

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

TESIS

**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y TÉCNICAS PARA
EL CONTROL DE HUMEDADES EN MUROS MODERNOS**

PRESENTA

Christian Manuel González Martínez

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

TUTORES

Dr. Miguel Ángel Soto Zamora

Dr. Francisco Mercado Diaz De León

ASESOR

Dr. Raudel Padilla Cenicerros

Aguascalientes, Ags. 9 de noviembre de 2023

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

TESIS

MTRA. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANA DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

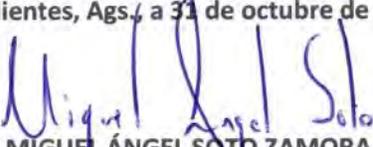
Por medio del presente como **TUTOR** designado del estudiante **CHRISTIAN MANUEL GONZÁLEZ MARTÍNEZ** con ID 174738 quien realizó la tesis titulada: **EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN MUROS MODERNOS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 31 de octubre de 2023


DR. MIGUEL ÁNGEL SOTO ZAMORA

Tutor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

MTRA. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANA DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como **COTUTOR** designado del estudiante **CHRISTIAN MANUEL GONZÁLEZ MARTÍNEZ** con ID 174738 quien realizó la tesis titulada: **EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN MUROS MODERNOS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 31 de octubre de 2023

DR. FRANCISCO MERCADO DIAZ DE LEÓN

Cotutor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

MTRA. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANA DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **CHRISTIAN MANUEL GONZÁLEZ MARTÍNEZ** con ID 174738 quien realizó la tesis titulada: **EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN MUROS MODERNOS**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 31 de octubre de 2023


DR. RAUDEL PADILLA CENICEROS

Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado

Fecha de dictaminación dd/mm/aaaa: 08/11/2023

NOMBRE: Christian Manuel González Martínez **ID** 174738

PROGRAMA: Maestría en Ingeniería Civil **LGAC (del posgrado):** Estructuras y Construcción

TIPO DE TRABAJO: () Tesis () Trabajo Práctico

TÍTULO: Evaluación experimental de mecanismos y técnicas para el control de humedades en muros modernos

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Evaluación e implementación de técnicas y mecanismos para la detección y control de humedad en muros modernos, se contribuye a la preservación del patrimonio, además se deja el precedente para la redacción de un manual para el control de humedades.

INDICAR SI NO N.A. (NO APLICA) SEGÚN CORRESPONDA:

INDICAR	SI	NO	N.A. (NO APLICA)	SEGÚN CORRESPONDA:
<i>Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:</i>				
SI				El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI				La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI				Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI				Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI				Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI				El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI				Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO				Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI				Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
<i>El egresado cumple con lo siguiente:</i>				
SI				Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Docencia
SI				Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc)
SI				Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial, en caso de los posgrados profesionales si tiene solo tutor podrá liberar solo el tutor
N.A.				Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario
SI				Coincide con el título y objetivo registrado
SI				Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI				Tiene el CVU del Conacyt actualizado
N.A.				Tiene el artículo aceptado o publicado y cumple con los requisitos institucionales (en caso que proceda)
<i>En caso de Tesis por artículos científicos publicados</i>				
N.A.				Aceptación o Publicación de los artículos según el nivel del programa
N.A.				El estudiante es el primer autor
N.A.				El autor de correspondencia es el Tutor del Núcleo Académico Básico
N.A.				En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
N.A.				Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
N.A.				La aceptación o publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto

Con base a estos criterios, se autoriza se continúen con los trámites de titulación y programación del examen de grado:

Sí

No

Elaboró:

FIRMAS

* NOMBRE Y FIRMA DEL CONSEJERO SEGÚN LA LGAC DE ADSCRIPCIÓN:

Dr. Miguel Ángel Soto Zambrá

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO TÉCNICO:

Dr. Martín Hernández Marín

* En caso de conflicto de intereses, firmará un revisor miembro del NAB de la LGAC correspondiente distinto al tutor o miembro del comité tutorial, asignado por el Decano

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

Dr. Mario Ernesto Esparza Díaz de León

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

Mtra. Ma. Guadalupe Lira Peralta

Nota: procede el trámite para el Depto. de Apoyo al Posgrado

En cumplimiento con el Art. 105C del Reglamento General de Docencia que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: Cuidar la eficiencia terminal del programa de posgrado y el Art. 105F las funciones del Secretario Técnico, llevar el seguimiento de los alumnos.

Agradecimientos

Mientras escribo estas palabras, siento una gran satisfacción al recordar a todas las personas que contribuyeron a la culminación de este trabajo. Gracias por su apoyo pues sin su ayuda, no hubiera sido posible llevarlo a cabo con éxito.

A mis padres Manuel González y Alicia Martínez cuyo apoyo y motivación han estado presentes desde mi primer día en este mundo. Así como a mi hermano Uriel González, por su apoyo y su confianza en mí. Sin ellos nada de esto hubiera sido posible.

A mis mascotas Nita y Nia quienes me han acompañado a lo largo de este camino académico. Gracias por alegrar mis días y por su compañía especialmente en los momentos de redacción.

A mi prima Blanca, cuyo ejemplo de estudio me motivo desde niño a crecer en un ambiente académico y ahora como adulto recibo su comprensión y apoyo a pesar de la distancia.

A mi tutor Dr. Soto Zamora, por su invaluable ayuda, sabiduría y paciencia en la dirección de mi proyecto de investigación y enriquecimiento de mi conocimiento.

Deseo expresar mi agradecimiento a CONACYT y al Gobierno Federal por su compromiso en mejorar la capacidad científica y tecnológica de México. Agradezco profundamente la beca otorgada, la cual ha hecho posible la realización de mi proyecto de vida.

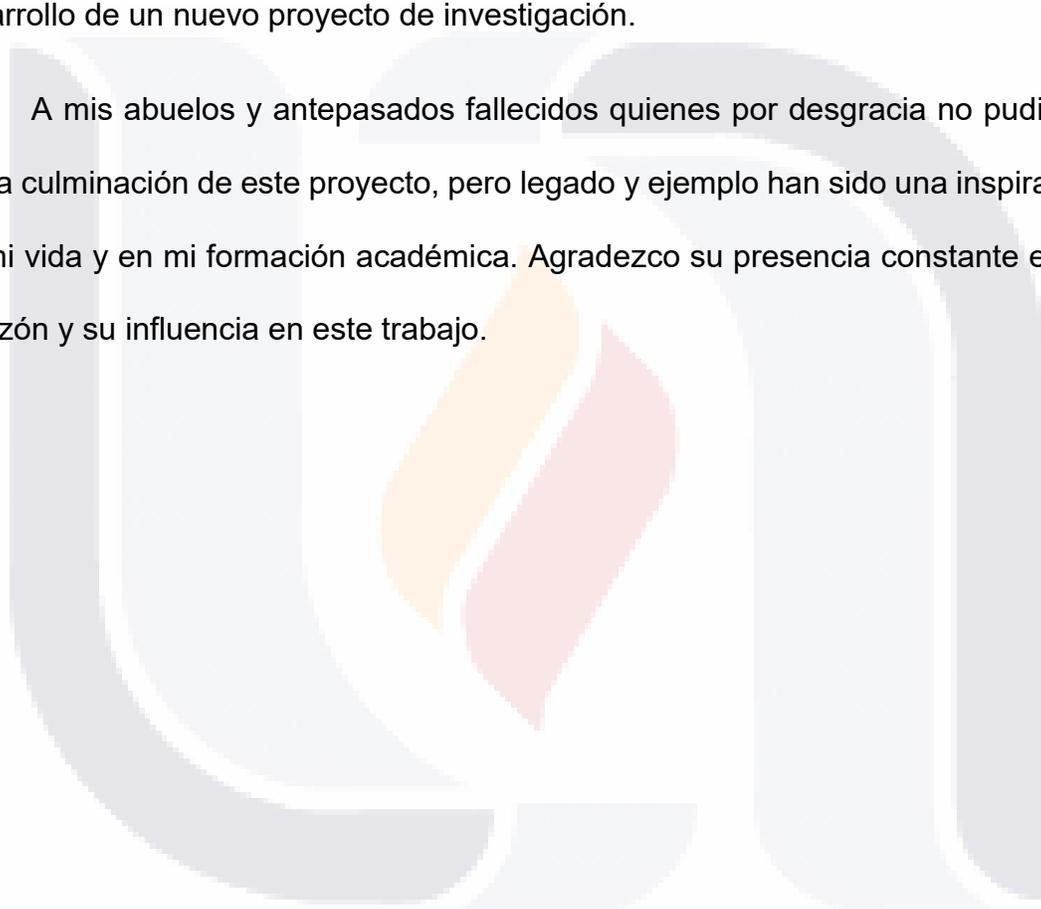
Agradezco a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por brindarme la oportunidad de crecer académicamente, expandir mi conocimiento y desarrollar habilidades valiosas.

A Edith, cuyo apoyo para culminar esta tesis se ve reflejado en su sonrisa cada vez que la veo. Celebro y comparto este logro con la esperanza de que nuestra unión siga creciendo y enriqueciéndonos.

Dedicatorias

Dedicado a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto, a la ciencia, la investigación y a todas las personas que busquen ampliar su conocimiento en el control de humedad en muros modernos. Encuentren en esta tesis una solución a su problemática o una fuente confiable para la expansión y desarrollo de un nuevo proyecto de investigación.

A mis abuelos y antepasados fallecidos quienes por desgracia no pudieron ver la culminación de este proyecto, pero legado y ejemplo han sido una inspiración en mi vida y en mi formación académica. Agradezco su presencia constante en mi corazón y su influencia en este trabajo.



Índice general	
Índice general	1
Índice de tablas	5
Índice de ilustraciones	6
Acrónimos	11
Resumen	12
Abstract	13
1. Introducción	15
1.1 Prólogo	15
1.2 Objetivos generales y específicos	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 Alcances	17
1.4 Justificación	18
1.4.1 Efectos de Humedad en muros	19
1.4.2 Tipo de humedades en muros.	20
1.4.3 Detección de humedades en muros	21
1.4.4 Vulnerabilidad constructiva debido a la humedad en muros	22
1.4.5 Métodos correctivos y preventivos para controlar la humedad	
en muros	23
1.5 Hipótesis	25
2. Estado del arte	27
2.1 La humedad en muros	27
2.2 Efecto de la humedad en muros	28

2.2.1 Estudios relacionados con los efectos constructivos con respecto a la humedad 28

2.2.2 Estudios relacionados con otros efectos adversos sobre la humedad en muros 29

2.3 Técnicas de detección y evaluación de humedad en muros 30

2.4 Técnicas de control de humedad en muros 33

3. Marco teórico 36

3.1 Principales consideraciones 36

3.2 Origen de la humedad en muros modernos 37

3.2.1 Humedad por filtración 38

3.2.2 Humedad por capilaridad 39

3.2.3 Humedad por condensación 40

3.2.4 Humedad accidental 42

3.3 Patologías provocadas por la humedad en muros 43

3.3.1 Efectos constructivos 44

3.3.2 Efectos estéticos más frecuentes 44

3.3.3 Efectos en los habitantes 51

3.4. Métodos de detección y clasificación de humedades. 51

3.4.1 Métodos no destructivos 51

3.4.2 Métodos destructivos 54

3.5 Aplicación de métodos para el control de humedades en muros.
..... 56

3.5.1 Control para humedad por filtración 56

3.5.2 Control para humedad por capilaridad 57

3.5.3 Control para humedad por condensación 59

3.5.4 Control para humedad accidental 60

4. Metodología 62

4.1 Diseño de la investigación 63

4.2 Tipo de investigación..... 63

4.3 Operacionalización de variables..... 65

4.4 Determinación de la muestra 66

4.5 Preliminares de la campaña experimental 70

4.6 Construcción de probetas 72

4.7 Planos esquemáticos..... 75

4.8 Equipos de detección 77

4.8.1 FLIR MR55..... 77

4.8.2 FLIR C5..... 78

4.9 Modelo de ejecución de la campaña experimental 79

5. Ejecución de campaña experimental 81

5.1 Definición de la campaña experimental 81

5.2 Prueba piloto de equipos de detección con muros secos 81

.....	83
5.2.1 Prueba piloto de FLIR MR55 con muros secos	83
5.2.2 Prueba piloto de FLIR C5 con muros secos	92
5.3 Primera parte de la campaña experimental.....	96
5.4 Intermedio de la campaña experimental.	98
5.5 Segunda parte de la campaña experimental.....	102
6. Resultados y discusión.....	104
6.1 Análisis de métodos de medición.....	104
6.2 Análisis de resultados	106
6.3 Análisis de instrumentos de medición	156
6.4 Análisis de materiales que componen las probetas	157
6.5 Análisis de métodos de control de humedad capilar.....	161
7. Conclusiones.....	166
7.1 Conclusiones generales	166
7.2 Conclusiones particulares.....	167
8. Nichos de investigación.....	169
9. Glosario	172
10. Referencias y fuentes bibliográficas	174
11. Anexos.....	179

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de Operacionalización de Variables.	65
Tabla 2. Tabla del autor, desglose de la construcción de las probetas.	72
Tabla 3. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 1, Lado A.	84
Tabla 4. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 1, Lado B.	85
Tabla 5. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 2, Lado A.	86
Tabla 6. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 2, Lado B.	87
Tabla 7. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 3, Lado A.	88
Tabla 8. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 3, Lado B.	89
Tabla 9. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 4, Lado A.	90
Tabla 10. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 4, Lado B.	91
Tabla 11. Tabla del autor, Horario de lecturas en el día 1 de cada parte de la campaña.	97
Tabla 12. Tabla del autor, Comparación final entre métodos de control de humedades y sus porcentajes de eficacia.	155
Tabla 13. Tabla del autor, Comparativa entre los métodos de medición utilizados durante la ejecución de la campaña experimental.	156
Tabla 14. Tabla del autor, Comparativa entre probetas a lo largo de la primera parte de la campaña experimental.	158
Tabla 15. Tabla del autor, Comparativa entre probetas y los métodos de control de humedad a lo largo de la primera y segunda parte de la campaña experimental.	162

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 daños tales como microdescamación, descamación y pátina. “Deterioro de la Catedral de la Ciudad de Aguascalientes debido al intemperismo y la humedad. a) Zonas de humedad creciente y deterioro en el acceso principal del templo, b) Humedad ascendente en un muro externo, c) deterioro debido al intemperismo en rocas del mamposteo y d) humedad capilar y deterioro en el muro norte.” (Padilla-Ceniceros et al., 2017).....	19
Ilustración 2 “En la fachada del atrio se observa en la actualidad algún deterioro en la pintura, Figura 2. a) y b) muestra humedad en muros de la fachada; c) y d) deterioro de columnas y mampostería por el proceso de humedecimiento y secado.” (Gea et al., 2014).....	23
Ilustración 3 “a) Presencia de humedad y salitre en un muro, b) retiro de recubrimiento y aplicación de inyección de barrera química; c) presencia de humedad y minerales debajo de la pintura del muro.” (Barreras Químicas Contra La Humedad de Capilaridad, n.d.).....	25
Ilustración 4 Proceso que describe el control de humedades en muros modernos. Figura del autor.	37
Ilustración 5 Clasificación de los distintos tipos de humedad principales. Figura del autor.	37
Ilustración 6 Efecto "película" en un muro de ladrillo, causado por la filtración de humedad. Imagen del autor.....	38
Ilustración 7 Humedad ascendente visible en el recubrimiento del muro. Imagen del autor.	40
Ilustración 8 "Pitting" observado en un muro con recubrimiento de yeso, ocasionado por la humedad por condensación. Imagen del autor.	41
Ilustración 9 Efecto de la humedad ocasionada por toma de agua cercana. Imagen del autor.	42
Ilustración 10 Humedad ocasionada por descarga pluvial. Imagen del autor.	43
Ilustración 11 Formación de eflorescencia debida a la humedad por filtración en el muro. Imagen del autor.....	45
Ilustración 12 Ampollas generadas por la posible fuga interna de una tubería, esto es deducible dada la localización de salidas de agua, así como el recorrido lineal de la humedad. Imagen del autor.	46
Ilustración 13 Estallido en una esquina posiblemente debido a la corrosión del armado del castillo, ocasionada por la humedad de infiltración proveniente de un baño al otro lado del muro. Imagen del autor.....	47
Ilustración 14 Humedad ascendente visible en el recubrimiento del muro. Imagen del autor.	48
Ilustración 15 Distintos tipos de deterioros ocasionados por la humedad, entre los que destacan, el agrietamiento, películas y la más común, la descamación, producto de la humedad por filtración, dado el comportamiento de la humedad. Imagen del autor.	49
Ilustración 16 Presencia de agrietamiento en el recubrimiento, causado por la humedad ocasionada por la fuga de calentador solar. Imagen del autor.	50

Ilustración 17 Crecimiento de plantas en orificio ocasionado por la infiltración de humedad en la parte superior del muro. Imagen del autor. 50

Ilustración 18, Imagen del autor, FLIR MR55 medidor de humedad basado en clavijas que mediante la conductividad eléctrica detecta la presencia de humedad en muros. 52

Ilustración 19 FLIR C 5 Cámara térmica compacta que mediante tecnología infrarroja detecta un diferencial de temperatura visible con tonos respectivos a las superficies en la pantalla. Imagen del autor. 54

Ilustración 20 Especificación de las características con las que se construirán las probetas que serán sometidas al estudio. Imagen del autor..... 66

Ilustración 21 Humedades a las que se expondrá cada probeta. Imagen del autor. 67

Ilustración 22 Métodos con los que se estudiará la presencia de humedades en las probetas. Imagen del autor. 67

Ilustración 23 Métodos de control de humedades que se aplicarán a los muros. Imagen del autor. 68

Ilustración 24. Desglose de las muestras con sus respectivas pruebas y métodos de control, destacando en color azul oscuro los muros que se construirán. Imagen del autor. 69

Ilustración 25 Propuesta inicial de prueba para generar las condiciones de humedad por capilaridad. Imagen del autor. 70

Ilustración 26. Google maps, Ubicación del Edificio 34 dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 71

Ilustración 27 base de la cuneta, montado con block de concreto hueco. Imagen del autor. 72

Ilustración 28 Muro de sustrato de block de concreto hueco 15*20*40 cm (Muro 1 y 2). Imagen del autor. 73

Ilustración 29 Muro de sustrato de ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm (Muro 3 y 4). Imagen del autor. 73

Ilustración 30 Muro recubierto de Yeso (Muro 1 y 3). Imagen del autor. 74

Ilustración 31 Muro recubierto de mortero 1:1:6 (cemento, cal, arena), (Muro 2 y 4). Imagen del autor. 74

Ilustración 32 Vista en planta de la distribución de las probetas. Imagen del autor. 75

Ilustración 33 Vista de frente de la distribución de las probetas. Imagen del autor. 75

Ilustración 34 Corte de los muros de block de concreto y ladrillo rojo, vista en corte de los muros de block de concreto y ladrillo rojo. Imagen del autor. 76

Ilustración 35. FLIR MR 55 Medidor de humedad con clavija y Bluetooth (Teledyne FLIR LLC, 2021). 77

Ilustración 36. FLIR C5 Cámara térmica compacta (Teledyne FLIR LLC, 2021). 78

Ilustración 37 División del muro en cuadrantes. Imagen del autor. 82

Ilustración 38 Medida de contenido de humedad del Block de concreto hueco con el FLIR MR55. Imagen del autor..... 82

Ilustración 39 Medida de contenido de humedad del Ladrillo rojo recocido con el FLIR MR55. Imagen del autor. 83

Ilustración 40 Toma de lectura en muro con el FLIR MR55, donde nos indica el grupo de materiales, la temperatura ambiente y el porcentaje de humedad en la zona. Imagen del autor..... 83

Ilustración 41 Muro 1, Lado A. Imagen del autor. 84

Ilustración 42 Muro 1, Lado B. Imagen del autor. 85

Ilustración 43 Muro 2, Lado A. Imagen del autor. 86

Ilustración 44 Muro 2, Lado B. Imagen del autor. 87

Ilustración 45 Muro 3, Lado A. Imagen del autor. 88

Ilustración 46 Muro 3, Lado B. Imagen del autor. 89

Ilustración 47 Muro 4, Lado A. Imagen del autor. 90

Ilustración 48 Muro 4, Lado B. Imagen del autor. 91

Ilustración 49 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 1, Lado A. Imagen del autor. 92

Ilustración 50 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 1, Lado B. Imagen del autor. 92

Ilustración 51 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 2, Lado B. Imagen del autor. 93

Ilustración 52 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 3, Lado A. Imagen del autor. 94

Ilustración 53 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 3, Lado B. Imagen del autor. 94

Ilustración 54 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 4, Lado A. Imagen del autor. 95

Ilustración 55 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 4, Lado B. Imagen del autor. 95

Ilustración 56 Cuenca de probeta anegada con 20 litros de agua. Imagen del autor..... 96

Ilustración 57 Diferencia entre niveles de humedad capilar y agua en la cuenca. Imagen del autor. 98

Ilustración 58 Productos Sika que se aplicaron a las probetas. Imagen del autor..... 99

Ilustración 59 Orificios en muro a cada 12 cm. Imagen del autor. 99

Ilustración 60 Aplicación de Sikamur InjectoCream-100. Imagen del autor. 100

Ilustración 61 Barrenado de orificios con broca de 1/2". Imagen del autor. 100

Ilustración 62 Llenado de orificios con barrera química. Imagen del autor. 101

Ilustración 63 Aplicación de Sika Zero Salitre. Imagen del autor. 101

Ilustración 64 Probeta con los productos de control aplicados durante la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 102

Ilustración 65 Comparativa 1 de los dispositivos de medición, a) lecturas tomadas con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados en % de humedad, b) imagen tomada por la cámara FLIR C5 procesada en el programa FLIR TOOLS. Imagen del autor. 104

Ilustración 66 Comparativa 2 de los dispositivos de medición, a) lecturas tomadas con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados en % de

humedad, b) imagen tomada por la cámara FLIR C5 procesada en el programa FLIR TOOLS. Imagen del autor. 105

Ilustración 67 Relación entre los métodos de detección de humedades utilizados para la ejecución de la campaña experimental. Imagen del autor..... 105

Ilustración 68 Lecturas Muro 1 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor. 107

Ilustración 69 Lecturas Muro 1 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 109

Ilustración 70 Lecturas Muro 1 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 111

Ilustración 71 Lecturas Muro 1 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 113

Ilustración 72 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 115

Ilustración 73 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 117

Ilustración 74 Lecturas Muro 2 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor. 119

Ilustración 75 Lecturas Muro 2 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 121

Ilustración 76 Lecturas Muro 2 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 123

Ilustración 77 Lecturas Muro 2 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 125

Ilustración 78 Lecturas Muro 2 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 127

Ilustración 79 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 129

Ilustración 80 Lecturas Muro 3 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor. 131

Ilustración 81 Muro 3 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 133

Ilustración 82 Lecturas Muro 3 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 135

Ilustración 83 Lecturas Muro 3 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 137

Ilustración 84 Lecturas Muro 3 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 139

Ilustración 85 Lecturas Muro 3 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 141

Ilustración 86 Lecturas Muro 4 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor. 143

Ilustración 87 Lecturas Muro 4 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor. 145

Ilustración 88 Lecturas Muro 4 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 147

Ilustración 89 Lecturas Muro 4 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor. 149

Ilustración 90 Lecturas Muro 4 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 151

Ilustración 91 Lecturas Muro 4 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor..... 153

Ilustración 92 Conversión de resultados de tabla de Excel (captura) a esquema en Surfer 16 (procesamiento). Imagen del autor. 156

Ilustración 93 Eflorescencias y manchas presentes en el muro 3. a) eflorescencias aisladas en el lado A, b) manchas en el lateral izquierdo, c) eflorescencia creciente en el borde del muro, d) manchas y eflorescencias. Imagen del autor. 160

Ilustración 94 Eflorescencias presentes en el muro 1, a) lateral derecho, b) eflorescencia ascendente. Imagen del autor..... 160

Ilustración 95 Eflorescencias presentes en el muro 4, a)eflorescencia con manchas amarillas, b) salitre en el lateral.. Imagen del autor..... 161

Acrónimos

U.A.A.: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

INAH: Instituto Nacional de Antropología e Historia.

ICOMOS: Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, organismo no gubernamental de carácter consultivo de la UNESCO con sede en París y cuyo Comité Nacional en México es el ICOMOS mexicano.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la cultura.

GPR: Ground Penetration Radar o Radar de Penetración Terrestre.



