7	76.1	5.6
00:36:30	73	81.6	76.4	5.2
00:37:00	74	81.4	76.9	4.5
00:37:30	75	82.1	76.2	5.9
00:38:00	76	82.8	77.0	5.8
00:38:30	77	83.3	77.2	6.1
00:39:00	78	83.2	76.3	6.9
00:39:30	79	82.9	77.2	5.7
00:40:00	80	82.6	76.4	6.2
00:40:30	81	83.3	76.9	6.4
00:41:00	82	84.0	76.7	7.3
00:41:30	83	83.5	76.3	7.2
00:42:00	84	83.2	76.4	6.8
00:42:30	85	83.6	77.3	6.3

00:43:00	86	83.2	77.2	6.0
00:43:30	87	82.8	77.1	5.7
00:44:00	88	83.1	77.1	6.0
00:44:30	89	83.7	76.1	7.6
00:45:00	90	83.8	77.3	6.5
00:45:30	91	83.1	76.0	7.1
00:46:00	92	83.0	76.6	6.4
00:46:30	93	82.6	77.1	5.5
00:47:00	94	83.3	77.2	6.1
00:47:30	95	83.4	76.4	7.0
00:48:00	96	83.3	77.3	6.0
00:48:30	97	83.0	76.2	6.8
00:49:00	98	82.8	76.6	6.2
00:49:30	99	82.1	76.1	6.0
00:50:00	100	82.3	76.2	6.1
00:50:30	101	82.5	76.8	5.7
00:51:00	102	82.1	76.7	5.4
00:51:30	103	82.0	76.2	5.8
00:52:00	104	82.6	76.7	5.9
00:52:30	105	82.8	76.8	6.0
00:53:00	106	82.6	77.1	5.5
00:53:30	107	83.0	76.4	6.6
00:54:00	108	82.7	76.1	6.6
00:54:30	109	82.6	76.5	6.1
00:55:00	110	83.1	76.7	6.4
00:55:30	111	82.8	76.2	6.6
00:56:00	112	83.4	76.2	7.2
00:56:30	113	83.4	76.8	6.6
00:57:00	114	83.3	76.3	7.0
00:57:30	115	82.6	76.8	5.8
00:58:00	116	82.3	76.7	5.6
00:58:30	117	82.6	76.8	5.8
00:59:00	118	82.9	76.8	6.1
00:59:30	119	83.4	77.3	6.1
01:00:00	120	84.1	77.0	7.1