Resumen

La humedad en muros se traduce como el agua en cualquiera de sus estados físicos, viajando por diferentes medios a través de la porosidad que tienen los materiales constructivos. Problemas como la infiltración de agua, condensación, capilaridad ascendente y filtraciones han afectado la integridad de los edificios, provocando daños estructurales y de salud. Investigaciones previas han identificado la necesidad de métodos efectivos para prevenir y mitigar la humedad en muros, destacando la importancia de comprender sus causas y soluciones. Estos antecedentes han impulsado la búsqueda de enfoques innovadores y soluciones eficaces en la industria de la construcción.

Con el objetivo de identificar y evaluar experimentalmente los métodos existentes para el control de humedades en muros modernos para así desarrollar un modelo eficaz que se pueda implementar en el mercado actual como solución competente, se llevaron a cabo campañas experimentales, que mediante el uso de métodos de evaluación como la inducción eléctrica y la termografía, nos permitió medir la presencia y el comportamiento de la humedad por capilaridad en 2 tipos de sustratos y 2 tipos de recubrimientos en muros.

Así pues, se obtuvieron resultados comparativos entre los métodos de detección, control y prevención que nos llevaron a concluir en las recomendaciones para controlar el fenómeno de manera adecuada dadas las características.

Palabras clave: humedad en muros, capilaridad, inhibición de humedad, inducción eléctrica, termografía, porosidad, filtraciones.

Abstract

Moisture in walls is translated as water in any of its physical states, traveling by different means through the porosity of building materials. Problems such as water infiltration, condensation, rising capillarity and seepage have affected the integrity of buildings, causing structural and health damage. Previous research has identified the need for effective methods to prevent and mitigate moisture in walls, highlighting the importance of understanding its causes and solutions. This background has driven the search for innovative approaches and effective solutions in the construction industry.

In order to identify and experimentally evaluate existing methods for the control of moisture in modern walls in order to develop an effective model that can be implemented in the current market as a competent solution, experimental campaigns were carried out, which through the use of evaluation methods such as electrical induction and thermography, allowed us to measure the presence and behavior of rising damp in 2 types of substrates and 2 types of wall coverings.

Thus, comparative results were obtained between detection, control and prevention methods that led us to conclude on the recommendations to control the phenomenon adequately given the characteristics.

Keywords: moisture in walls, rising damp, moisture inhibition, electrical induction, thermography, porosity, seepage.

Evaluación Experimental De Mecanismos Y
Técnicas Para El Control De Humedades En Muros
Modernos

INTRODUCCIÓN



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

1. Introducción

1.1 Prólogo

La humedad en muros es una problemática que pudiera parecer un padecimiento exclusivo de construcciones antiguas en un ambiente húmedo con precipitaciones altas por año, sin embargo, este problema afecta en gran escala al estado de Aguascalientes, incluso tratándose de edificaciones recientes y un clima semi árido típico de la ciudad, además de que la humedad puede provenir de otro tipo de fuentes que no sean pluviales o fluviales, sino de las mismas instalaciones de la construcción. Así pues, una manera de clasificar la humedad es en función de su origen, el cual nos llevará a determinar el método de control más efectivo, la detección temprana o tardía de la humedad, así como el deterioro que este fenómeno ha ocasionado, serán factores importantes que se tomarán en cuenta para la aplicación de un procedimiento efectivo (Espinoza Canales, 2016).

El control de humedades en muros, trata de contener y revertir este fenómeno que en primera instancia puede destruir acabados, otorgar un mal aspecto a los muros y a la larga puede terminar por corroer, elementos estructurales claves en la edificación, incluso tratándose de muros de mampostería, y aunque todo elemento constructivo cuenta con un grado de humedad, lo cierto es que debe de existir un equilibrio en su contenido, pues en cuanto mayor humedad presenta un material, menor resistencia tiene expuesto al calor, además, con las bajas temperaturas, el agua podría llegar a congelarse. Y por supuesto, uno de los efectos más comunes que ocasiona la humedad en muros, es la presencia de sustancias salinas, manifestándose en la aparición de salitre que puede llegar a provocar malos

olores, e inclusive, infecciones a los residentes debido al desprendimiento de polvo de esta sustancia que se presenta en los muros (Korkalainen et al., 2015).

La efectividad de un proceso para controlar la humedad en muros va en relación con su facilidad para implementarse en el muro, su costo, la velocidad con la que corrige el fenómeno, la preservación del elemento y acabados existentes y por supuesto, la garantía de que no vuelva a suceder el fenómeno, ya que cuando se trata de humedad, tiende a existir una reincidencia, debido a que la fuente de humedad no se puede corregir o simplemente a que el método de corrección no es tan eficaz (Espinoza Canales, 2016).

1.2 Objetivos generales y específicos

1.2.1 Objetivo general

Identificar y evaluar experimentalmente los métodos existentes para el control de humedades en muros modernos para así desarrollar un modelo eficaz de detección y corrección que se pueda implementar como solución competente.

1.2.2 Objetivos específicos

A. Realizar una investigación del estado del arte para identificar los métodos de protección de humedad en muros de mampostería, así como identificar los tipos de humedades presentes en muros de mampostería que afectan a las obras de edificación.

B. Construir probetas de experimentación para la aplicación de métodos que permitan detectar la humedad por capilaridad y posteriormente corregir el fenómeno.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

C. Desarrollar y evaluar experimentalmente un sistema de detección y control que sea capaz de mitigar los efectos de la humedad en muros aplicando la metodología adecuada, dada la capilaridad, para así obtener mejores resultados de mitigación.

D. Contrastar los resultados obtenidos, evaluando la eficiencia de los métodos de detección, así como de los métodos implementados, además de su facilidad de uso e implementación en el elemento estructural.

1.3 Alcances

A. Enfocar las evaluaciones específicamente a muros modernos de mampostería, con menos de 20 años de antigüedad.

B. Elaborar las evaluaciones, así como los métodos de control, únicamente en muros de mampostería de diversos materiales de uso común para la construcción de vivienda en el estado de Aguascalientes.

C. Evaluar únicamente en el tipo de humedad por capilaridad registrada en investigaciones predecesoras las cuales se usarán como base.

D. Se aplicarán únicamente los métodos de evaluación que estén a disponibilidad en los laboratorios de materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, como por ejemplo la inducción eléctrica y la termografía.

1.4 Justificación

La humedad en muros es un fenómeno en el que, mediante la infiltración de líquidos por diversas fuentes o factores, un muro presenta cierto volumen de este líquido en su interior, provocando desgaste en elementos estructurales y acabados en general.

El origen de este fenómeno como indica el investigador Socoloski (Socoloski & Masuero, 2019) es debido a que:

Los materiales porosos de construcción, como ladrillos y concreto pueden permitir el transporte de sustancias líquidas o gaseosas presentes en el ambiente, de las cuales algunas pueden ser agresivas. El acceso de estas sustancias está relacionado con la degradación de estos materiales, tanto en la superficie como en áreas internas. (Socoloski & Masuero, 2019).

En el estado de Aguascalientes un caso de particular objeto de estudio es la Catedral de la ciudad, en la que se utilizó toba volcánica de alta porosidad para su construcción, según estudios “Actualmente, hay evidencia de deterioro a lo largo de la mampostería de piedra en la edificación, siendo la zona inferior de las paredes exteriores la mayor afectada, a causa del efecto de la humedad, así como la contaminación ambiental” (Padilla-Ceniceros et al., 2017).

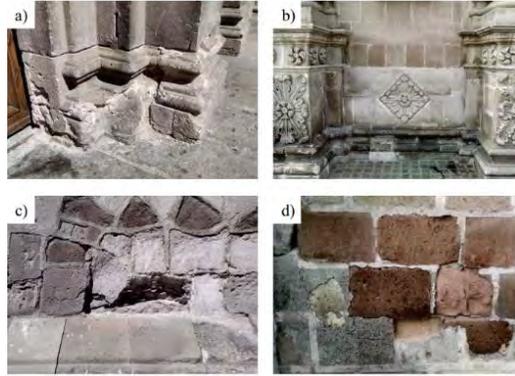


Ilustración 1 daños tales como microdescamación, descamación y pátina. “Deterioro de la Catedral de la Ciudad de Aguascalientes debido al intemperismo y la humedad. a) Zonas de humedad creciente y deterioro en el acceso principal del templo, b) Humedad ascendente en un muro externo, c) deterioro debido al intemperismo en rocas del mamposteo y d) humedad capilar y deterioro en el muro norte.” (Padilla-Ceniceros et al., 2017).

En la ilustración 1 se puede observar que dada la alta porosidad que caracteriza este tipo de roca, se puede deducir que la infiltración de agua es el principal factor que afecta a la construcción, sin mencionar la gran cantidad de años a los que ha estado expuesta.

1.4.1 Efectos de Humedad en muros

Se tiene un registro del deterioro que ocasiona la humedad en los elementos estructurales, pues en primer lugar afectan la estética de la zona, se presentan manchas o en ocasiones salitre, que arruinan por completo los acabados del lugar, además, pueden llegar a generar debilidad en elementos estructurales, tales como cadenas, castillos, traveses, entre otros. “En edificios históricos son conocidos los efectos nocivos de la presencia de humedad en muros, que deteriora detalles de ornamentación, juntamente con los componentes de la mampostería que conforma su propia estructura.” (Gea et al., 2014).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Es bien sabido que el clima es un factor desencadenante del fenómeno, pues si se encuentra en una zona de altas precipitaciones esto puede ocasionar la infiltración de agua, ya sea directa, mediante la evapotranspiración o la humedad ascendente.

La influencia de humedad relativa, parece ser la causa del daño de la edificación, incluso más que las sales y la contaminación atmosférica. Además, la presencia de elementos como el cloro, sodio y sulfuro indican el proceso de desgaste durante un largo tiempo expuesto a un ambiente tropical como el de San Francisco de Campeche. (Trujeque Reyes et al., 2016).

1.4.2 Tipo de humedades en muros.

Principalmente se conocen 4 tipos de humedad, caracterizados por su origen, es necesario detectar de cuál de estos se trata para así llevar a cabo el control más adecuado:

A. Humedad por filtración: Es provocada debido a que el agua tiene paso a través de las grietas o fisuras en un muro.

B. Humedad por capilaridad: Su origen se debe al ascenso capilar del agua contenida en el terreno natural.

C. Humedad por condensación: Es provocada principalmente por el ascenso de vapor de agua en espacios aislados dentro de una vivienda.

D. Humedad accidental: Su origen se produce a causa de una fuga, rotura, fuente de abastecimiento de agua o drenaje a las inmediaciones de la edificación afectada.

(Pipiriate, 2017)

1.4.3 Detección de humedades en muros

La detección de humedad en muros varía según la causa de esta, por lo que es importante detectarla a tiempo y corregir el origen de ser posible. Las patologías descritas a continuación son de los principales indicios de humedad presente:

- A. Grietas y deformación: Fracturas, fisuras y disyunción de lajas.
- B. Desprendimiento: Ampollas, estallidos y delaminación.
- C. Pérdida de material: Erosión.
- D. Alteración cromática: Costra negra, salina, coloración, decoloración, mancha de humedad.
- E. Biocolonización: Colonización biológica, algas.

(ICOMOS, 2011)

Una metodología más elaborada que nos lleva a determinar de manera más precisa la forma en la que se está comportando la humedad, es mediante el sistema de georradar, radar de penetración del terreno o GPR (Ground Penetration Radar). Cuyo funcionamiento está basado en “la propagación de cortos impulsos electromagnéticos, los que se transmiten a través del material del edificio empleando una antena dipolo. Los impulsos son reflejados en las interfaces entre los materiales con diferentes propiedades dieléctricas” (Gea et al., 2014).

Es decir, se mueve la antena por la superficie del muro, esta considera la velocidad de propagación de los impulsos generados dado el espesor del muro y

posteriormente produce una imagen en escala de grises, la cual nos da una idea de la distribución de humedad dentro del muro.

Debido a los alcances y tiempos de desarrollo del proyecto de investigación, este método de GPR no se utilizará en la metodología, además de tratarse de un proceso inviable para muros con nulo valor patrimonial o histórico.

Dada la disponibilidad de herramientas en la universidad autónoma de Aguascalientes se ha determinado que el uso de la cámara termográfica y el higrómetro, son herramientas factibles para llevar a cabo un análisis del comportamiento de la humedad (Serna Moreno, 2016).

1.4.4 Vulnerabilidad constructiva debido a la humedad en muros

Como se menciona anteriormente, la porosidad de un muro de mampostería, contruidos generalmente de ladrillo, tobas volcánicas (cantera), inclusive block, da paso a la absorción interna de humedad, que posteriormente mediante el proceso de capilaridad esta humedad viaja a través del interior de los muros, logrando ascender en ocasiones hasta elementos estructurales más altos. Podremos entonces observar (Ilustración 2) deterioro en la pintura de los muros, posteriormente un desprendimiento del aplanado fino y finalmente el desgaste total de elementos estructurales completos, agujeros en los muros, roturas en las columnas, trabes y contratraves, entre otros efectos adversos para la longevidad de la estructura.



Ilustración 2 “En la fachada del atrio se observa en la actualidad algún deterioro en la pintura, Figura 2. a) y b) muestra humedad en muros de la fachada; c) y d) deterioro de columnas y mampostería por el proceso de humedecimiento y secado.” (Gea et al., 2014)

1.4.5 Métodos correctivos y preventivos para controlar la humedad en muros.

Existen distintas alternativas que ofrecen cierto control para este fenómeno, uno de los que se han utilizado más frecuentemente para la preservación de edificios patrimoniales, son los aerodrenes, pues este método en la mayoría de las ocasiones es avalado por el INAH, sin embargo, cabe resaltar que es un método no muy agradable para la vista, pues es muy evidente la presencia de estos agujeros a pesar de su efectividad, aún se buscan soluciones más estéticas. “Con los aerodrenes se espera disminuir un 40% de humedad en un periodo de 4 meses.” (LJA, 2021).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Otro método es la instalación de zoclos vinílicos, aunque funge más como método preventivo que correctivo, sin mencionar que solo es eficiente contra la capilaridad por la humedad del suelo, o una corriente fluvial o pluvial cercana.

En cuanto a los métodos químicos utilizados para combatir el problema de la capilaridad, en la actualidad existen enfoques efectivos pero agresivos. Estos métodos implican la eliminación completa de cualquier vestigio de minerales que puedan contribuir a la ascensión de la humedad a través de los materiales, como en el caso de las barreras químicas. Para aplicar estas barreras, es necesario inyectar la solución por encima del nivel del suelo. A pesar de su nombre, estas barreras solo impiden que la humedad atraviese las paredes, pero no eliminan la humedad ni secan los elementos estructurales afectados por este fenómeno. Además, su aplicación conlleva un extenso trabajo de restauración posterior y presenta una serie de desafíos que pueden complicar el proceso (Socoloski & Masuero, 2019).

Los ductos de aire para ventilar el muro permiten sacar el aire húmedo que se encuentra dentro de las construcciones a su vez que permiten el paso de aire seco que ventila desde dentro a los muros, este aire funciona en temporadas frías y calientes como un sistema inhibidor de la humedad (Franzoni E, 2018).



Ilustración 3 "a) Presencia de humedad y salitre en un muro, b) retiro de recubrimiento y aplicación de inyección de barrera química; c) presencia de humedad y minerales debajo de la pintura del muro." (Barreras Químicas Contra La Humedad de Capilaridad, n.d.)

En la Ilustración 3 podemos observar las afecciones internas del muro que a menudo aparentan ser menos drásticas de lo que en realidad son.

1.5 Hipótesis

En respuesta a la pregunta ¿Cómo se controla la humedad en muros modernos? Se establece que:

La aplicación de métodos específicos para el control de humedades de acuerdo con el tipo de humedad que se presente en el muro permite reducir de manera eficiente y no invasiva la presencia del fenómeno, lo que desde el punto de vista técnico permitirá al método competir en el mercado actual.

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

ESTADO DEL ARTE



2. Estado del arte

2.1 La humedad en muros

La humedad en muros se traduce como el agua en cualquiera de sus estados físicos, viajando por diferentes medios a través de la porosidad que tienen los materiales constructivos.

Tal como se lo expone en su tesis el investigador Toma Pipiriate (Pipiriate, 2017) Es necesario conocer el tipo, el origen y la compatibilidad de los elementos factibles para la inhibición de la humedad, y que la solución no se convierta en un problema más que perjudique al edificio.

Así pues, luego de un estudio que lleva a cabo dentro de su tesis, nos presenta que: “44 % de la humedad en muros es causada por Condensación, 33% Capilaridad ascendente, 19% Filtraciones y 4% Otras humedades.” (Pipiriate, 2017), además de que, en cuanto a sus efectos, nos encontramos con: “discontinuidad de la estructura (fisuras), combinación de fenómenos físicos, químicos y biológicos (alteraciones), acción físico – química combinada con agentes meteorológicos (desgaste), fenómeno opuesto al anterior (deposito), ciclos de hielo – deshielo (fractura).” (Pipiriate, 2017), se pueden manifestar en pulverización, arenización, escamación, incrustación, exfoliación, entre otros efectos adversos. Y conociendo el origen, síntomas, fenómenos y manifestaciones en conjunto, es posible desarrollar una solución ante el problema.

Un indicador del estado de conservación de un muro de mampostería o una construcción en general a menudo es el grado de humedad presente en estas a causa de la capilaridad (Augusta Cirvini & Gómez Voltan, 2014).

Para prevenir la ascensión de la humedad a través de la capilaridad, es esencial considerar los siguientes elementos: la rapidez con la que se produce el ascenso de la humedad, la longitud apropiada de los muros, la calidad del mortero utilizado tanto para unir los adobes entre sí como para conectar los adobes con otros materiales, la estructura de cerramiento, los dinteles, la protección de las aberturas, y la elección de un revestimiento adecuado para preservar el muro de adobe de los efectos del clima. Rodríguez-Díaz, M. Á., Saroza-Horta, B., Ruiz-Sánchez, P. N., Barroso-Valdés, I. J., Ariznavarreta-Fernández, F., & González-Coto, F. (2014).

2.2 Efecto de la humedad en muros

2.2.1 Estudios relacionados con los efectos constructivos con respecto a la humedad

Un artículo que evalúa los distintos daños provocados por la humedad en el edificio patrimonial de la Catedral de Aguascalientes fue elaborado por el Dr. Raudel Padilla (Padilla-Ceniceros et al., 2017) el cual no solo realiza un levantamiento de daños, sino también, un análisis petrofísico que contempla los distintos tipos de tobas volcánicas utilizadas en la construcción del edificio que cuenta con casi 300 años de antigüedad.

Aunque los resultados tienen un uso pragmático para las obras de restauración de la Catedral de la ciudad de Aguascalientes, la metodología aplicada podría ser utilizada para determinar la vulnerabilidad de las rocas a

deteriorarse en edificios patrimoniales en cualquier lugar del exterior.
(Padilla-Ceniceros et al., 2017)

Existe además un artículo que menciona el deterioro causado por el congelamiento del agua, así como la cristalización de sales existente en el interior de los muros debido a su porosidad, elaborado por el investigador asiático Li (Li et al., 2021). Además, menciona y elabora un estudio sobre cómo afecta la humedad ascendente dado el tipo de construcción, haciendo hincapié en la mampostería de ladrillo azul, utilizado en China. “El deterioro de la mampostería es usualmente causado por las acciones combinadas de factores internos y externos.” (Li et al., 2021).

La humedad presente en el entorno interior desempeña una función fundamental en la comodidad de las personas y en la conservación de los materiales. En cuanto al bienestar, es esencial mantener la humedad relativa en interiores dentro del rango del 20% al 80% en cualquier situación de temperatura interior. Esto no solo garantiza la comodidad de las personas, sino que también protege los materiales de construcción que son susceptibles a cambios físicos, como la madera y los aglomerados, entre otros (Cuitiño-Rosales, M. G., Esteves-Miramont, A., & Najar, L. E. 2022).

2.2.2 Estudios relacionados con otros efectos adversos sobre la humedad en muros

La humedad en muros no solo tiene efectos negativos en las construcciones, así como menciona el autor Korkalainen (Korkalainen et al., 2015) en el resumen de la conferencia, existe una gran variedad de hongos, microbios y bacterias dentro de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

las construcciones, los cuales al fragmentarse atraen grandes problemas para la salud de los residentes, entre los cuales están infecciones, problemas respiratorios y hasta genéticos.

La humedad puede fomentar la proliferación microbiana en el interior de hogares y edificios, que se traduce en la fragmentación celular y de esporas emitido en el aire interior. La estructura celular de los componentes de muros, así como micotoxinas y bacterias son parte de estas emisiones. Las interacciones entre todos estos agentes microbianos son presumibles, pero poco conocidas. (Korkalainen et al., 2015)

2.3 Técnicas de detección y evaluación de humedad en muros

El artículo elaborado por los autores Cirvini y Gómez (Augusta Cirvini & Gómez Voltan, 2014) evalúa el ascenso capilar del agua, mediante un ensayo simple con materiales y procedimientos accesibles, en los cuales se contemplan para las probetas, tanto muestras inalteradas creadas específicamente para su estudio, como muestras existentes de muros en los que se tengan registros de humedad.

El ensayo presenta dos fases: humedecimiento y secado, lo cual constituye un ciclo, pudiéndose realizar varios ciclos, en los cuales se determina cantidad de agua absorbida-perdida por la muestra, variación del grado de humedad media, de altura capilar y la velocidad media e instantánea de ascensión capilar. (Augusta Cirvini & Gómez Voltan, 2014).

Otro artículo que propone un método poco invasivo, dada la naturaleza del caso de estudio, pues se trata de la Iglesia Nuestra Señora de la Viña (Salta, Argentina), un edificio histórico con presencia de humedad en la fachada es el de “Control del proceso de deshumidificación de muros con georradar.” El método que se utiliza para la detección de la presencia de humedad es un sistema de deshumidificación con georradar. “El GPR basa su funcionamiento en la propagación de cortos impulsos electromagnéticos, los que se transmiten a través del material del edificio empleando una antena dipolo. Los impulsos son reflejados en las interfaces entre los materiales con diferentes propiedades dieléctricas.” (Gea et al., 2014).

La presencia excesiva de humedad en muros representa un grave problema en la conservación del patrimonio cultural y arquitectónico, una preocupación ampliamente reconocida por el Comité Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS 2011). Esta humedad puede dar lugar a una serie de afecciones, como la degradación de materiales, la proliferación de microorganismos, la pérdida de integridad estructural y la erosión de detalles ornamentales. Además, la humedad contribuye al desprendimiento de pinturas y revestimientos, lo que afecta negativamente la estética y autenticidad de los monumentos históricos y sitios culturales. El control y la gestión adecuada de la humedad en muros son esenciales para preservar y proteger el valioso patrimonio edificado.

Las afecciones causadas por la presencia excesiva de humedad en muros incluyen:

A). Degradación de materiales: La humedad puede causar la descomposición y debilitamiento de los materiales de construcción, como la piedra, el ladrillo y el mortero.

B). Proliferación de microorganismos: La humedad crea un ambiente propicio para el crecimiento de mohos, hongos y bacterias, lo que puede degradar aún más la estructura y generar problemas de salud.

C). Pérdida de integridad estructural: La humedad constante puede comprometer la estabilidad de los muros y estructuras, lo que representa un riesgo para la seguridad.

D). Erosión de detalles ornamentales: Elementos decorativos, como molduras, tallas y frescos, pueden sufrir erosión y pérdida de detalles debido a la humedad.

E). Desprendimiento de pinturas y revestimientos: La humedad puede causar el desprendimiento de capas de pintura y revestimientos, lo que afecta la estética y autenticidad de los monumentos y sitios históricos.

Controlar y mitigar estas afecciones es esencial para la preservación a largo plazo del patrimonio arquitectónico

Existe una metodología experimental en la cual se estudian las delaminaciones mediante la termografía infrarroja en diferentes tipos de concreto define que se trata de una técnica efectiva para la detección de delaminación superficial, un método no destructivo especialmente útil en el cual los resultados son

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

inmediatos y de manera remota, esta metodología está aplicada en puentes de concreto armado (J. H. A. Rocha & Y. V. Póvoas 2019).

La presencia de patologías en construcciones puede manifestarse de manera en la cual la inspección mediante termografía es suficiente para determinar una solución a dichas patologías, la penetración de agua a través de muros es uno de los principales fenómenos que se pueden observar gracias al análisis termográfico (Da Silva, W. P. A., Lordsleem Júnior, A. C., Ballesteros Ruiz, R. D., & Aquino Rocha, J. H. 2021).

Además, las imágenes térmicas pueden ser utilizadas para determinar el daño sufrido por la corrosión en los refuerzos de aceros de las estructuras, debido a que las delaminaciones interrumpen la transferencia de calor al concreto, resultando en variaciones de temperatura (Washer, G. 2012).

La conductividad eléctrica propone una metodología basada en la humedad del suelo para evaluar y cuantificar el nivel de salinidad del suelo de manera no invasiva, el estudio se realizó en una parcela en Sevilla para orientar el manejo del cultivo y el agua, además de evaluar posibles fenómenos en el suelo que pudiera perjudicar la agricultura local, indican Ramos, M., Farzadian, M., Gómez, J. L., González, A., Salvatierra, B., Martínez, G., & Vanderlinden, K. (2023).

2.4 Técnicas de control de humedad en muros

Una técnica muy novedosa y eficiente es propuesta por el investigador Masuero (Socoloski & Masuero, 2019). En su artículo se estudia la eficiencia de las barreras químicas, cuya aplicación a pesar de ser invasiva, es posible en la mayoría

de los casos de humedad ascendente o por capilaridad, si no se contempla un valor patrimonial en los muros. “En este estudio, los productos empleados son cristalizadores con una base alcalina-silicato.” (Socoloski & Masuero, 2019)

Además, existe una técnica química propuesta por la investigadora Isabel Torres (Torres, 2018). En el cual se habilita un sistema de ventilación para los muros que sufren de humedad ascendente o por capilaridad, que mediante tuberías que conectan con el exterior, ventilan y le permiten airearse internamente a los muros que conforman el sistema.

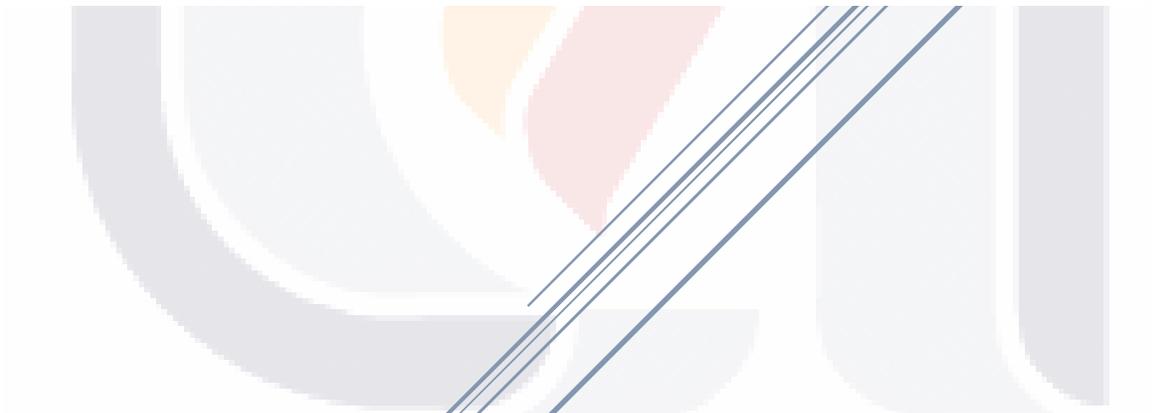
Creación de drenajes atmosféricos/tuberías de ventilación. Si introducimos desagües oblicuamente, en las paredes húmedas estos se llenarían de aire húmedo, que al ser más pesado que el aire seco, sería sustituido por éste y así el aire húmedo de la pared sería continuamente reemplazado por aire seco. (Torres, 2018)

La tesis “Evaluación De Sistemas Correctivos Para La Inhibición Capilar En Desplante De Muros De Adobe En Edificios Patrimoniales” tiene como objetivo validar las técnicas aceptadas por el INAH para contrarrestar los fenómenos por humedad ascendente o capilaridad, dada la naturaleza de edificios patrimoniales. Dicha tesis aplica métodos de deshumidificación, los cuales son: “Tubos de aeración, aplicación de químicos, reposición del muro, rompimiento capilar y mejoramiento del suelo” (Serna Moreno, 2016).

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS



MARCO TEÓRICO



3. Marco teórico

3.1 Principales consideraciones

La humedad en muros modernos conlleva distintas consideraciones a las que se toman en muros patrimoniales, no solo por su antigüedad y material utilizado durante la construcción de los muros, sino también por el método que se puede aplicar a estos y más importante aún, la preservación de los elementos constructivos. Esto debido también a que en muros modernos no se cuenta con un valor patrimonial en las edificaciones que se intentan rescatar y más bien se lleva a cabo el proyecto por el lado económico y sustentable para la conservación de inmuebles (Serna Moreno, 2016).

Para llevar a cabo cualquier tipo de remodelación, reparación o reacondicionamiento constructivo es necesario establecer un presupuesto y que este sea factible con respecto al proyecto, es decir que resulte más económico y efectivo que otro tipo de solución, además de ser necesario el establecimiento de objetivos tales como la duración, vigencia, utilidad y eficiencia (Li et al., 2021).

Para realizar lo anterior aplicado en la humedad en muros, es fundamental conocer o en su defecto investigar los antecedentes del problema, se debe detectar el origen de la humedad para detener este efecto en los elementos y así posteriormente establecer un método correctivo que reacondicione el inmueble y lo libere de este problema que lo atañe (Sevruk, 2014).



Ilustración 4 Proceso que describe el control de humedades en muros modernos. Figura del autor.

En la Ilustración 4 se puede observar el proceso que describe la detección, intervención y reparación de muros al ser afectados por el fenómeno de presencia de humedad, aunque se puede aplicar a casi cualquier fenómeno presente en un muro.

3.2 Origen de la humedad en muros modernos

En una obra existen distintos tipos de humedades (ilustración 5) con los cuales nos podemos encontrar, principalmente se les clasifica por su origen, ya que con este fundamento se les puede aplicar una metodología que sea más efectiva y económica.

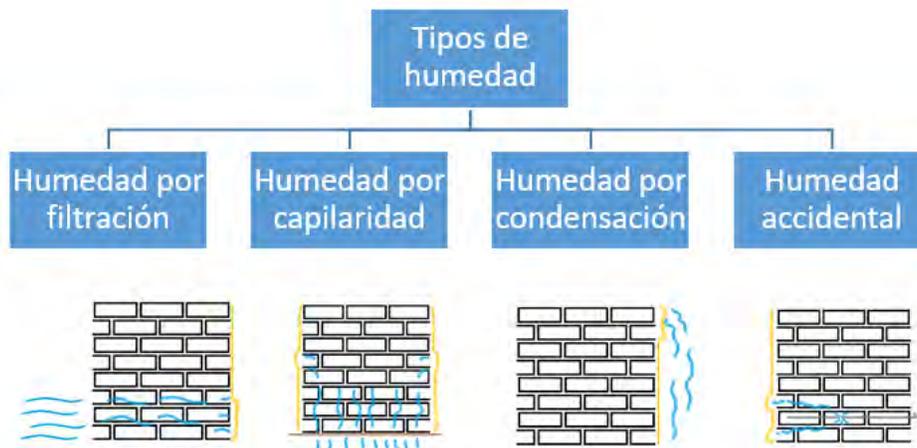


Ilustración 5 Clasificación de los distintos tipos de humedad principales. Figura del autor.

3.2.1 Humedad por filtración

Es aquella que debe su origen principal a los agentes externos de la construcción como la precipitación, viento, ríos, cauces, presas, mar, entre otros tipos de cuerpos de agua, cuya presencia está afectando a los muros de las construcciones aledañas, dada su proximidad (Torres 2018).

Se producen a causa de la absorción capilar que provoca que el agua entre a los elementos estructurales y posteriormente debido a la porosidad se da origen a la penetración, la cual consiste en el movimiento del agua a través de los elementos, sus huecos y juntas que permiten el desplazamiento de humedad en todas las direcciones posibles como si se tratara de raíces abriéndose paso y buscando finalmente el exterior para manifestarse como manchas, disgregación, salitre, desconchaduras e incluso, agua como tal (Pipiriate, 2017).



Ilustración 6 Efecto "película" en un muro de ladrillo, causado por la filtración de humedad. Imagen del autor.

En la Ilustración 6 se puede observar el efecto de la humedad por filtración ocasionado por la penetración de humedad del lado contrario del muro, esto se

deduce debido al efecto que ha tenido sobre la pintura, la cual se desprende del muro, pero genera espacios vacíos entre sí, según el glosario del ICOMOS, este efecto es conocido con el nombre de “Película”, debido al efecto de una capa que provoca sobre el muro, como si se tratara de un “film” o vinil despegándose (ICOMOS, 2011).

3.2.2 Humedad por capilaridad

También conocida como humedad ascendente o “rising damp” en inglés se identifica principalmente por la manera en la que la humedad sube a través de los muros debido a una fuente de agua cercana al suelo, aunque este tipo de humedad se relaciona con construcciones antiguas, debido a las propiedades que los materiales tenían en tiempos menos recientes y a que este tipo de humedad le toma cierto tiempo desarrollarse, no se puede descartar en obras recientes cuyos procesos y materiales utilizados durante su construcción permiten las condiciones idóneas para el fenómeno (Augusta Cirvini & Gómez Voltan, 2014).

Su principal causa es la capilaridad combinada con la tensión superficial del agua, propiedad que le permite fluir a través de la porosidad de los materiales permitiéndole elevarse desde los cimientos hasta el techo de las construcciones. Este fenómeno suele manifestarse en manchas oscuras en lo bajo de las estructuras, además de un deterioro general en todas las zonas donde se encuentra la humedad. Dado que el origen de esta humedad es interno, se puede encontrar con desgaste desde el interior y a través de todo el muro, lo cual debilita estructuralmente a la construcción (Pipiriate, 2017).



Ilustración 7 Humedad ascendente visible en el recubrimiento del muro. Imagen del autor.

En la Ilustración 7 se observa el ascenso de la humedad ocasionado por la continua presencia de agua en la parte inferior del muro, podemos observar el recorrido dada la forma de la “mancha de humedad” (ICOMOS, 2011), esto es resultado de una descarga pluvial, sin embargo, la humedad por capilaridad es detectable por los colores de la mancha, siendo tonos más oscuros en el interior, con tendencias a tonos más claros en los extremos superiores.

3.2.3 Humedad por condensación

Su origen está aunado a la evaporación del agua generado en el interior de la vivienda principalmente, esto debido al aislamiento que pueden presentar ciertas construcciones, las altas temperaturas y la falta de ventilación que se generan en muchas zonas de los inmuebles, como por ejemplo los baños, es por esta razón que se les recubre normalmente con azulejos o pinturas impermeabilizantes que evitan la absorción en los muros, además de contar con ventanas altas o en su defecto sistemas de extracción y ventilación que le permiten a los vapores fluir al exterior.(Trujeque Reyes et al., 2016)

Dicho fenómeno se manifiesta a corto plazo desde la cristalización del vapor en zonas del techo de las construcciones y en determinado tiempo se puede dar origen a manchas oscuras, revocos y hongos que pueden dar origen a enfermedades respiratorias a las personas que están en constante contacto con estas superficies, pues estos hongos se desprenden y mantienen en el aire flotando y si no se cuenta con una ventilación adecuada pueden ser aspirados por la nariz y boca (Pipiriate, 2017).



Ilustración 8 "Pitting" observado en un muro con recubrimiento de yeso, ocasionado por la humedad por condensación. Imagen del autor.

En la Ilustración 8, se puede observar una patología conocida como "Pitting" (ICOMOS, 2011), producido por la concentración de condensación de agua debido al mal diseño de ventilación en el cuarto donde se encuentra el muro, en este tipo

de alteración se puede observar una penetración exterior debida a las perforaciones milimétricas, cuya morfología suele ser cónica o cilíndrica, sin interconexiones (ICOMOS, 2011).

3.2.4 Humedad accidental

Por último, la humedad accidental es aquella producida a causa de una fuga en la red hidráulica de abastecimiento o incluso en la red de drenaje, cuyo flujo de agua provoca la aparición de humedades en lados opuestos de donde se presenta la fractura de la tubería (Torres 2018).

Es importante mencionar que se pueden presentar combinaciones de todas las humedades anteriores, donde por ejemplo se presenta una fuga en la instalación sanitaria que pasa por debajo de una vivienda y esta humedad asciende a través de los elementos estructurales, o incluso atraviesa otros elementos y se puede hasta llegar a manifestar en charcos que posteriormente se evaporan y provocan condensación. Por esto último los procesos irán en función del origen.



Ilustración 9 Efecto de la humedad ocasionada por toma de agua cercana. Imagen del autor.

La Ilustración 9, nos muestra un ejemplo claro de la humedad accidental, ocasionado por la fuga interna y el uso continuo de la toma de agua principal.



Ilustración 10 Humedad ocasionada por descarga pluvial. Imagen del autor.

La mancha de humedad de la Ilustración 10 es resultado de la libre descarga pluvial, pero además el mal diseño de la pendiente en la acera provoca la acumulación de agua que no puede ser conducida a un desagüe.

3.3 Patologías provocadas por la humedad en muros.

Este fenómeno afecta de manera directa varios rubros involucrados, es necesario mencionar los principales para comprender la importancia que tiene atender este tipo de problemas a la brevedad, darle un correcto control que evite las reincidencias de la humedad siendo económicamente viable y por supuesto garantizar el bienestar de las construcciones, así como de sus usuarios.

3.3.1 Efectos constructivos

Para la comprensión de los efectos estructurales de la humedad en muros se debe tener en cuenta los efectos de esta en los materiales que se emplean y en la mecánica de suelos.

La mecánica de suelos estudia el comportamiento y estabilidad del suelo, tomando en cuenta factores como el flujo del agua desde el interior, exterior y a través de su masa, por lo que este tipo de estudios es de gran relevancia principalmente en el control de humedad ascendente o por capilaridad si está involucrada con cauces, por ejemplo (Ortiz, 2011).

En cuanto a los materiales, los principales afectados son aquellos involucrados en la mampostería de muros, pues ya sea reforzada, confinada o simple, están conformados por materiales porosos que permiten la traslación de humedad a través de ellos, debilitando mecánicamente la estructura del muro, producido por la distribución de minerales contenidos en el agua (Pipiriate, 2017), además de generar corrosión a elementos de acero como lo son los armados estructurales.

Estos efectos son los más graves, pues el desarrollo de estos podría llevar al eventual derrumbe de estructuras y podría costar vidas humanas.

3.3.2 Efectos estéticos más frecuentes

En este tipo de efectos son los más visibles y suelen ser los principales indicadores de que está ocurriendo el fenómeno de la humedad, los morteros son los más afectados, pues se producen eflorescencias, manchas oscuras y

blanquecinas, así como salitre, producto de la cristalización de minerales, los recubrimientos donde se observa con mayor frecuencia el fenómeno, suelen ser aquellos basados en yeso, por su alto contenido de calcio (ICOMOS 2011).

Estas lesiones de fachada provocan el desprendimiento de los recubrimientos lo cual no solo da mal aspecto a las construcciones, sino también deja al descubierto elementos constructivos que pueden ser afectados y debilitados por la intemperie.

3.3.2.1 Eflorescencias

Definido como la acumulación cristalina y generalmente blancuzca sobre una superficie, por lo regular, son el resultado de la evaporación del agua cargada de sales, alojada en los poros de la piedra que conforman los muros. Constituidas principalmente por sales solubles, como cloruros, nitratos o sulfatos (ICOMOS, 2011).



Ilustración 11 Formación de eflorescencia debida a la humedad por filtración en el muro. Imagen del autor.

3.3.2.2 Ampollas

Se tratan de elevaciones semiesféricas las cuales están rellenas de aire sobre la superficie del muro, es importante mencionar que el desprendimiento no se encuentra relacionado con la estructura del muro y solo con el recubrimiento exterior. Esta patología es regularmente ocasionada por la acción de sales solubles en el agua (ICOMOS, 2011).



Ilustración 12 Ampollas generadas por la posible fuga interna de una tubería, esto es deducible dada la localización de salidas de agua, así como el recorrido lineal de la humedad. Imagen del autor.

3.3.2.3 Estallido

A diferencia de la patología anterior, esta si se encuentra relacionada con lesiones internas del muro, manifestadas en desprendimientos más agresivos en formas irregulares como si se tratara de cráteres. Este tipo de deterioro es debido al incremento de volumen de inclusiones minerales, así como la corrosión de metales de refuerzo debido al contacto con la humedad, y dada la naturaleza del agua local, es un fenómeno muy frecuente (ICOMOS, 2011).



Ilustración 13 Estallido en una esquina posiblemente debido a la corrosión del armado del castillo, ocasionada por la humedad de infiltración proveniente de un baño al otro lado del muro. Imagen del autor.

3.3.2.4 Manchas de humedad

Se trata de un subtipo de alteración cromática que se manifiesta en el cambio de tono de la superficie, debido a la presencia de humedad dentro o cerca del muro, dado su origen existen variaciones de tonalidades, los tonos oscuros son originados por la presencia de bacterias y microbios en el agua, además de indicar la mayor cantidad de humedad en el muro, los tonos claros y blanquecinos, indican un recorrido capilar a través del interior del muro, además de la presencia de sales y minerales (ICOMOS, 2011).



Ilustración 14 Humedad ascendente visible en el recubrimiento del muro. Imagen del autor.

En la Ilustración 14 se observa una mancha oscura de humedad, ocasionada por la descarga pluvial de una tubería, además de un recorrido capilar de la humedad, con ligeros indicios de eflorescencia.

3.3.2.5 Descamación

Desprendimiento de escamas que no sigue la estructura del muro ocasionado por la penetración de la humedad de la parte interna al exterior de los elementos constructivos (ICOMOS, 2011).



Ilustración 15 Distintos tipos de deterioros ocasionados por la humedad, entre los que destacan, el agrietamiento, películas y la más común, la descamación, producto de la humedad por filtración, dado el comportamiento de la humedad. Imagen del autor.

3.3.2.6 Otros deterioros

Otros efectos ya mencionados y que ocurren con menor frecuencia son el Pitting (ilustración 8), debido a la humedad por condensación y manifestándose en un punteado en la superficie del muro (Cuitiño-Rosales, M. G., Esteves-Miramont, A., & Najjar, L. E. 2022). Películas (Ilustración 6), debido a la filtración, manifestado en el desprendimiento de recubrimientos sin demostrar rompimiento al exterior del

muro. Grietas (Ilustración 16), debido a cualquier tipo de humedad, presentándose en agrietamiento tanto interior como exterior. Colonización biológica, ocasionada por la presencia de microorganismos y bacterias en el agua que provoca la humedad, se revela en el crecimiento de musgo, algas, plantas (Ilustración 17) y



Ilustración 16 Presencia de agrietamiento en el recubrimiento, causado por la humedad ocasionada por la fuga de calentador solar. Imagen del autor.

hongos (ICOMOS, 2011).



Ilustración 17 Crecimiento de plantas en orificio ocasionado por la infiltración de humedad en la parte superior del muro. Imagen del autor.

3.3.3 Efectos en los habitantes

Por último, estos efectos son más silenciosos, pero a la vez más nocivos para la salud, lo cual representa un peligro importante ocasionada principalmente por los líquenes, colonias de hongos, microbios y bacterias producidos por la humedad por condensación en su mayoría, derivándose en la fragmentación de células y esporas de micro-toxinas y bacterias, que, en un ambiente aislado, con poca ventilación provoca efectos adversos en la salud de los usuarios expuestos, desde enfermedades respiratorias hasta daños genéticos (Korkalainen et al., 2015).

3.4. Métodos de detección y clasificación de humedades.

La consideración principal para la determinación de un método de detección de humedades es su destructividad, esto es debido al interés en la preservación de muros y elementos constructivos en edificios patrimoniales, dado que nos enfocaremos en muros modernos sin un valor histórico, podemos tomarnos la libertad de seleccionar el método más económico y viable según el caso, sin tomar en cuenta necesariamente la preservación del muro, aunque para fines prácticos, se intentará rescatar el elemento en la medida de lo posible y sobre todo, si el método de restauración, no conlleva una renovación total del muro.(Espinoza Canales, 2016)

3.4.1 Métodos no destructivos

Estas consisten en instrumentos aplicados de manera superficial sin la necesidad de la extracción de muestras que puedan generar una pérdida al elemento de estudio.

Existen medidores por conductividad y capacitancia (ilustración 18), los cuales basan su funcionamiento en circuitos eléctricos, que consisten en situarse sobre la superficie, el agua al ser un elemento de gran conductividad proporciona valores más altos que una muestra tomada del muro en donde se sepa que no existe presencia de humedad (Pipiriate, 2017).



Ilustración 18, Imagen del autor, FLIR MR55 medidor de humedad basado en clavijas que mediante la conductividad eléctrica detecta la presencia de humedad en muros.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Ramos, M., Farzamian, M., Gómez, J. L., González, A., Salvatierra, B., Martínez, G., & Vanderlinden, K. (2023) mencionan que la conductividad eléctrica incrementaban con la profundidad, lo cual es un indicador de que el material superficial es menos conductivo y tiene menor presencia de humedad debido a su contacto directo con la superficie así como los agentes externos que secan el suelo al menos hasta 1.0 – 1.5 m de profundidad.

Los ultrasonidos son otro método los cuales son utilizados frecuentemente y consisten en la generación de impulsos eléctricos transmitidos por el denominado “palpador”, pieza que está en contacto con el elemento de estudio, si el material contiene humedad la velocidad de transmisión de la onda es mayor en comparación a zonas donde el material está seco, esto se debe a que la velocidad del sonido en el agua es mayor que en el aire, posteriormente estos impulsos eléctricos se registran y se manifiestan de manera visual en una barra de calibración que conforma al aparato (Pipiriate, 2017).

El georradar es uno de los aparatos más recientes en utilizarse, los cuales basan su funcionamiento en ondas electromagnéticas emitidas mediante una antena, que refleja de manera distinta las zonas donde la conductividad eléctrica varía. Actualmente existen dispositivos de este tipo que pueden generar modelados 3D lo cual facilita la interpretación de los datos y resulta más eficaz (Edens, 1995).

Como se puede entender, la conductividad eléctrica juega un papel muy importante para la obtención, medición e interpretación de los métodos de detección de humedad en muros, pues esta propiedad del agua es importante, pero se debe considerar que en ocasiones la presencia de sales y minerales puede interferir con

el rastreo de la humedad, por lo que es necesario tomar en cuenta la mayor cantidad de factores en el rastreo (Edens, 1995).

La termografía (ilustración 19) es un método de detección no destructivo que mide la radiación infrarroja emitida por la superficie para posteriormente transformarla en señales eléctricas que se procesan y crean las imágenes conocidas como termogramas, en el caso de las probetas de muros no es necesario recurrir a fuentes externas de calor, pues las condiciones ambientales son óptimas para medir la interrupción de los flujos calóricos debido a la presencia de fenómenos y agentes externos (J. H. A. Rocha & Y. V. Póvoas 2019).



Ilustración 19 FLIR C 5 Cámara térmica compacta que mediante tecnología infrarroja detecta un diferencial de temperatura visible con tonos respectivos a las superficies en la pantalla. Imagen del autor.

3.4.2 Métodos destructivos

Este tipo de técnicas son aquellas que conllevan una extracción de alguna muestra de los materiales que conforman el elemento de estudio, se llevan a cabo generalmente en un laboratorio y por lo regular se trata de evitar en edificios con

valor patrimonial, dada la naturaleza de los métodos. Además, por lo general van de la mano con el tipo de humedad, así como el método que se aplicará para la restauración del muro, por ejemplo, cuando se trata de humedad accidental originada por una fuga interna, es necesario realizar cortes en el muro para el reemplazo de la tubería rota. Otro caso en el cual el método de control es destructivo, son las barreras químicas, las cuales requieren del ranurado de muros para su aplicación.(Serna Moreno, 2016)

Uno de los principales métodos de este tipo es el secado gravimétrico, el cual consiste en tomar una muestra de los materiales, pesarla antes y después de un secado realizado en un horno o cualquier otro tipo de dispositivo de calor y posteriormente calcular el contenido de humedad de la muestra (Sevruk, 2014). Este método no es muy preciso debido a que la humedad se esparce en direcciones y cantidades distintas a través de los muros, por lo que es difícil realizar un mapeo de los elementos y funciona más que nada para detectar la cantidad de agua y no como tal la zonificación de su presencia.

Otro método es el del carburo de calcio, el cual consiste nuevamente en la extracción de muestras de los materiales, para posteriormente hacer reaccionar el agua contenida en ellas con carburo de calcio, el cual reacciona con el agua de la muestra y genera un gas acetileno cuya presión es medida a través de un manómetro, siendo esta presión proporcional a la cantidad de humedad contenida en la muestra (Pipiriate, 2017).

Este tipo de métodos pueden parecer más sencillos de realizar, sin embargo, son más difíciles de interpretar y para realizar una correcta corrección para la

solución del problema, la interpretación es un factor muy importante para tomar en cuenta los distintos métodos de control.

3.5 Aplicación de métodos para el control de humedades en muros.

Una vez detectado el tipo de humedad y siendo evaluada mediante algún tipo de detección que diagnostique y clasifique las afecciones en los muros, se debe aplicar un método para el control de las humedades, el cual irá en relación con los resultados obtenidos anteriormente. Algunas de estas técnicas son correctivas, sin embargo, no conllevan la restauración del muro o elemento afectado, por lo que debe considerarse a parte según sea el caso y una vez eliminada la humedad contenida en el interior.(Serna Moreno, 2016)

3.5.1 Control para humedad por filtración

En este tipo de humedad, como en la mayoría, lo primordial es ubicar el origen de la humedad por cualquiera de los métodos de detección que sea más viable según el caso, eliminarlo en la medida de lo posible, si se trata de un cuerpo de agua cercano lo más común es la creación de una zanja intermediaria la cual contenga una barrera impermeabilizante que bloqueé el paso de la humedad a la construcción afectada, si la humedad es producto de las condiciones ambientales, esta barrera impermeabilizante se aplica directamente en el exterior de la construcción, es necesario realizar este tipo de técnicas que impidan el esparcimiento de más humedad antes de llevar a cabo las reparaciones para evitar la contención de la humedad en el muro y una nueva remodelación.

Posteriormente se procede a atender las lesiones más frecuentes relacionadas con este tipo de humedad, las cuales son eflorescencias y líquenes,

dependiendo del tipo de material sobre el cual están actuando estas lesiones se deben realizar tratamientos adecuados para evitar más daños a la construcción (Pipiriate, 2017).

El primer paso para atender estas lesiones en muchas ocasiones es la paciencia, se le otorga un determinado tiempo a la humedad para que logre salir de manera natural la mayor cantidad posible de esta, y mediante los dispositivos de detección se vuelve a evaluar la cantidad de agua contenida en la estructura, esto además nos permite analizar si el método de contención está siendo efectivo y una vez confirmado lo anterior, se procede con el segundo paso del tratamiento. La limpieza, esta se puede realizar por distintos métodos, pero los más frecuentes son el cepillado, el cual consiste como tal en retirar la sales y minerales adheridas al muro mediante un cepillado intenso que desgaste el muro hasta eliminar toda presencia de cristalización de la humedad. Aunque también, existe un método que desgasta menos el muro, pues consiste en la aplicación de un material absorbente, el cual se adhiere a la superficie afectada y se encarga de reblandecer los minerales y extraerlos a la superficie, así como cualquier rastro de agua que haya quedado dentro del muro, la desventaja es que se trata de un proceso costoso que abarca áreas reducidas, por lo que se reserva principalmente para edificios patrimoniales en donde no se pueden desgastar los muros (Pipiriate, 2017).

3.5.2 Control para humedad por capilaridad

Este tipo de humedad es fácilmente evitable mediante la aplicación de membranas o láminas a base de asfalto u otros elementos hidrofóbicos e

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

impermeabilizantes en las dalas de desplante, lo cual genera una barrera anti capilar e impide el ascenso de la humedad a los muros de la construcción.

Pero si nos referimos a edificaciones terminadas las cuales ya comenzaron a ser afectadas por la humedad capilar, pues presentan lesiones en el exterior de los muros, podemos hacer usos de varios métodos, entre los que destacan los tubos o ranuras de aireación, que permiten la ventilación y drenado del muro para que la humedad naturalmente encuentre una manera de salir del elemento constructivo, estos drenes por lo general van acompañados de cámaras de ventilación laterales, los cuales generan un sistema de ventilación dentro del muro como si se tratara de ductos de aire acondicionado (Serna Moreno, 2016).

Actualmente se han implementado técnicas más innovadoras para controlar este tipo de humedad, como las barreras químicas, que, si bien conllevan un desgaste total del recubrimiento del muro, no es necesario renovarlo completamente. Existen barreras químicas que consisten en la penetración mediante gravedad de estas a través del muro, generando una base impermeable dentro del muro e impidiendo el ascenso de la humedad (Socoloski & Masuero, 2019). En el mercado actual nos podemos encontrar también con productos muy similares basados en geles que de igual manera son inyectados a través del muro, con la misma función de impedir el paso de la humedad.

También existen alternativas a través de dispositivos basados en la electroósmosis, los cuales se instalan en cualquier tipo de muro y mediante la emisión de pulsos de baja frecuencia, actúan en la estructura porosa de los materiales y evitan el desarrollo de la absorción capilar (Pipiriate, 2017).

Por último, pero no muy recomendable ya que supone procesos constructivos más complicados, largos y costosos, se puede sugerir la sustitución o en su defecto implementación de barreras anti capilares como los que se implementan durante el proceso constructivo de las obras.

El método más antiguo para manejar la humedad a través de la capilaridad en las paredes, una técnica que ha sido recomendada desde los tiempos de Vitruvio, consiste en la instalación de sistemas de drenaje subterráneo a lo largo de la estructura de albañilería. Este drenaje puede llenarse con material granular grueso o dejarse vacío con rejillas de inspección al nivel del suelo. En cualquier caso, es esencial colocar un sistema de drenaje eficaz en la base. Se anticipa que este enfoque reducirá la entrada de agua procedente del suelo adyacente a la base de la pared y, en el caso de canales vacíos, también mejorará la evaporación de la humedad desde la base. El propósito principal de este método es prevenir la entrada de agua (Franzoni E, 2018).

3.5.3 Control para humedad por condensación

Este tipo de humedad está relacionado a la temperatura y condiciones del ambiente, por lo cual los métodos de control irán también relacionados a estas. Lo anterior se puede lograr mediante un control de aparatos y condiciones que emitan vapor, así como una correcta ventilación dentro de la construcción, ya sea mediante un protocolo que indique específicamente la manera de realizar actividades sin que estas representen gran cantidad de condensación, o una solución menos intensiva la cual es el uso de deshumidificadores.

En la actualidad existe gran variedad de deshumidificadores, los cuales garantizan evitar la condensación, pero conllevan muchos inconvenientes como su complicada instalación y alto costo, por lo que una opción más viable es el uso de dispositivos cuyo funcionamiento consiste en ventilar la zona con la temperatura deseada a través de la absorción y filtración del aire exterior (Pipiriate, 2017).

3.5.4 Control para humedad accidental

Para controlar el tipo de humedades accidentales, lo principal es ubicar el origen de la humedad y realizar las reparaciones pertinentes en cuanto a fugas, fisuras, entre otras cuestiones que estén ocasionando el fenómeno. Esto puede ser posible con equipos electrónicos conocidos como geófonos, los cuales son económicamente accesibles y son de mucha ayuda en caso de no contar con los planos de las instalaciones hidráulicas de la construcción. Una vez reparados los daños, se debe realizar un proceso de drenado y limpieza similar al de la humedad por filtración y reparar los acabados del muro (Serna, Moreno 2016).

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

METODOLOGÍA



4. Metodología

Dado el tipo de investigación, se realizará una metodología experimental que se llevará a cabo en un laboratorio mediante condiciones controladas, para de esta manera obtener un modelo eficiente que nos permita detectar y controlar la presencia de humedad en un muro, a continuación se presenta la metodología aplicada y diseñada en este proyecto de investigación:

- A. Identificar y describir los tipos de humedad que serán objetivo de estudio, así como de simulación, basado en la información capturada acerca de la incidencia y las condiciones propicias para el desarrollo de las humedades.
- B. Seleccionar y elaborar los tipos de probetas que serán sometidos a las condiciones de humedad para el desarrollo de esta, basado en los recursos económicos, así como el tiempo para su elaboración y estudio.
- C. Detección del comportamiento de la humedad mediante el uso de técnicas disponibles en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- D. Implementación de métodos de control de humedades, dadas las características de las patologías presentes en las probetas y el tipo de muro en el que se presenta.
- E. Análisis y organización económica, cuantitativa y cualitativa de los resultados obtenidos según los métodos aplicados a los distintos tipos de humedad presentes en las probetas de estudio.
- F. Propuesta de la metodología más adecuada tomando en cuenta las técnicas de control, el tipo de humedad, el tipo de muro y las patologías presentes en este, para evaluar una ruta técnica eficiente según cada caso de estudio.

G. Conclusión de los resultados, con respecto a la eficiencia y viabilidad tanto económica, cuantitativa y cualitativa en las rutas técnicas de las metodologías aplicables para cada caso de estudio.

4.1 Diseño de la investigación

El propósito de la investigación será identificar una ruta metodológica eficiente para controlar la humedad en muros, dadas las condiciones de las probetas, así como su viabilidad, a través de un diseño cuantitativo. Pues es importante recopilar información que se pueda procesar y evaluar para obtener conclusiones estadísticas y determinar los métodos que pueden ser más eficientes y competentes en el mercado actual.

4.2 Tipo de investigación

El objetivo perseguido de la investigación se aplicará a la realidad, mediante un análisis concreto de probetas, por lo que se trata de un tipo de investigación aplicada. Además, se plantea la identificación correlacional entre las variables existentes para descubrir cómo se alteran entre los cambios de estas, por lo cual el nivel de profundización será correlacional. Además, las variables se manipularán de manera controlada, reproduciéndolas en las probetas de experimentación, por lo que se tratará de un tipo experimental. Las hipótesis estarán basadas en el marco teórico, comprobándolas de manera empírica para la obtención de las conclusiones, por lo que se asume que el tipo de inferencia será Hipotética-deductiva. Es cuantitativa debido a que los datos extraídos de las variables son medibles y cuantificables. Y para finalizar dado que el periodo de tiempo es en un momento concreto se trata de una investigación transversal.

Así pues, podemos definir a la investigación como: Aplicada, correlacional, hipotética-deductiva, experimental, cuantitativa y transversal.



4.3 Operacionalización de variables

Tabla 1, Tabla de Operacionalización de Variables.

Variable Nominal	Descripción de la variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Humedad en Muros	Fenómeno en el cual mediante la infiltración de líquidos, un muro presenta cierto volumen del líquido en su interior.	Área Afectada	Resistividad Eléctrica, Diferencial de Temperatura	Higrómetro, Cámara Termográfica
		Patologías Asociadas	Lesiones, eflorescencias, manchas, ampollas, estallidos, entre otros.	Observación y mapeo
		Contenido de Humedad	Porcentaje de humedad contenida	Método gravimétrico, de resistencia eléctrica
Materiales Constitutivos del Muro	Elementos constructivos con los que se elaborarán los muros que serán sometidos al estudio, basados en la construcción actual de muros y que influyen en el comportamiento de la humedad.	Sustrato	Densidad, Porosidad, Transmisividad	MIP (MIP method (Micromeritics-AutoPore IV 9500, America)
		Recubrimiento	Densidad, Porosidad, Transmisividad, Espesor del recubrimiento	Ensayo por ciclos de pesado y secado
Contexto físico ambiental	Ambiente físico mediante el cual se origina la humedad y que determina las condiciones y el comportamiento de la misma, tales como el origen, la presencia, cantidad y comportamiento.	Fuente de Humedad	Origen, ubicación de la fuente.	Observación y mapeo
		Tipo de Humedad	Filtración, Capilaridad, Condensación, Accidental	Patologías visibles, presencia de la humedad, observación
		Temperatura	Humedad en el ambiente, temperatura ambiental	Termómetro, higrómetro, XRD
		Costo	Valor, comercial, rendimiento del producto, rendimiento de la mano de obra.	Cotizaciones, medición de los materiales
		Eficacia del método	Presencia de humedad posterior a la aplicación del método, reincidencia de patologías.	Higrómetro, cámara termográfica.
Metodos de control de la humedad	Procedimientos principales a los que se someterán las probetas, con los cuales se planea realizar la corrección adecuada para controlar la humedad en los muros.	Facilidad de aplicación	Rapidez y calidad en la aplicación de los métodos.	Fichas técnicas, instructivos, entrevistas con personal de mano de obra.

4.4 Determinación de la muestra

Dadas las condiciones del mercado inmobiliario actual y tomando en cuenta los materiales con los que actualmente están construidas la mayoría de las obras civiles. Se realizarán probetas con 2 tipos principales de sustrato que consisten en ladrillo rojo recocido y block de concreto hueco, que, a su vez, tendrán 2 tipos de recubrimiento, los cuales consistirán en mortero base de cemento y yeso.

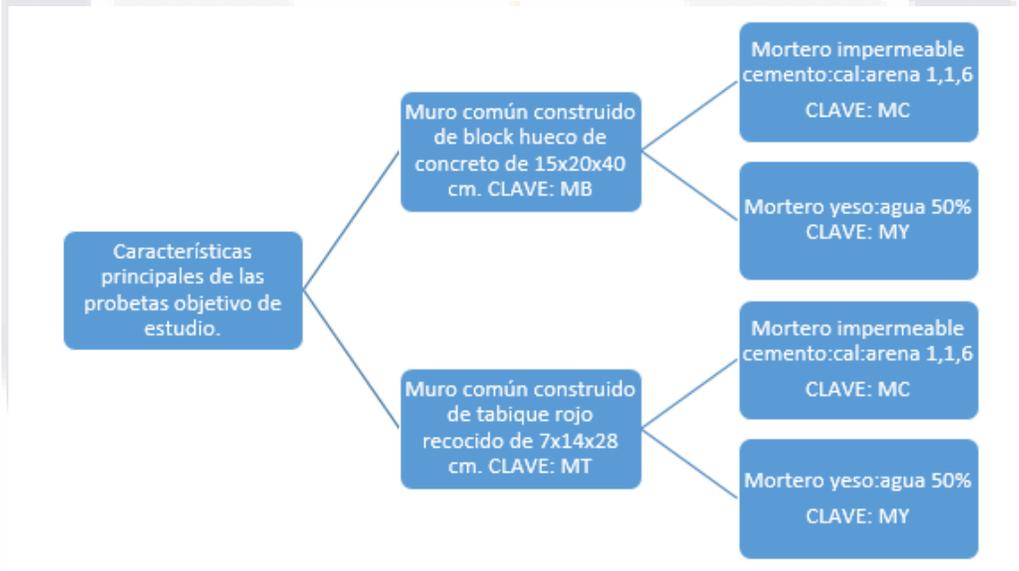


Ilustración 20 Especificación de las características con las que se construirán las probetas que serán sometidas al estudio. Imagen del autor.

Además, cada probeta construida será sujeta a las condiciones pertinentes para generar humedad por capilaridad, debido a que son aquellas que causan una mayor penetración en elementos constructivos y por ende un mayor desgaste y

estragos más graves, siendo también el tipo de humedad más común presente en viviendas actuales.



Ilustración 21 Humedades a las que se expondrá cada probeta. Imagen del autor.

Una vez generadas las condiciones de humedad en los muros, cada probeta será monitoreada mediante 2 tipos principales de detección de humedad, disponibles en la Universidad Autónoma de Aguascalientes, siendo estos la cámara térmica y el medidor de conductividad de clavijas.

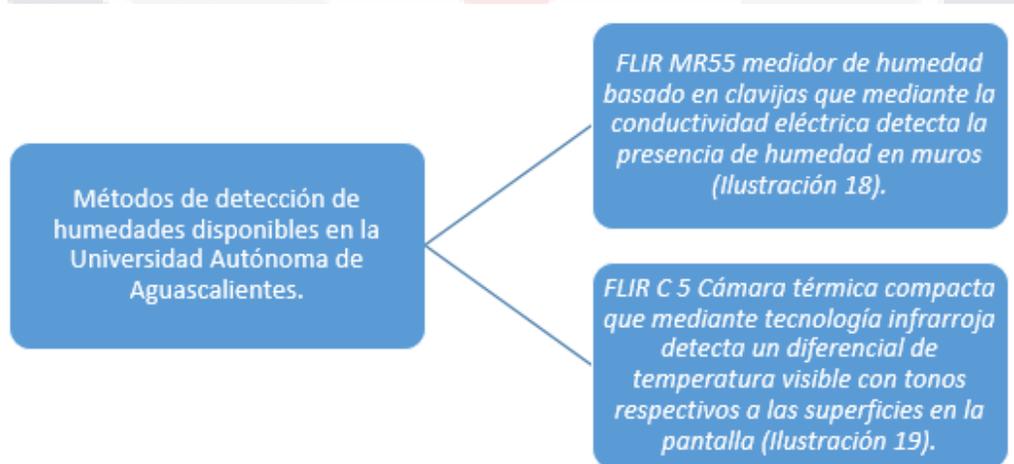


Ilustración 22 Métodos con los que se estudiará la presencia de humedades en las probetas. Imagen del autor.

Posteriormente se llevará a cabo la aplicación de métodos correctivos para el control de humedades en los muros, aplicando 2 métodos de control de humedad por capilaridad.

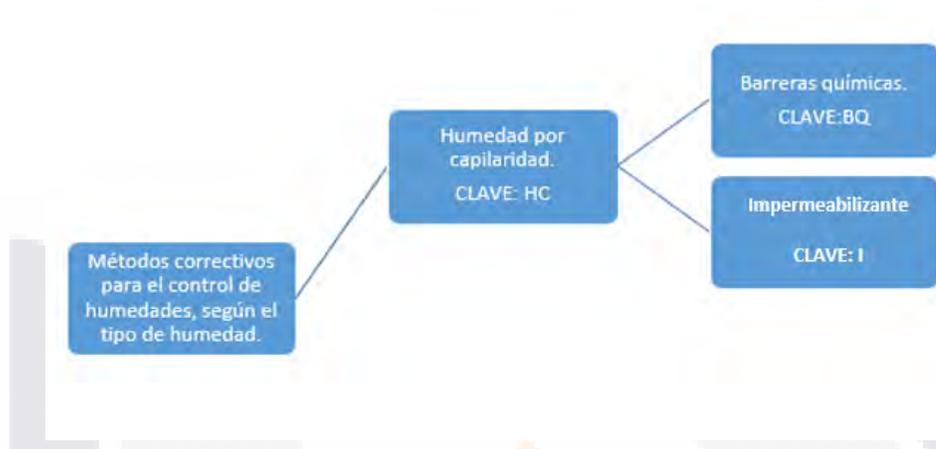


Ilustración 23 Métodos de control de humedades que se aplicarán a los muros. Imagen del autor.

Finalmente se volverá a estudiar la presencia de humedad en los muros, una vez aplicados los métodos de control pertinentes para analizar su eficacia y efectividad, así como la reincidencia de la humedad de ser el caso.

En el siguiente mapa conceptual se muestra el desglose de las muestras, donde se determinan 2 tipos de sustratos, 2 tipos de recubrimiento, 2 tipos de humedad y 2 métodos de control para cada uno de ellos para un total de 16 probetas finales que, a su vez, serán estudiada mediante el uso de 2 herramientas disponibles en la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

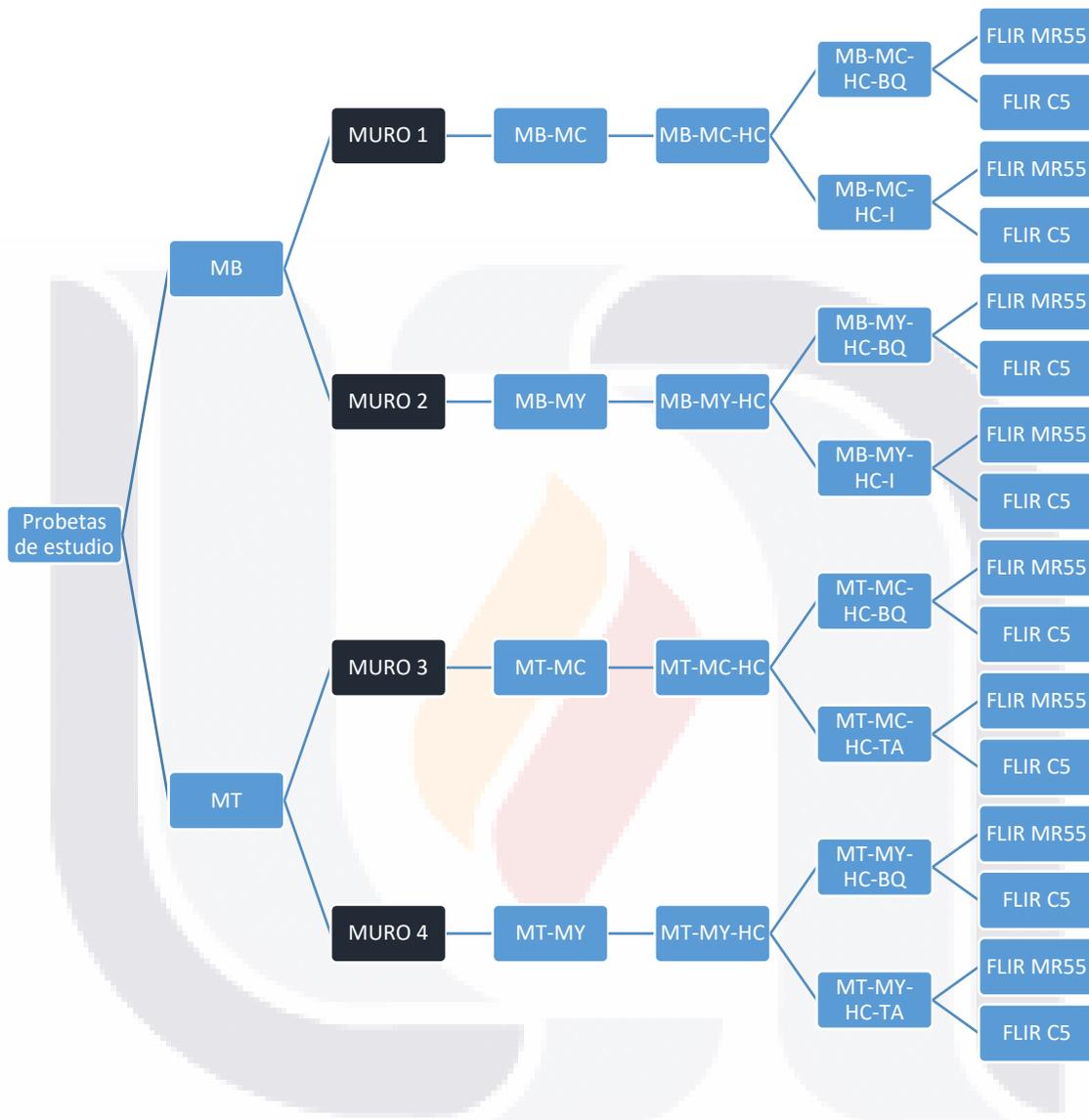


Ilustración 24. Desglose de las muestras con sus respectivas pruebas y métodos de control, destacando en color azul oscuro los muros que se construirán. Imagen del autor.

Se diseñó un modelo digital de las probetas, con el objetivo de controlar la aplicación de agua al muro y evitar que esta se vierta, manteniéndola en un área específica para forzar su ascenso al muro y recrear las condiciones en las que se genera la humedad por capilaridad.



Ilustración 25 Propuesta inicial de prueba para generar las condiciones de humedad por capilaridad. Imagen del autor.

4.5 Preliminares de la campaña experimental

La campaña experimental se desarrolla en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, en el laboratorio de construcción del edificio 34, se designó un área con las propiedades de ambiente adecuadas para llevar a cabo un control de las condiciones más preciso y reducir los márgenes de error que se pudieran presentar al momento de realizar las pruebas con los materiales o equipos requeridos para la experimentación.



Ilustración 26. Google maps, Ubicación del Edificio 34 dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Para generar las condiciones adecuadas de las probetas y tomando como base el modelo anteriormente propuesto, se diseñó una cuneta para construir los muros dentro de esta y posteriormente verter agua dentro, recreando las condiciones en las que se origina la humedad por capilaridad. Estas cunetas se montaron con ladrillo de concreto de dos huecos de medidas 30*15*15 cm, enfilados sobre un hule de plástico previamente extendido y recubiertos nuevamente con hule de plástico para crear una capa impermeable que impida la infiltración de agua a cualquier sitio no deseado.

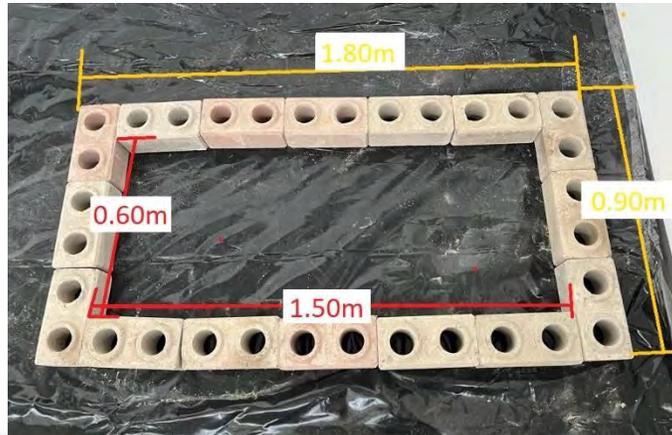


Ilustración 27 base de la cuneta, montado con block de concreto hueco. Imagen del autor.

4.6 Construcción de probetas

Como se había definido anteriormente, se construyeron 4 muros, de 2 sustratos y 2 recubrimientos cada uno, definiéndolos de la siguiente manera:

Tabla 2. Tabla del autor, desglose de la construcción de las probetas.

Probeta	Sustrato	Recubrimiento
Muro 1	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)
Muro 2	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Mortero cemento cal arena (1:1:6)
Muro 3	Ladrillo rojo recocado 7*14*28 cm	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)
Muro 4	Ladrillo rojo recocado 7*14*28 cm	Mortero cemento cal arena (1:1:6)

Las medidas de todos los muros sin recubrir son de 1m*1m con sus respectivas juntas de 1 cm. aproximadamente y con mortero 1:1:6 y los recubrimientos fueron de entre 1 a 1.5 cm.



*Ilustración 28 Muro de sustrato de block de concreto hueco 15*20*40 cm (Muro 1 y 2). Imagen del autor.*



*Ilustración 29 Muro de sustrato de ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm (Muro 3 y 4). Imagen del autor.*

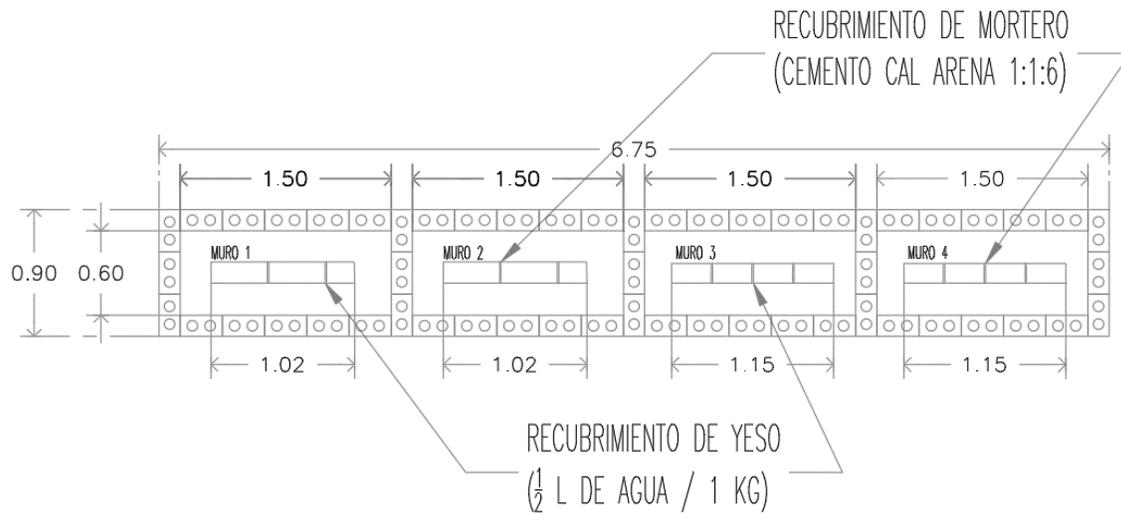


Ilustración 30 Muro recubierto de Yeso (Muro 1 y 3). Imagen del autor.



Ilustración 31 Muro recubierto de mortero 1:1:6 (cemento, cal, arena), (Muro 2 y 4). Imagen del autor.

4.7 Planos esquemáticos



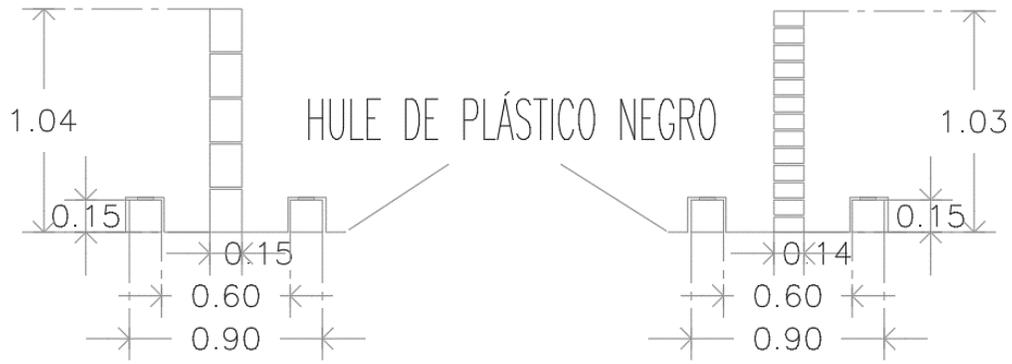
SIMBOLOGÍA PARA CONSTRUCCION DE MUROS

- BLOCK HUECO DE CONCRETO 15*15*30 CM
- MURO DE BLOCK HUECO DE CONCRETO 15*20*40 CM
- MURO DE BLOCK LADRILLO ROJO RECOCIDO 7*14*28 CM

Ilustración 32 Vista en planta de la distribución de las probetas. Imagen del autor.



Ilustración 33 Vista de frente de la distribución de las probetas. Imagen del autor.



SIMBOLOGÍA PARA CONSTRUCCION DE MUROS

-  BLOCK HUECO DE CONCRETO 15*15*30 CM
-  MURO DE BLOCK HUECO DE CONCRETO 15*20*40 CM
-  MURO DE BLOCK LADRILLO ROJO RECOCIDO 7*14*28 CM

Ilustración 34 Corte de los muros de block de concreto y ladrillo rojo, vista en corte de los muros de block de concreto y ladrillo rojo. Imagen del autor.



4.8 Equipos de detección

4.8.1 FLIR MR55

Se trata de un medidor de humedad con clavija cuyos resultados son enviados a cualquier dispositivo móvil mediante bluetooth, a través del principio de resistencia eléctrica mediante sus clavijas nos muestra la humedad relativa del material en un rango de $0-20 \pm 5 \%$ / Precisión de: $\pm 4 \%$; rango $20-80 \pm 3,5 \%$ / Precisión de: $\pm 2 \%$, pudiendo manipularse en un rango de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a $60 \text{ }^\circ\text{C}$, las mediciones que se realizan son compensan automáticamente la temperatura ambiente (Teledyne FLIR LLC, 2021).



Ilustración 35. FLIR MR 55 Medidor de humedad con clavija y Bluetooth (Teledyne FLIR LLC, 2021).

4.8.2 FLIR C5

La FLIR C5 es una cámara termográfica que mediante la tecnología infrarroja detecta y refleja cambios de temperatura aparente con compensación atmosférica, “con una precisión a temperatura ambiente, de 15 a 35 °C y temperatura del objeto superior a 0 °C, de 0 a 100 °C: ± 3 °C, de 100 a 400 °C: ± 3 % y un rango de temperatura desde los -20°C hasta los 400°C” (Teledyne FLIR LLC, 2021).



Ilustración 36. FLIR C5 Cámara térmica compacta (Teledyne FLIR LLC, 2021).

4.9 Modelo de ejecución de la campaña experimental

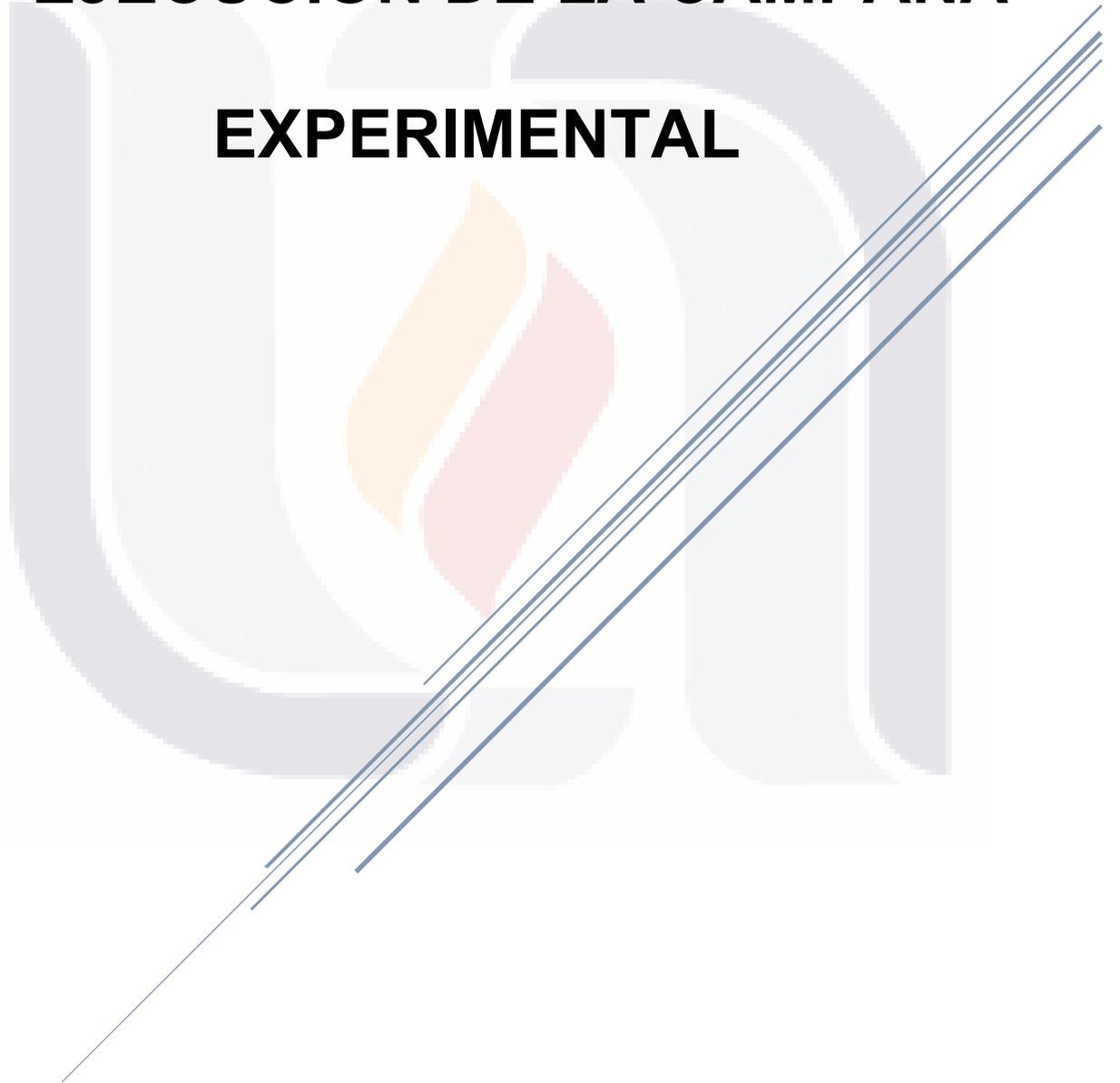
Se realizaron en total 60 rondas de lecturas a las probetas a lo largo de toda la campaña experimental, para fines prácticos y realizar un análisis de resultados con una comparativa simplificada cuyo estudio resulte más sencillo de entender, se tomaran las rondas más significativas durante la campaña, considerando además que el software SURFER 16 impide realizar esquemas con un mismo valor en el sistema de coordenadas, se considerarán las 15:00 horas del día siguiente a partir de la primera lectura y hasta la última lectura con humedad legible, siendo estas las siguientes:

- A. 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura.
- B. Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña (Día en el que la cuenca se encontró seca).
- C. Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña (Día en el que la cuenca se encontró seca).
- D. Última lectura con humedad presente en la probeta.

Para cada probeta la lectura de máxima absorción tanto en la primera parte, como en la segunda parte de la campaña es variable, sin embargo, existen casos en los que la primera lectura se tomó después del máximo grado de absorción debido a la velocidad de absorción con respecto a la altura de absorción de la probeta.

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

**EJECUCIÓN DE LA CAMPAÑA
EXPERIMENTAL**



5. Ejecución de campaña experimental

5.1 Definición de la campaña experimental

Una vez terminadas las pruebas piloto en cada una de las probetas secas, establecido su nivel mínimo de humedad se continuó con la ejecución de la campaña experimental, dividida en dos partes, la primera parte de la campaña experimental se llevó a cabo a partir del 9 de enero y hasta el 17 de febrero del 2023, posteriormente y hasta el comienzo de la segunda parte, las probetas estuvieron en un tiempo de reposo y transición en el cual se les aplicaron trabajos de limpieza, reparación parcial y adaptación para continuar con la segunda parte de la campaña experimental, la cual se llevó a cabo desde el 1 de marzo al 4 de abril del 2023.

5.2 Prueba piloto de equipos de detección con muros secos

Las probetas se dejaron secar a lo largo de seis semanas, debido a que en condiciones aisladas se requiere más tiempo en expulsar la humedad contenida en los materiales para su construcción, una vez pasado este lapso se llevaron a cabo mediciones con el FLIR MR55 y la FLIR C5 a cada uno de los muros para registrar un control de las condiciones óptimas de estos, es decir, un muro seco, sin problemas de humedad por capilaridad ni fenómenos derivados de la misma. Para fines prácticos se marcaron los muros y se dividieron en cuadrantes a cada 20 cm (Ilustración 37).

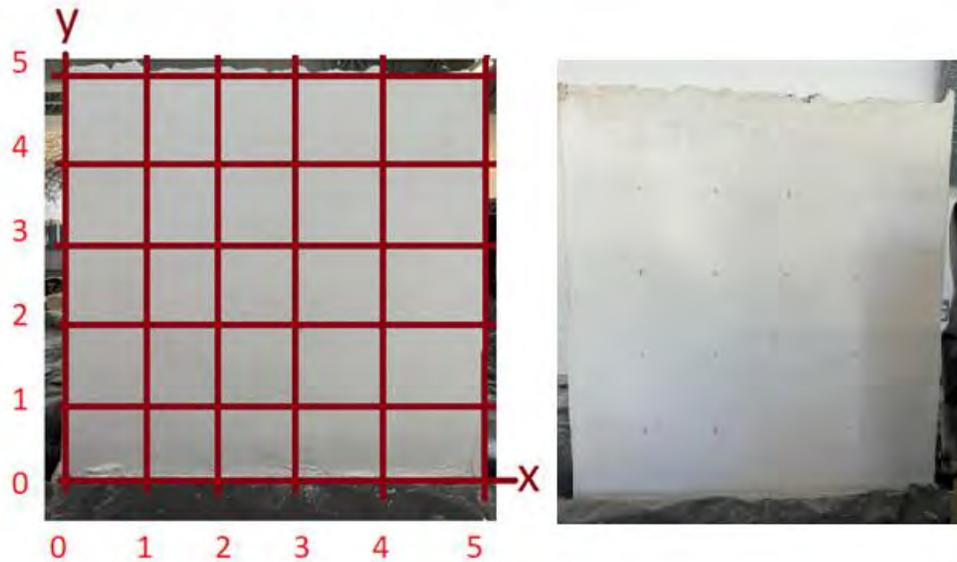


Ilustración 37 División del muro en cuadrantes. Imagen del autor.

Una de las pruebas iniciales para establecer un control con respecto a la humedad que podría contener el muro es medir los contenidos de humedad de los sustratos con el FLIR MR55, obteniendo un contenido de humedad del 1% para el block de concreto (ilustración 38) y 2% para el ladrillo rojo recocido (ilustración 39).



Ilustración 38 Medida de contenido de humedad del Block de concreto hueco con el FLIR MR55. Imagen del autor.



Ilustración 39 Medida de contenido de humedad del Ladrillo rojo recocido con el FLIR MR55. Imagen del autor.

5.2.1 Prueba piloto de FLIR MR55 con muros secos

Para hacer uso del FLIR MR55 se selecciona el grupo de materiales 11, correspondiente a muros de mampostería y derivados de acuerdo con su manual de uso, se clava en el muro aproximadamente 2mm y se toma la lectura reflejada en la pantalla o en la aplicación móvil (Ilustración 40).

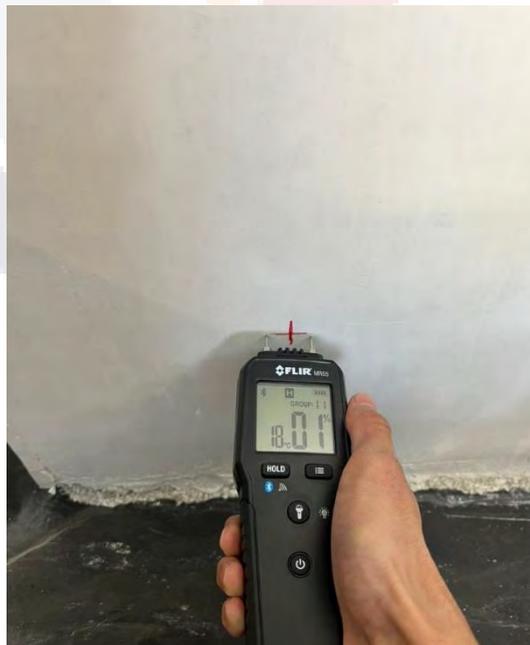


Ilustración 40 Toma de lectura en muro con el FLIR MR55, donde nos indica el grupo de materiales, la temperatura ambiente y el porcentaje de humedad en la zona. Imagen del autor.

Resultados FLIR MR55 Muro 1:

Temperatura: 18°C

Grupo de Materiales: 11

Sustrato: Block hueco de concreto 15*20*40 cm.

Recubrimiento: Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)

Lado A



Ilustración 41 Muro 1, Lado A. Imagen del autor.

Tabla 3. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 1, Lado A.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Lado B



Ilustración 42 Muro 1, Lado B. Imagen del autor.

Tabla 4. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 1, Lado B.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Resultados FLIR MR55 Muro 2:

Temperatura: 18°C

Grupo de Materiales: 11

Sustrato: Block hueco de concreto 15*20*40 cm.

Recubrimiento: Mortero cemento cal arena (1:1:6)

Lado A



Ilustración 43 Muro 2, Lado A. Imagen del autor.

Tabla 5. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 2, Lado A.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Lado B



Ilustración 44 Muro 2, Lado B. Imagen del autor.

Tabla 6. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 2, Lado B.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Resultados FLIR MR55 Muro 3:

Temperatura: 18°C

Grupo de Materiales: 11

Sustrato: Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.

Recubrimiento: Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)

Lado A.



Ilustración 45 Muro 3, Lado A. Imagen del autor.

Tabla 7. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 3, Lado A.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0
1	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Lado B



Ilustración 46 Muro 3, Lado B. Imagen del autor.

Tabla 8. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 3, Lado B.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0
1	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0
0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Resultados FLIR MR55 Muro 4:

Temperatura: 18°C

Grupo de Materiales: 11

Sustrato: Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.

Recubrimiento: Mortero cemento cal arena (1:1:6)

Lado A



Ilustración 47 Muro 4, Lado A. Imagen del autor.

Tabla 9. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 4, Lado A.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Lado B



Ilustración 48 Muro 4, Lado B. Imagen del autor.

Tabla 10. Tabla del autor, medidas del porcentaje de humedad, Muro 4, Lado B.

%HUMEDAD	0	1	2	3	4	5
5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

5.2.2 Prueba piloto de FLIR C5 con muros secos

Resultados FLIR C5 Muro 1 Lados A y B.

Sustrato: Block hueco de concreto 15*20*40cm.

Recubrimiento: Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)

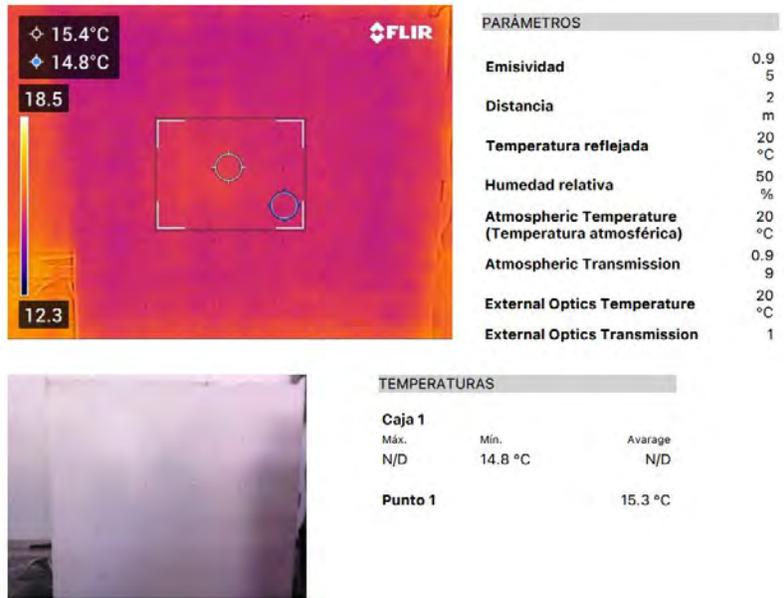


Ilustración 49 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 1, Lado A. Imagen del autor.



Ilustración 50 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 1, Lado B. Imagen del autor.

Resultados FLIR C5 Muro 2 Lados A y B.

Sustrato: Block hueco de concreto 15*20*40cm.

Recubrimiento: Mortero cemento cal arena (1:1:6)

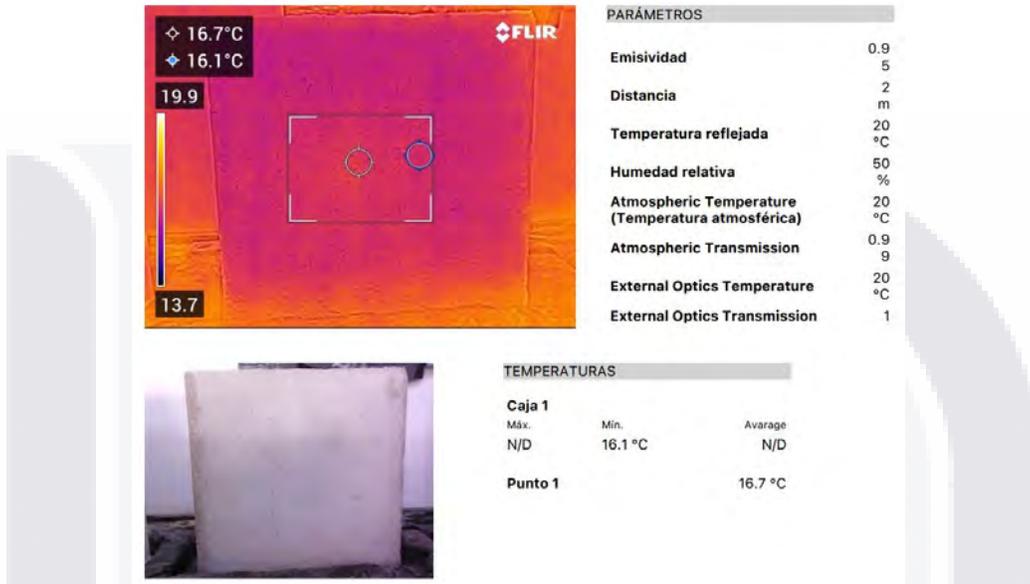


Ilustración 51 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 2, Lado A. Imagen del autor.



Ilustración 51 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 2, Lado B. Imagen del autor.

Resultados FLIR C5 Muro 3 Lados A y B.

Sustrato: Ladrillo rojo recocido 7*14*28cm.

Recubrimiento: Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)

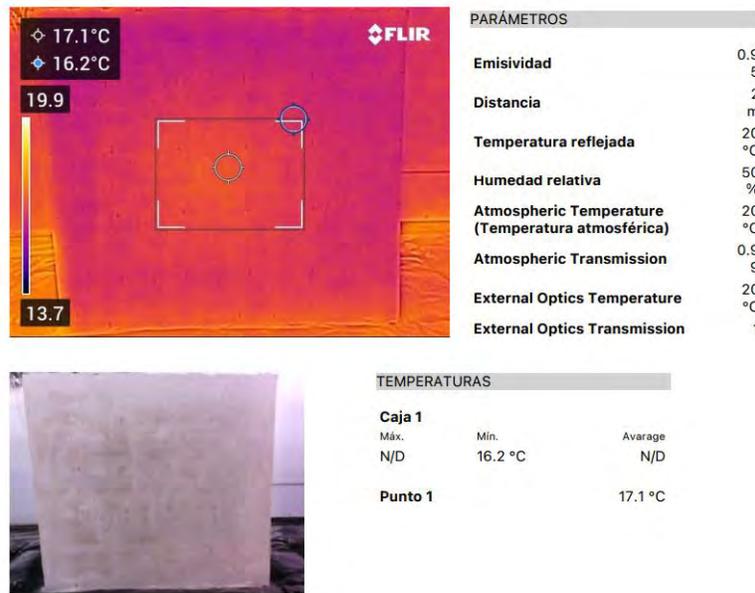


Ilustración 52 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 3, Lado A. Imagen del autor.

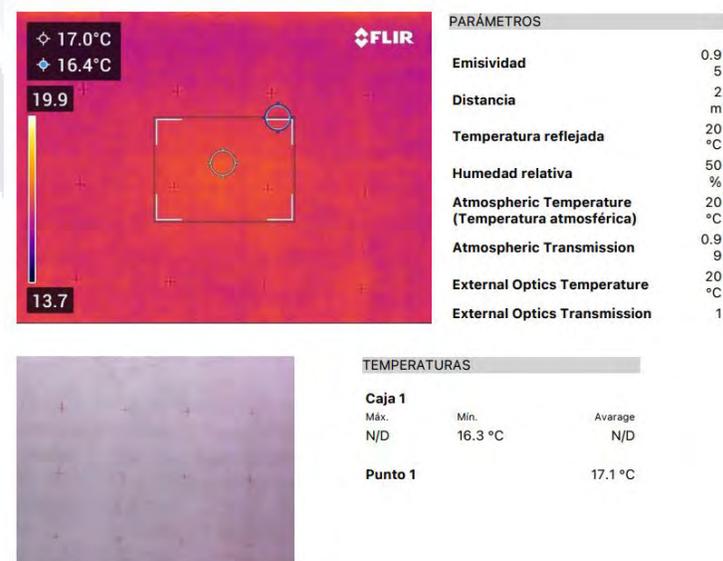


Ilustración 53 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 3, Lado B. Imagen del autor.

Resultados FLIR C5 Muro 4 Lados A y B.

Sustrato: Ladrillo rojo recocido 7*14*28cm.

Recubrimiento: Mortero cemento cal arena (1:1:6)

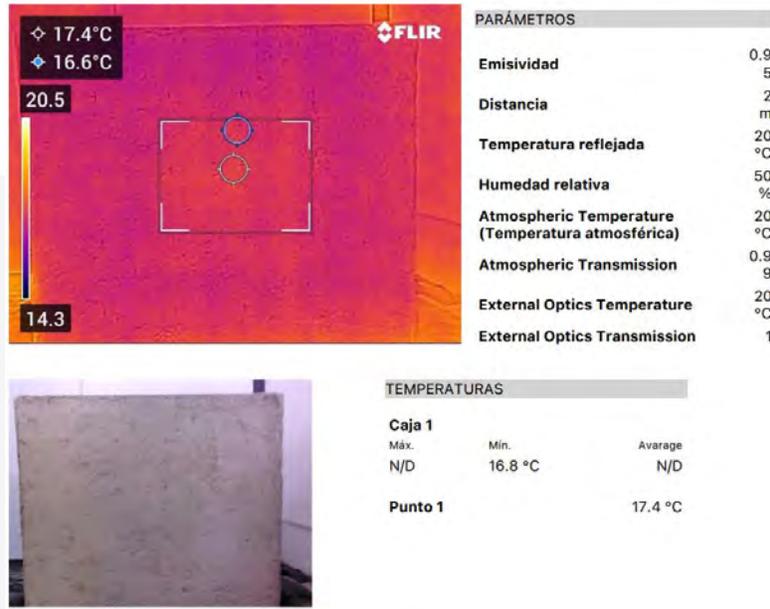


Ilustración 54 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 4, Lado A. Imagen del autor.

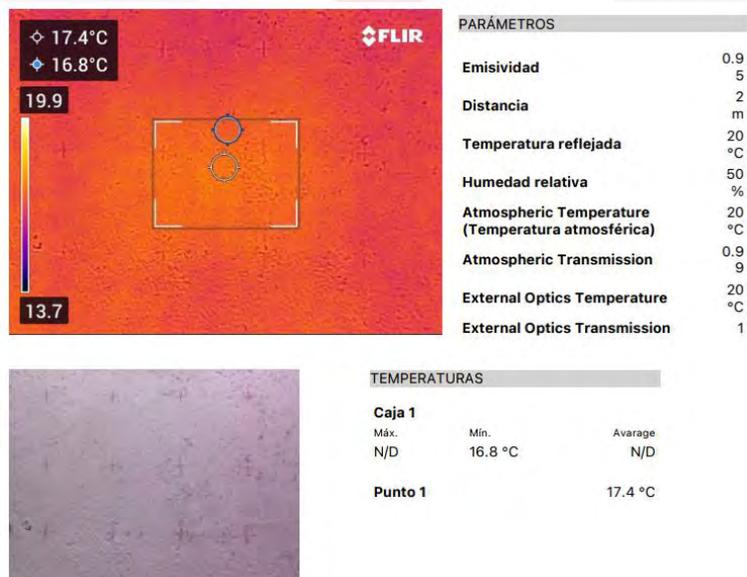


Ilustración 55 Generada en FLIR Tools #496 (aplicación móvil), Muro 4, Lado B. Imagen del autor.

Los resultados de la prueba piloto fueron los esperados, mostrándonos las condiciones óptimas de humedad para cada una de las probetas, siendo los resultados más precisos los realizados con el higrómetro pues en la cámara termográfica se observa únicamente una continuidad en la gama de colores debido al equilibrio de temperatura en toda la región de las probetas, una vez que haya presencia de humedad esta gama de colores variará en tono al comportamiento del fenómeno.

5.3 Primera parte de la campaña experimental.

Como ya se mencionó la primera campaña experimental se realizó a lo largo de 39 días, el primer paso fue verter 20 litros de agua en cada una de las cuencas en las que se encontraban inmersas las probetas, la cantidad fue la misma para todas, para así reconocer las distinciones entre los comportamientos de cada muro.



Ilustración 56 Cuenca de probeta anegada con 20 litros de agua. Imagen del autor.

Posteriormente se procedió a tomar lecturas con los dispositivos FLIR MR55 y FLIR C5, el primer día fue de suma importancia, debido a que no se tenía establecida la velocidad con la que el agua de la cuenca ascendía a través de las

probetas, se realizaron lecturas de manera progresiva entre los lapsos de tiempo para de esta manera determinar un tiempo más preciso entre los que se iban a tomar las lecturas.

Tabla 11. Tabla del autor, Horario de lecturas en el día 1 de cada parte de la campaña.

Lectura día 1	Hora
1	10:00
2	10:15
3	10:30
4	11:30
5	12:30
6	13:30
7	14:30
8	16:00
9	18:00
10	21:00

El procedimiento de lectura, así como el horario, fue el mismo para cada una de las probetas y sus lados, a pesar de que la velocidad de absorción era distinta para cada muro, no se dejó de tomar lectura de ningún lado del muro hasta que este presentaba un porcentaje de humedad igual al del inicio de la campaña, es decir, hasta que el muro estaba seco, esto fue lo que definió los tiempos de la campaña. Cada probeta mostró tiempos de absorción distintos, así como sus tiempos de secado, para cada uno de estos se tomó el tiempo en el que el agua de las cuencas estaba totalmente contenida dentro del muro debido a su capilaridad.



Ilustración 57 Diferencia entre niveles de humedad capilar y agua en la cuenca. Imagen del autor.

5.4 Intermedio de la campaña experimental.

Este lapso se encuentra entre el final de la primera parte y el inicio de la segunda parte de la campaña, durante estas fechas se llevaron a cabo trabajos de limpieza de los muros, pues habían presentado eflorescencias, manchas, salitre, entre otras afecciones a causa de la humedad. Además, se llevaron a cabo la aplicación de los productos para el control de la humedad, en el lado A de las probetas se aplicó el Sikamur InyectaCream-100, mientras que en el lado B, se aplicó el Sika Zero Salitre (Ilustración 58), siguiendo las recomendaciones del fabricante.



Ilustración 58 Productos Sika que se aplicaron a las probetas. Imagen del autor.

Para ambos productos se lijó y limpió el área de aplicación. En el caso del Sikamur InyectaCream-100 se procedió a barrenar el área con una broca de 1/2" a cada 12 cm aproximadamente (Ilustración 59), posteriormente se limpiaron los orificios y se aplicó el químico hasta que este sobresaliera de la abertura.



Ilustración 59 Orificios en muro a cada 12 cm. Imagen del autor.



Ilustración 61 Barrenado de orificios con broca de 1/2". Imagen del autor.



Ilustración 60 Aplicación de Sikamur InjectoCream-100. Imagen del autor.



Ilustración 62 Llenado de orificios con barrera química. Imagen del autor.

Para la aplicación del Sika Zero Salitre se realizó con una brocha mediante 3 capas hasta una altura de 60 cm dejando secar 3 horas entre cada capa (Ilustración 63).



Ilustración 63 Aplicación de Sika Zero Salitre. Imagen del autor.

5.5 Segunda parte de la campaña experimental.

Una vez aplicados los químicos para el tratamiento de la humedad y después de un lapso de por lo menos 24 horas, se procedió a inundar nuevamente las probetas, para de nueva cuenta realizar las lecturas con los equipos FLIR MR55 y FLIR C5, en los mismos horarios de la primera parte del día 1 (tabla 11) para elaborar una comparativa entre los resultados de las probetas. Esta segunda parte de la campaña se llevó a cabo a lo largo de 34 días, definidos por los ciclos de absorción y secado de las probetas, se puede observar un tiempo de 5 días menor con respecto a la primera parte, lo cual nos da indicios de la eficiencia de los productos al liberar la humedad, lo cual se analizará en la parte de análisis de resultados.



Ilustración 64 Probeta con los productos de control aplicados durante la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



6. Resultados y discusión

6.1 Análisis de métodos de medición

Al finalizar la campaña experimental, haciendo uso de ambos dispositivos para todas las lecturas realizadas, se puede hacer una comparativa entre los métodos, siendo el método más veloz la cámara termográfica FLIR C5, debido a que solo se requiere de una fotografía por lado de muro para realizar un análisis superficial del contenido de humedad de la probeta, sin embargo este método resulta ligeramente afectado por las condiciones de absorción de temperatura de las probetas, por lo cual no llega a ser tan preciso como si lo es el medidor FLIR MR55 (Ilustración 65 b), un medidor que conlleva más tiempo, pues se tienen que tomar lecturas en cada punto clave, así como después realizar un procesamiento a través del programa SURFER 16 (Ilustración 65 a) de los datos para transformarlos en una imagen que nos proporcione una visión más adecuada del comportamiento de la humedad a través de los muros, otorgándonos mayor precisión y una imagen más clara de la capilaridad que sufren las probetas.

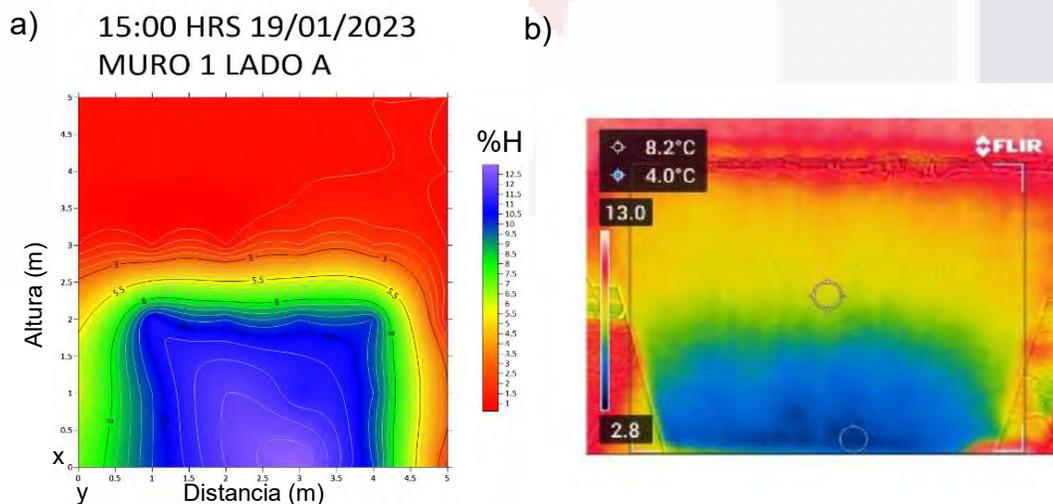


Ilustración 65 Comparativa 1 de los dispositivos de medición, a) lecturas tomadas con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados en % de humedad, b) imagen tomada por la cámara FLIR C5 procesada en el programa FLIR TOOLS. Imagen del autor.

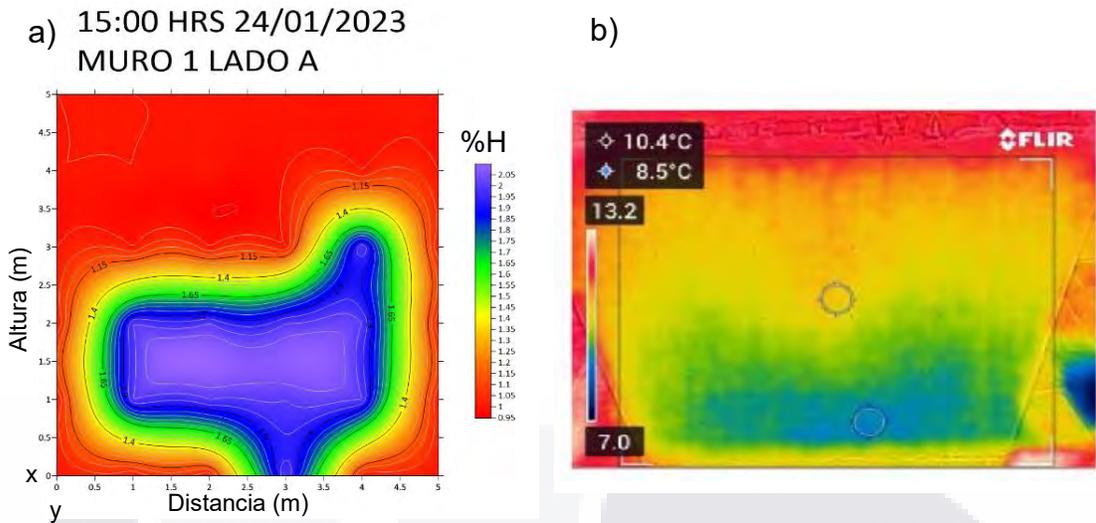


Ilustración 66 Comparativa 2 de los dispositivos de medición, a) lecturas tomadas con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados en % de humedad, b) imagen tomada por la cámara FLIR C5 procesada en el programa FLIR TOOLS. Imagen del autor.

Se puede observar un diferencial de colores que a medida que avanza el tiempo de lectura se va incrementando entre los métodos, además, se debe tomar en cuenta el hecho de que la cámara FLIR C5 (ilustración 66 b) nos arroja únicamente lecturas sobre el diferencial de temperatura, mientras que las lecturas tomadas por el FLIR MR55 (ilustración 66 a) si nos indica el porcentaje de humedad a través de los materiales que componen las probetas, es por esto que nuestro principal indicador de presencia de humedad será el FLIR MR55 (Ilustración 67), mientras que la cámara FLIR C5 únicamente nos servirá como auxiliar en la detección inicial de presencia de humedad.

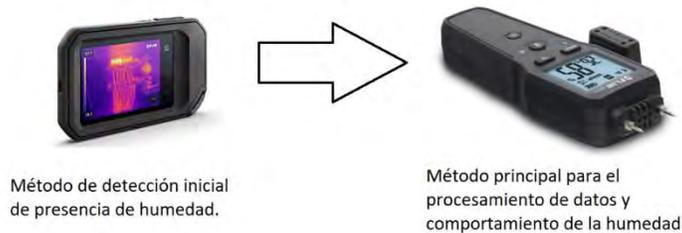


Ilustración 67 Relación entre los métodos de detección de humedades utilizados para la ejecución de la campaña experimental. Imagen del autor.

6.2 Análisis de resultados

Los resultados se muestran a continuación en los diagramas generados con las 2 técnicas de detección aplicadas en los lados A y B de las probetas con la nomenclatura siguiente:

- A) Lado A de la probeta, diagrama generado con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados mostrados en % de humedad.
- B) Lado A de la probeta, imagen generada con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados mostrados en °C.
- C) Lado B de la probeta, diagrama generado con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados mostrados en % de humedad.
- D) Lado B de la probeta, imagen generada con el FLIR MR55 procesadas en SURFER 16, resultados mostrados en °C.

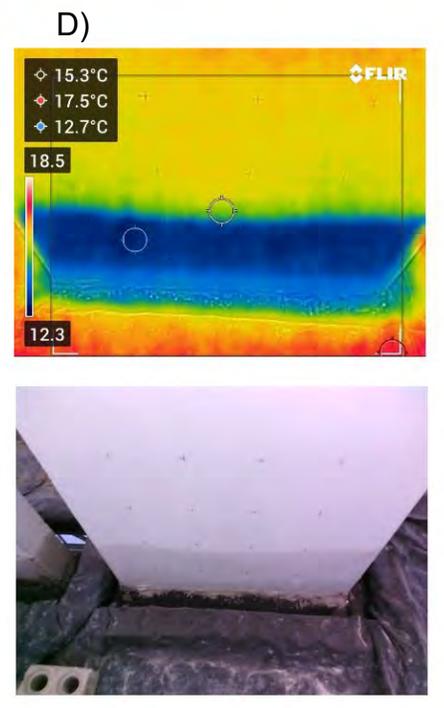
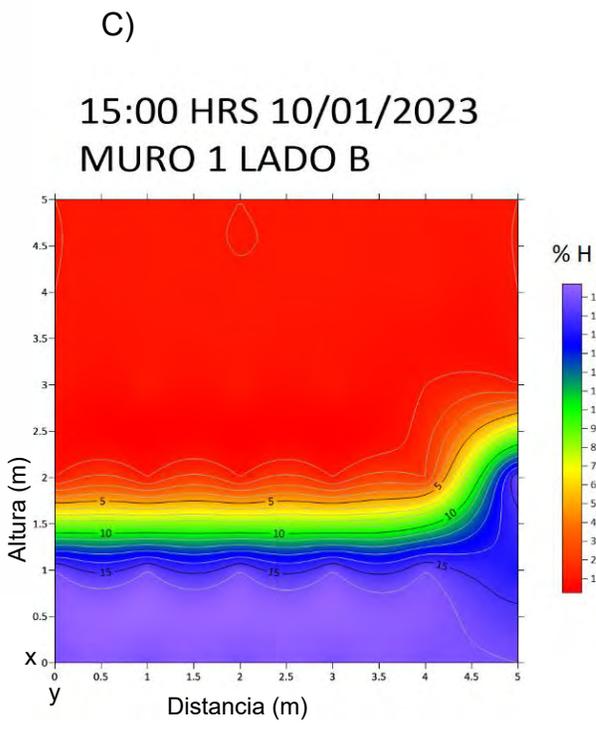
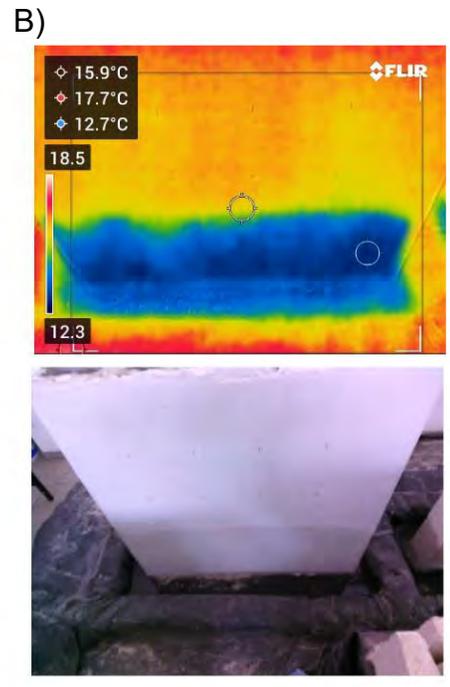
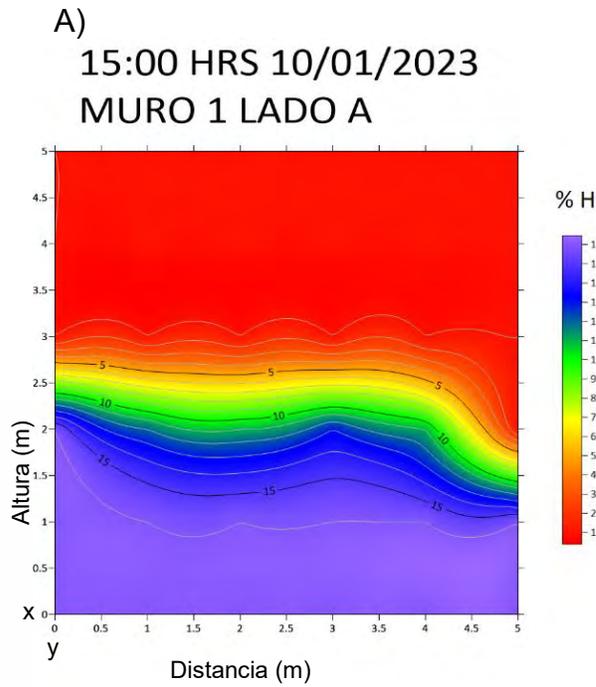
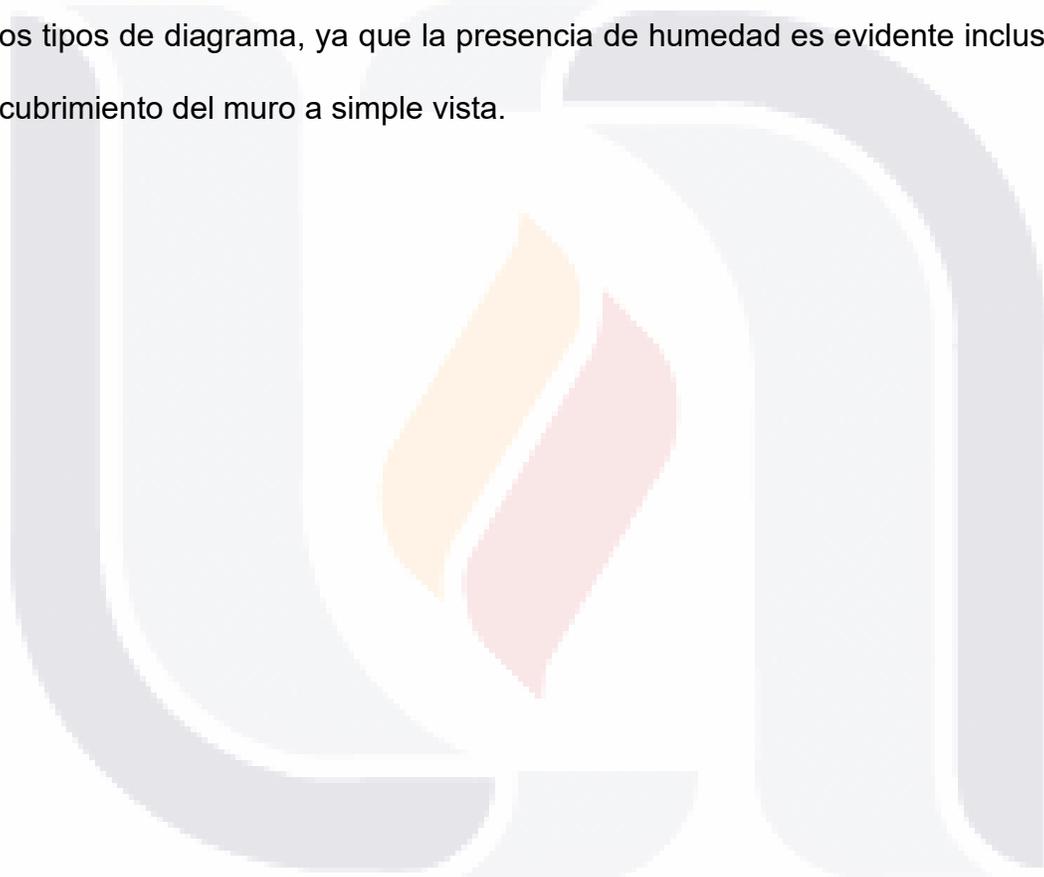


Ilustración 68 Lecturas Muro 1 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 68 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 68 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 12.3° C (Ilustración 68 B y D). Al inicio de la campaña podemos notar un gran parecido en ambos tipos de diagrama, ya que la presencia de humedad es evidente incluso en el recubrimiento del muro a simple vista.



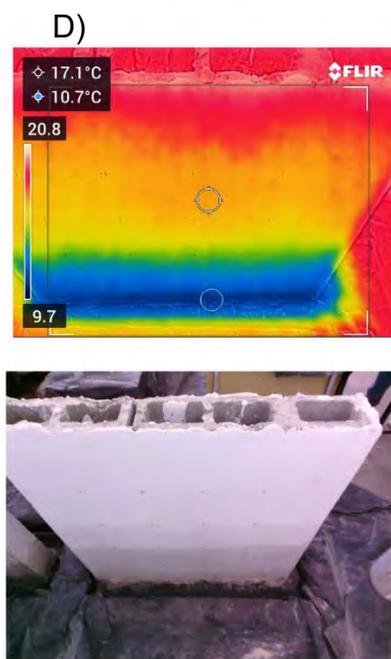
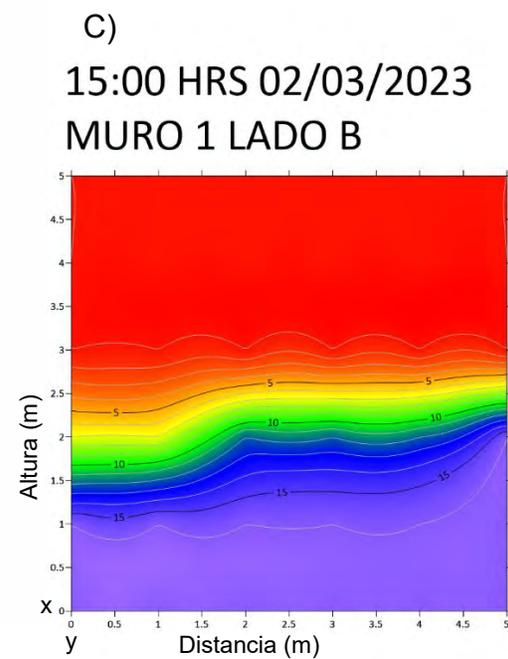
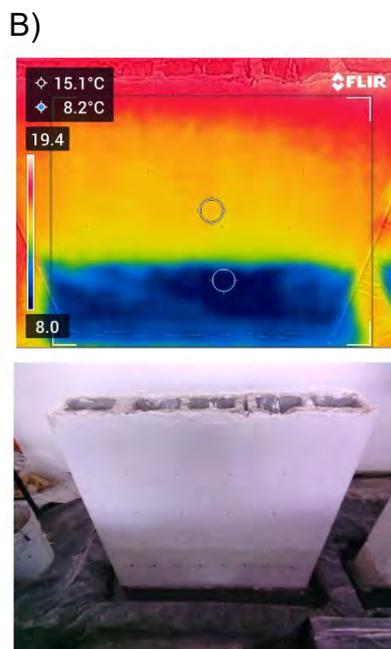
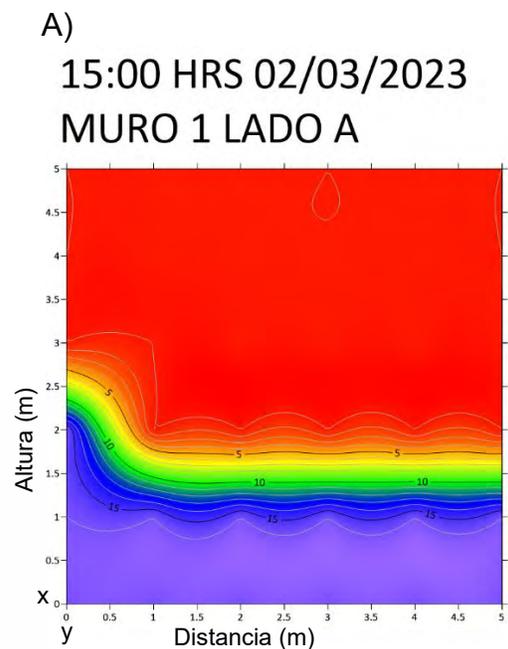
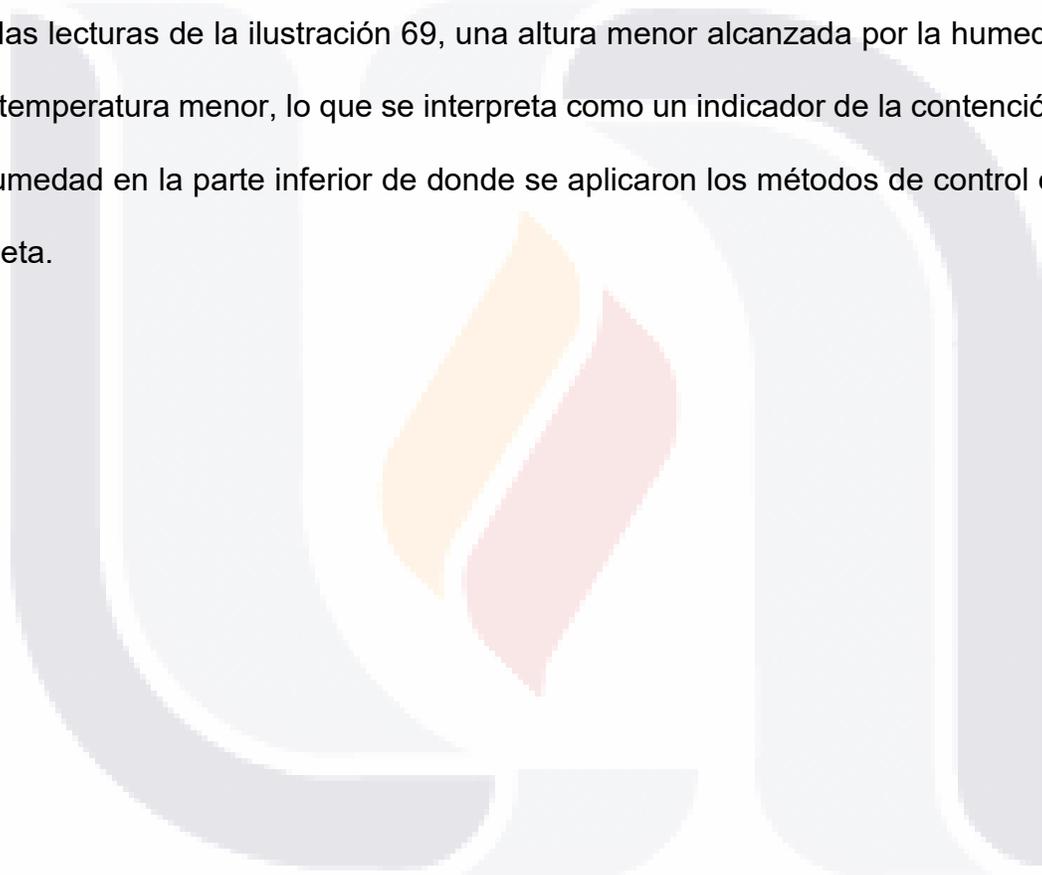


Ilustración 69 Lecturas Muro 1 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 69 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 69 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 8.0° C (Ilustración 69 B y D). Se puede observar un rompimiento capilar en comparación con las lecturas de la ilustración 69, una altura menor alcanzada por la humedad y una temperatura menor, lo que se interpreta como un indicador de la contención de la humedad en la parte inferior de donde se aplicaron los métodos de control en la probeta.



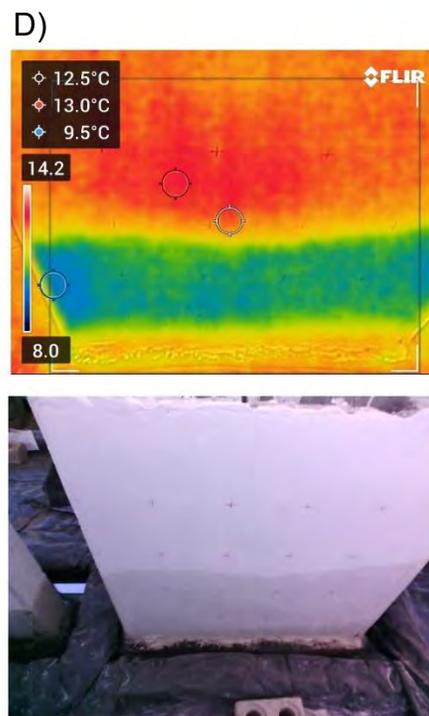
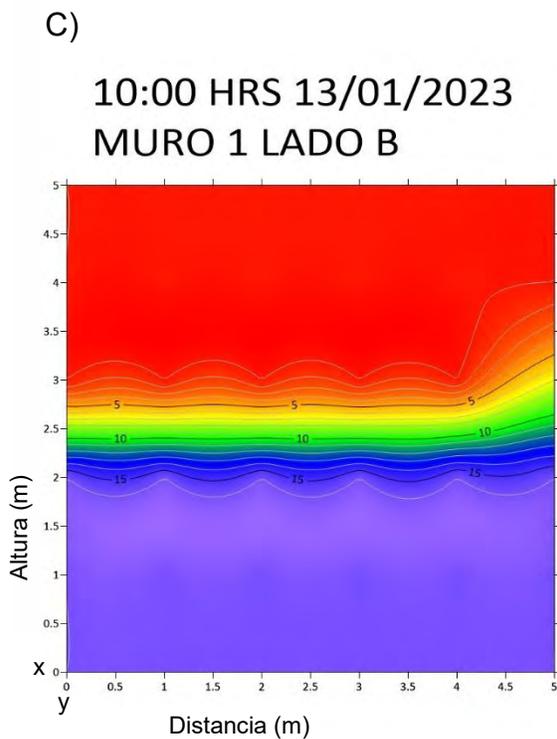
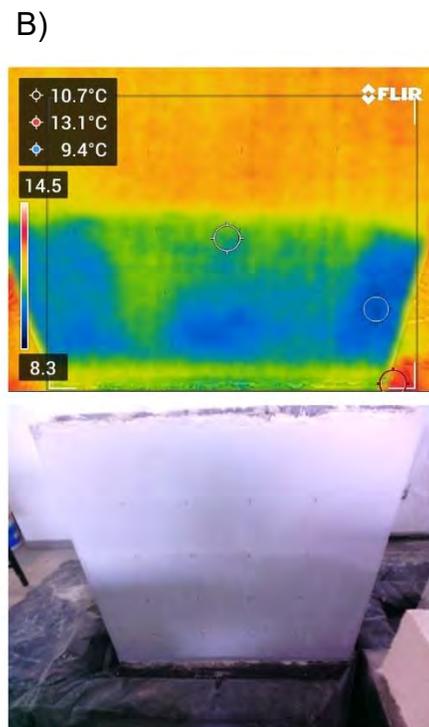
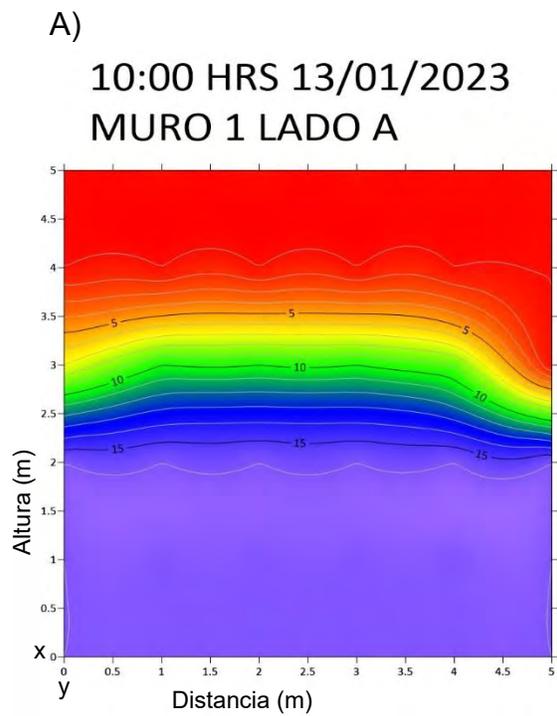
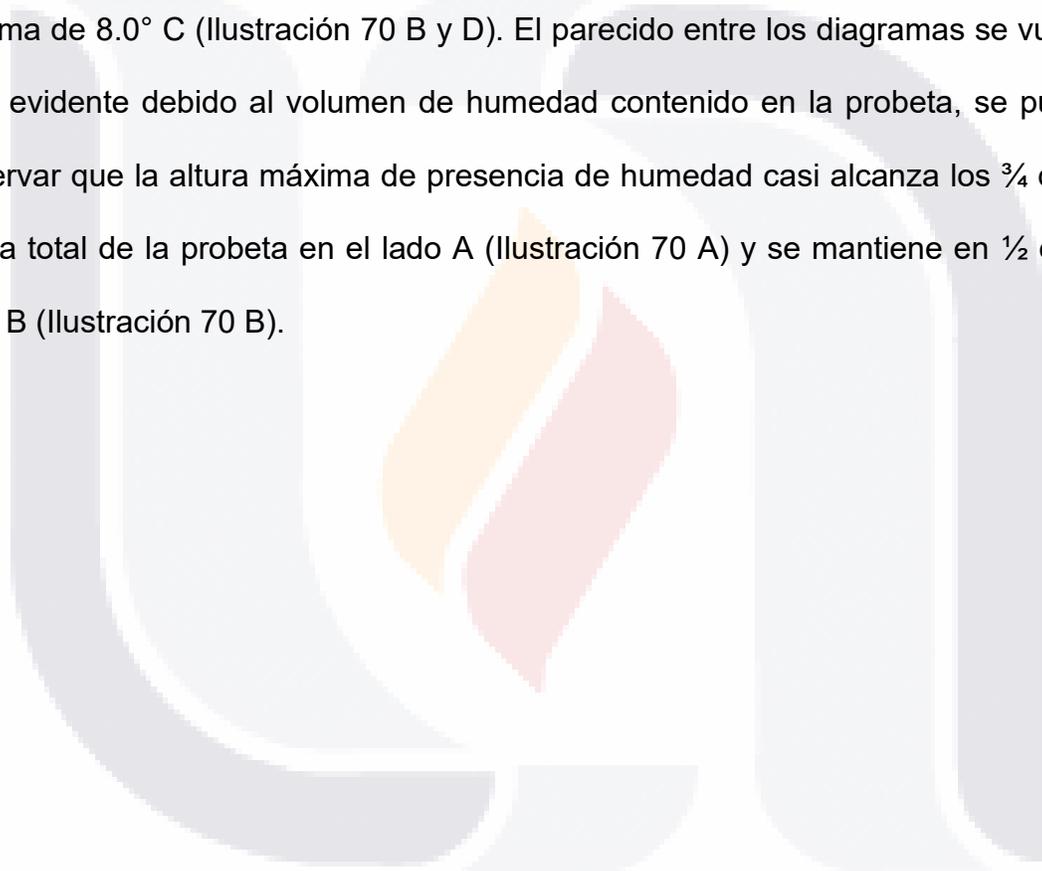


Ilustración 70 Lecturas Muro 1 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 70 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 70 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 8.0° C (Ilustración 70 B y D). El parecido entre los diagramas se vuelve más evidente debido al volumen de humedad contenido en la probeta, se puede observar que la altura máxima de presencia de humedad casi alcanza los $\frac{3}{4}$ de la altura total de la probeta en el lado A (Ilustración 70 A) y se mantiene en $\frac{1}{2}$ en el lado B (Ilustración 70 B).



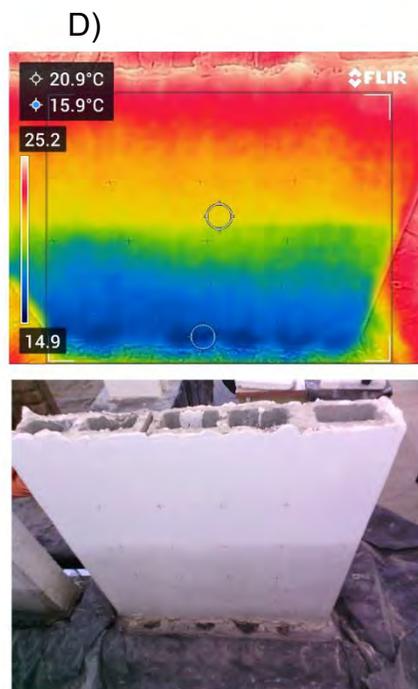
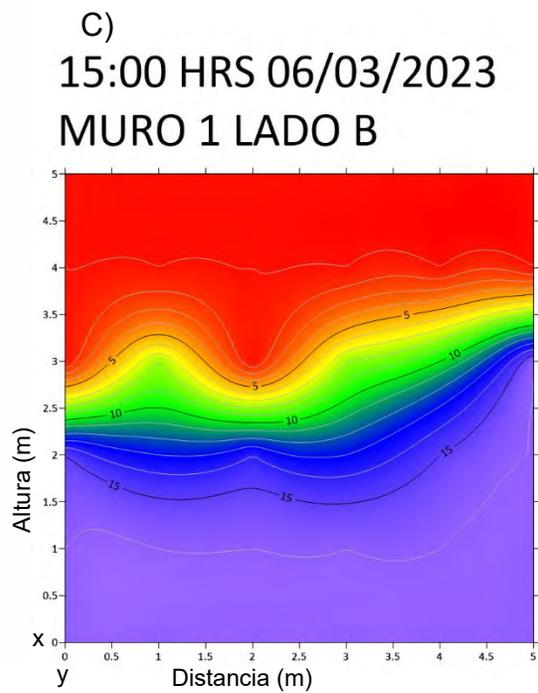
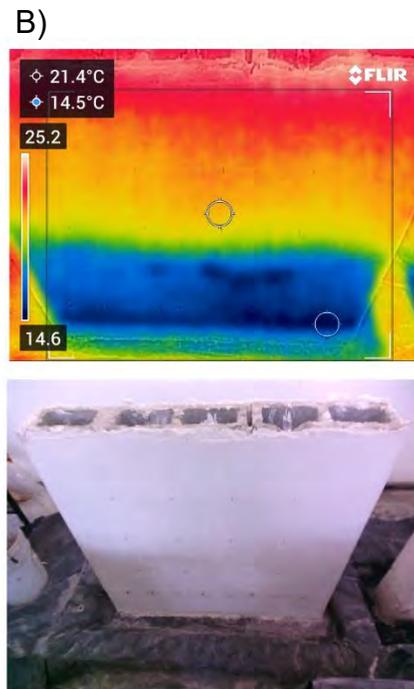
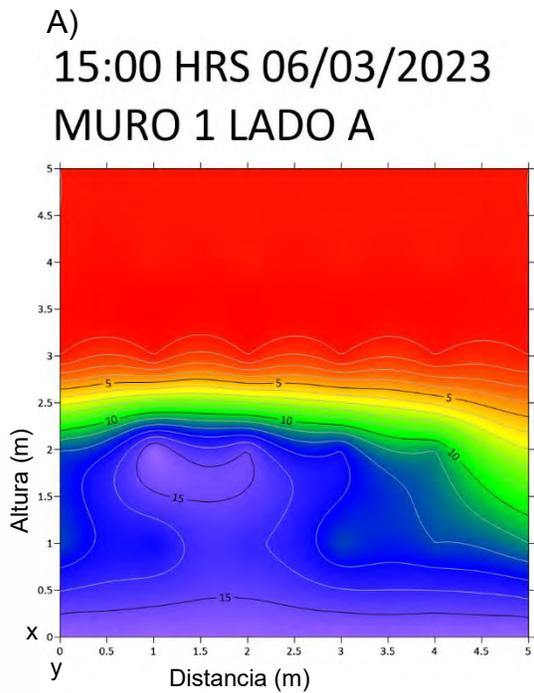


Ilustración 71 Lecturas Muro 1 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 71 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, esta vez con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 71 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 14.9° C (Ilustración 71 B y D). El aumento en la temperatura se interpreta como un rompimiento capilar manifestándose en menor presencia de humedad y dando paso a que el muro se encuentre más cálido, se puede observar que la altura máxima de disminuyó en el lado A alcanzando la mitad de la altura total de la probeta (Ilustración 71 A) y se mantiene en $\frac{1}{2}$ en el lado B (Ilustración 70 B), sin embargo se observa una distribución menos uniforme, a causa del rompimiento capilar por los métodos aplicados.

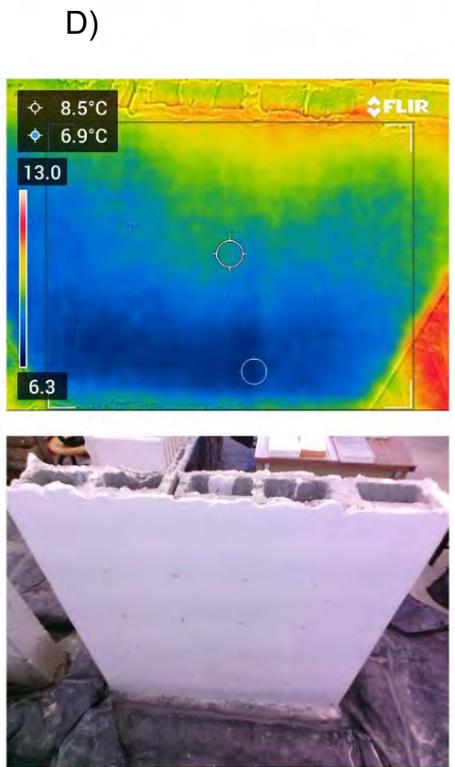
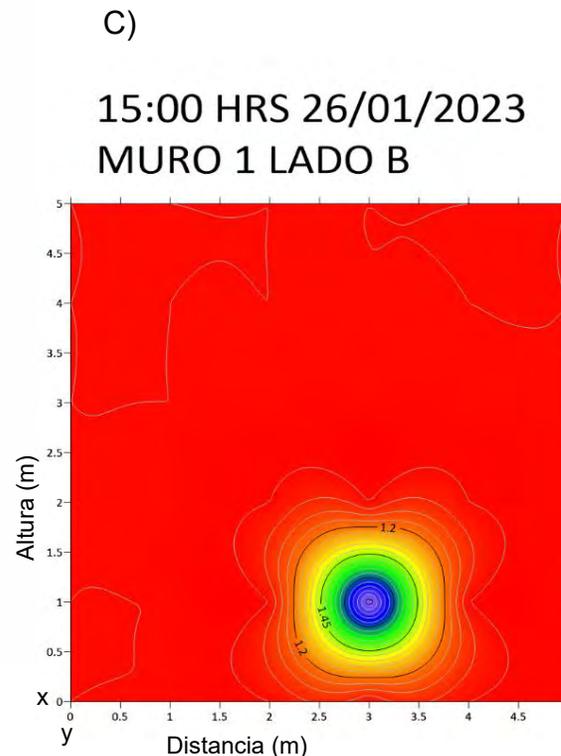
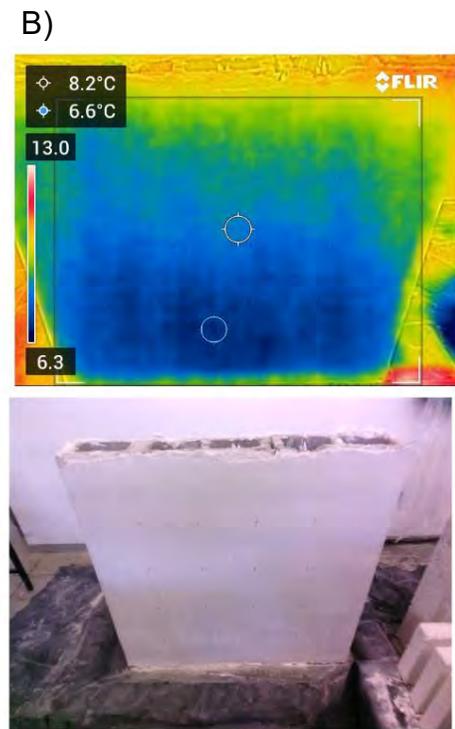
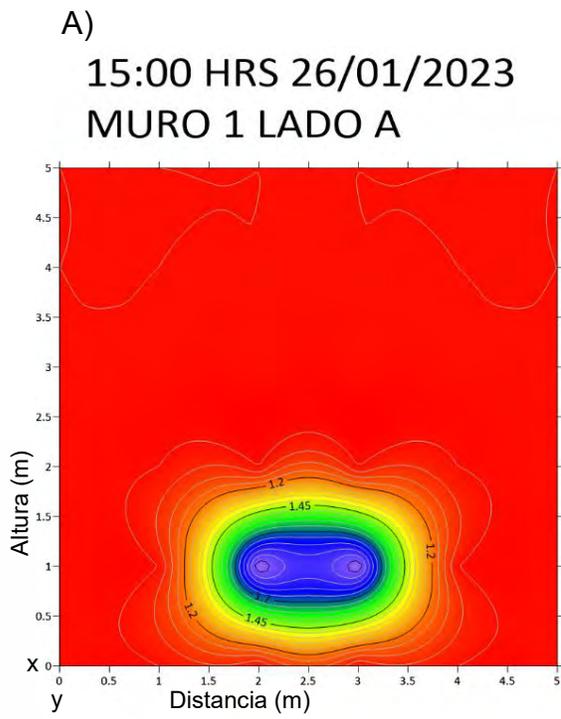
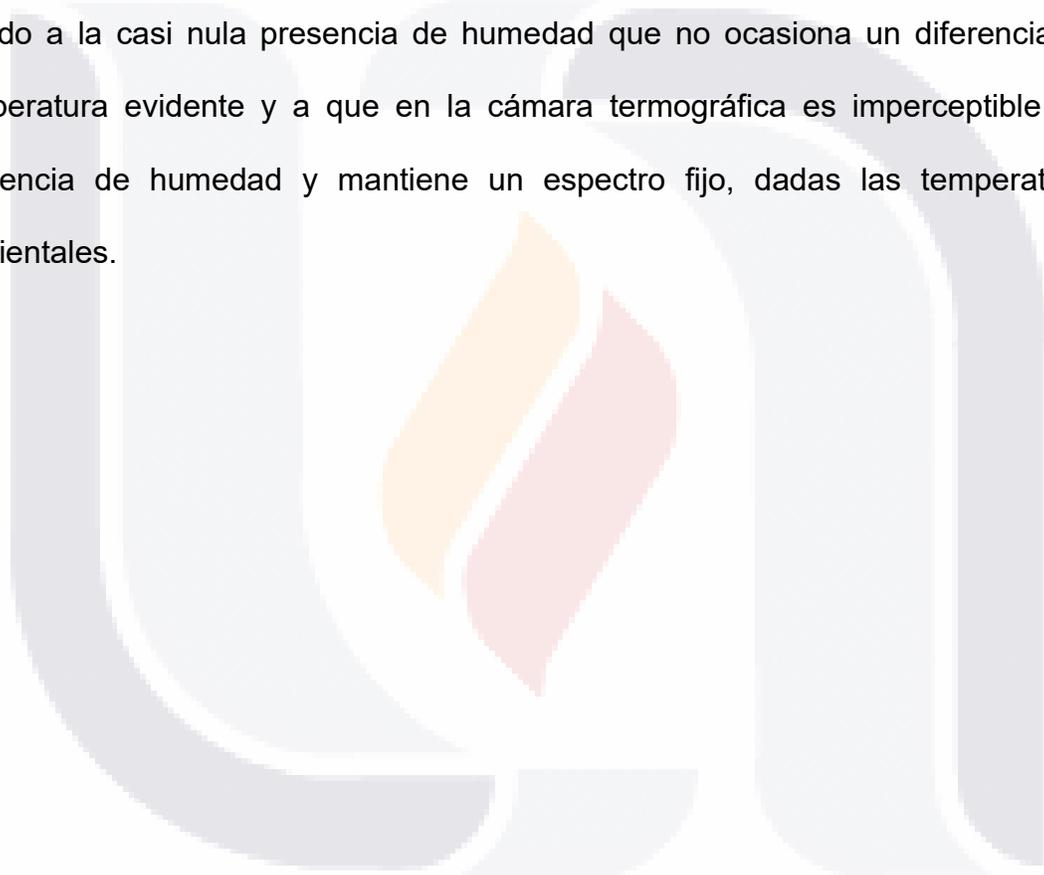


Ilustración 72 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 72 se tienen las últimas lecturas, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 1.95% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 72 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 6.3° C (Ilustración 72 B y D). Se pierde completamente el parecido entre los diagramas generados en Surfer 16 y las imágenes capturadas por la cámara, debido a la casi nula presencia de humedad que no ocasiona un diferencial de temperatura evidente y a que en la cámara termográfica es imperceptible esa diferencia de humedad y mantiene un espectro fijo, dadas las temperaturas ambientales.



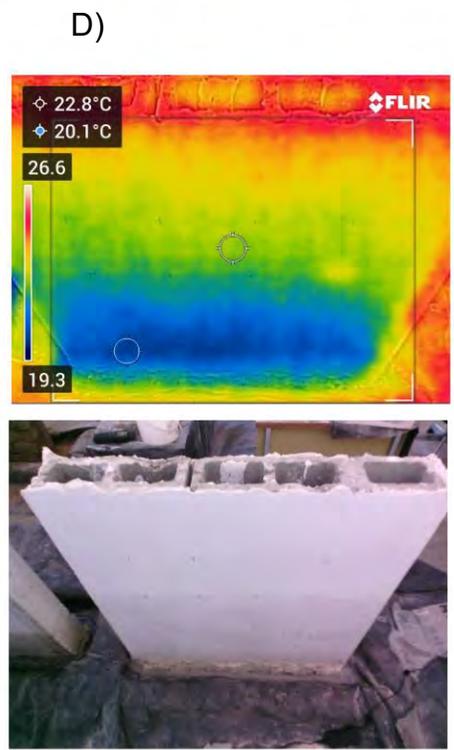
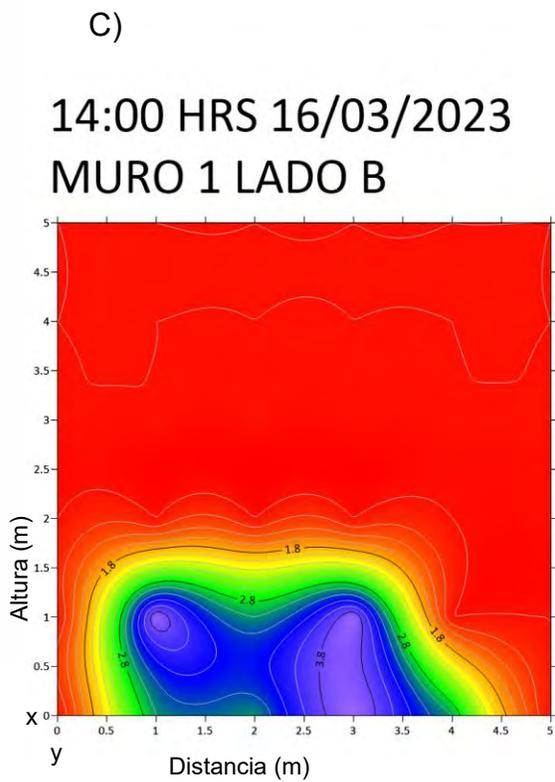
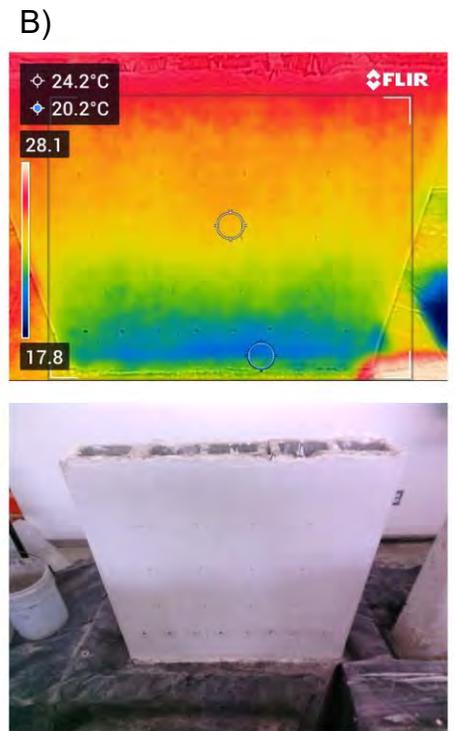
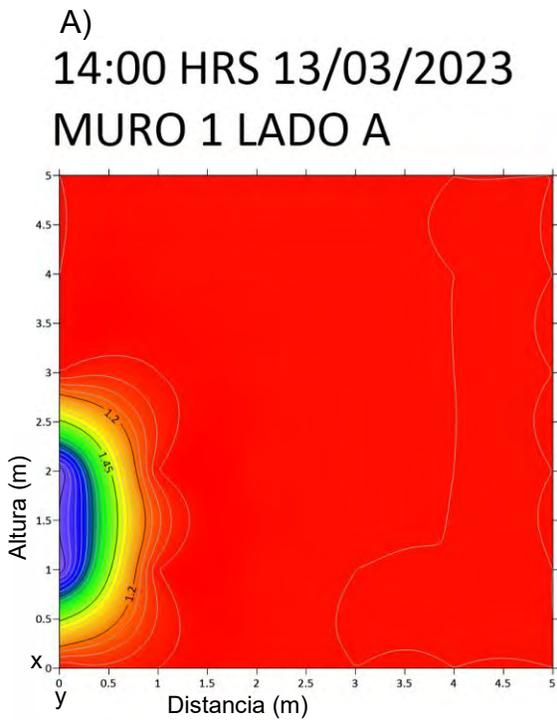


Ilustración 73 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 73 se tienen las últimas lecturas, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 3.8% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 73 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 17.8° C (Ilustración 73 B y D). Se aprecia aún un ligero parecido en los diagramas del lado B donde se aplicaron las barreras químicas (Ilustración 73 C y D) a causa de que aún se mantenía un porcentaje de humedad considerable en este lado de la probeta, a comparación del lado A (Ilustración 73 A y B) donde si hubo una disminución drástica del porcentaje de humedad, lo cual es indicador de la eficiencia de las barreras químicas con respecto al rompimiento capilar y nos demuestra que las barreras impermeables en esta probeta tienen una función de dispersión de la humedad, pues a pesar de que se observan niveles de humedad más altos, estos se secan más rápido debido a la separación entre los puntos de humedad presente.

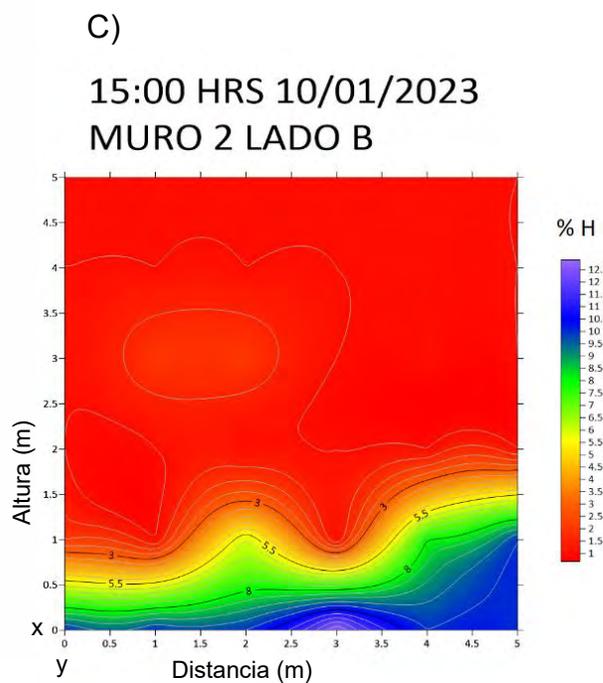
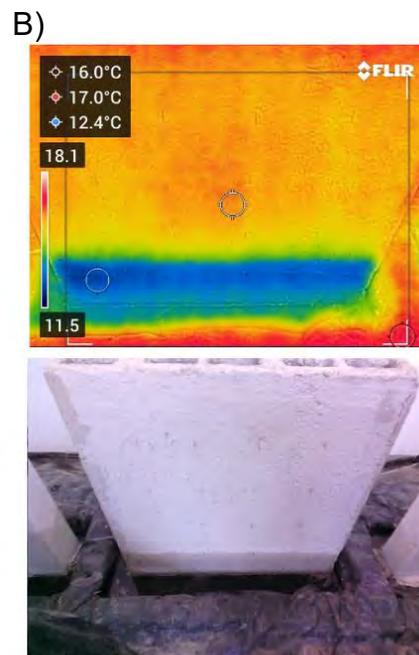
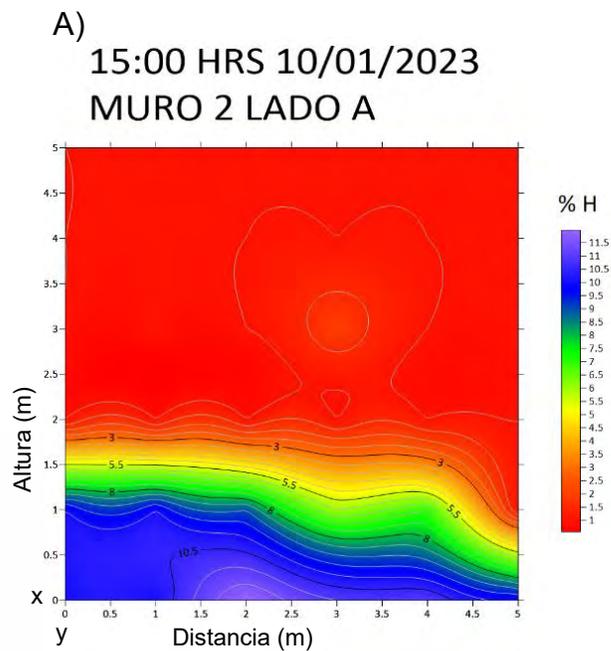
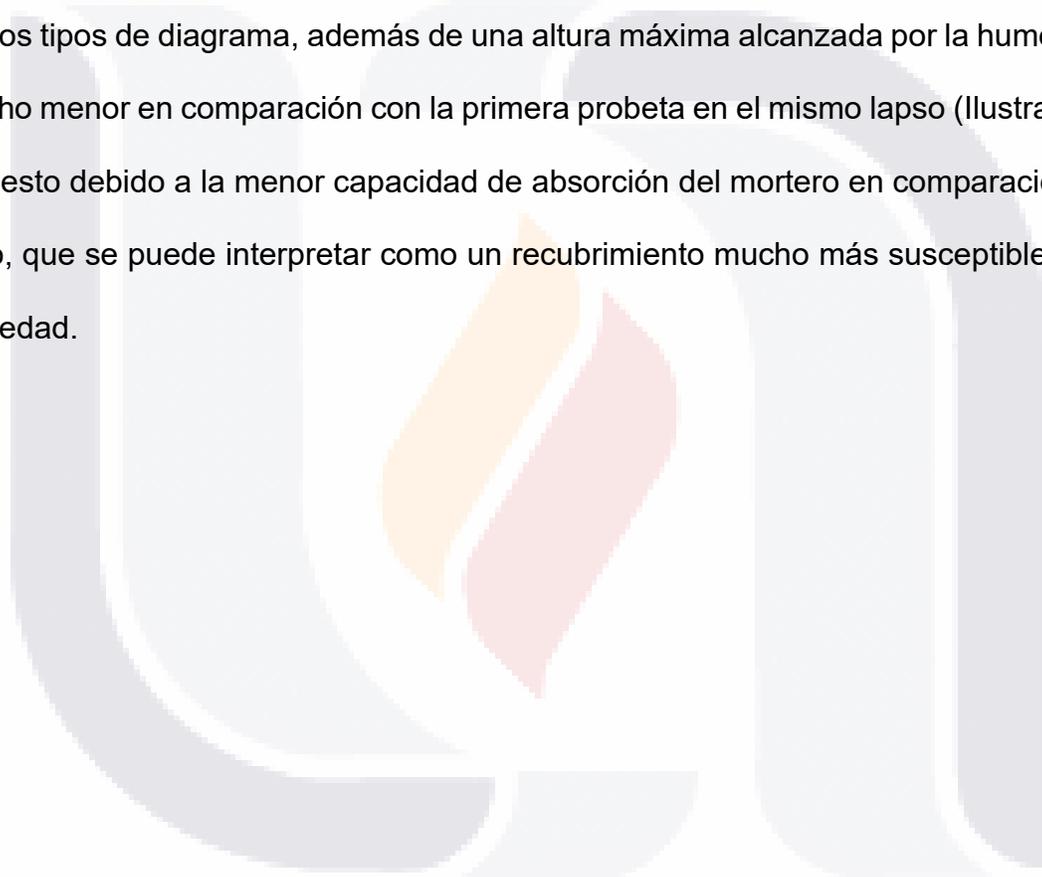


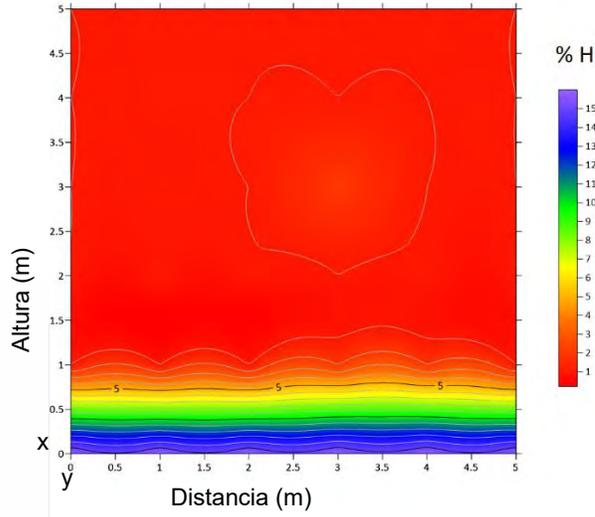
Ilustración 74 Lecturas Muro 2 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 74 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 12.5% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 74 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11° C (Ilustración 74 B y D). De la misma manera podemos notar un gran parecido en ambos tipos de diagrama, además de una altura máxima alcanzada por la humedad mucho menor en comparación con la primera probeta en el mismo lapso (Ilustración 68), esto debido a la menor capacidad de absorción del mortero en comparación al yeso, que se puede interpretar como un recubrimiento mucho más susceptible a la humedad.

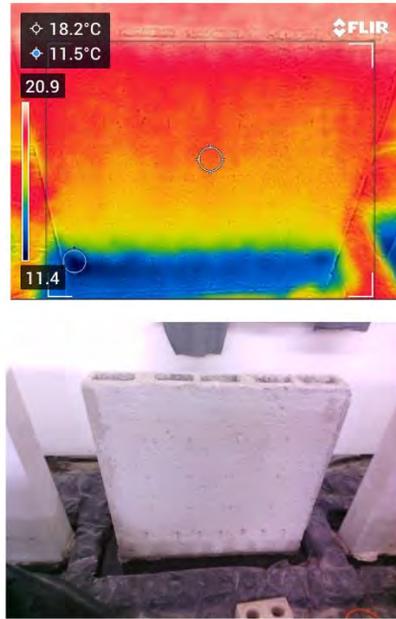


A)

15:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO A

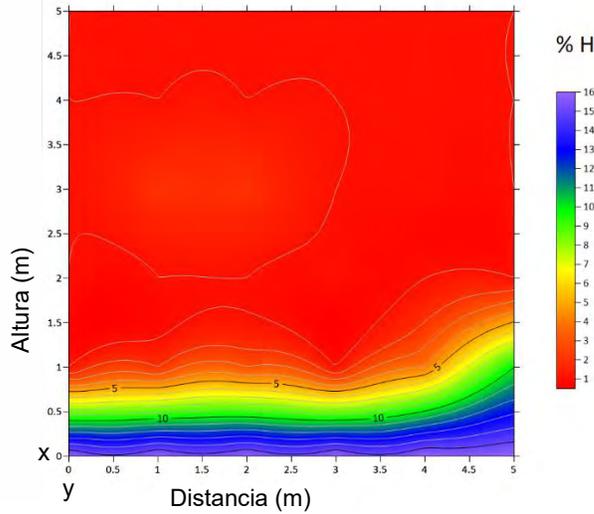


B)



C)

15:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO B



D)

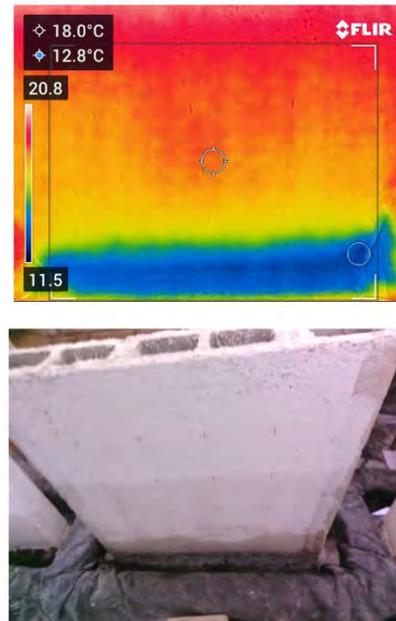
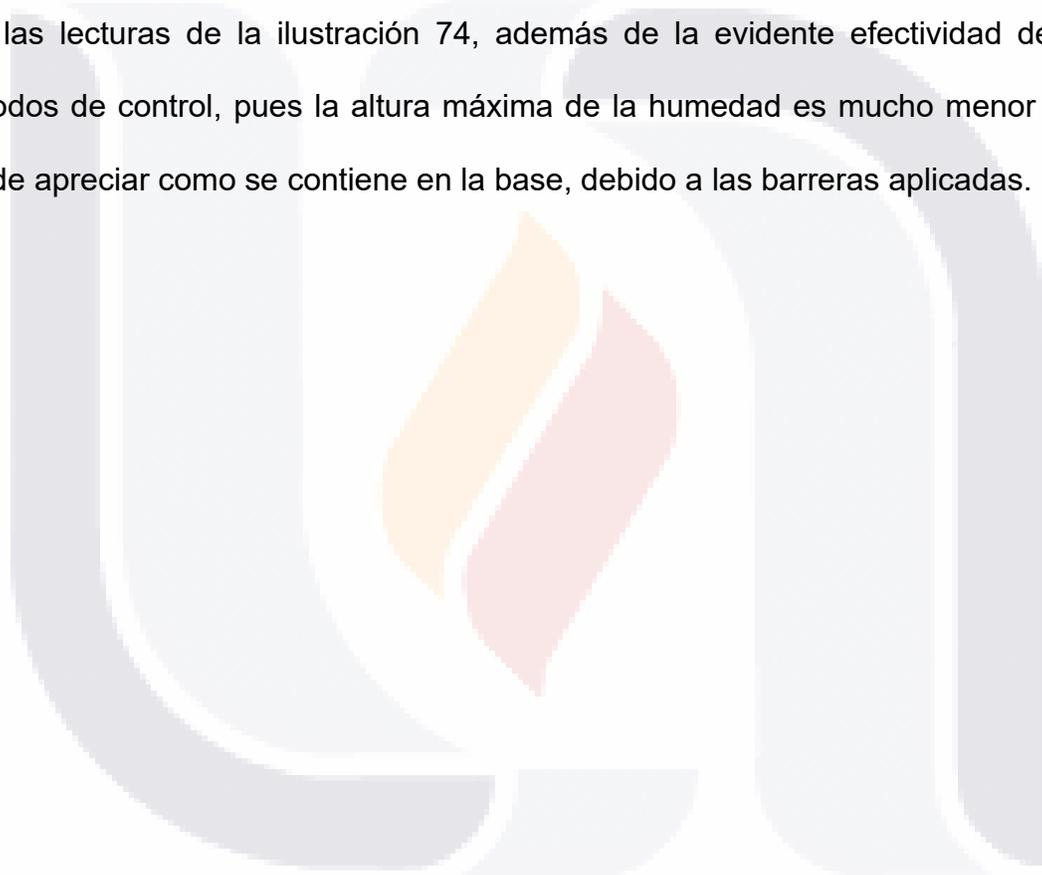


Ilustración 75 Lecturas Muro 2 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 75 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 75 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11.5° C (Ilustración 75 B y D). Se puede observar un rompimiento capilar en comparación con las lecturas de la ilustración 74, además de la evidente efectividad de los métodos de control, pues la altura máxima de la humedad es mucho menor y se puede apreciar como se contiene en la base, debido a las barreras aplicadas.



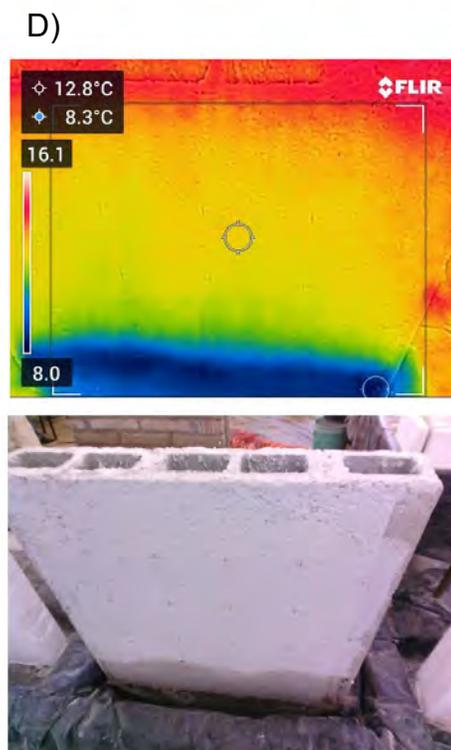
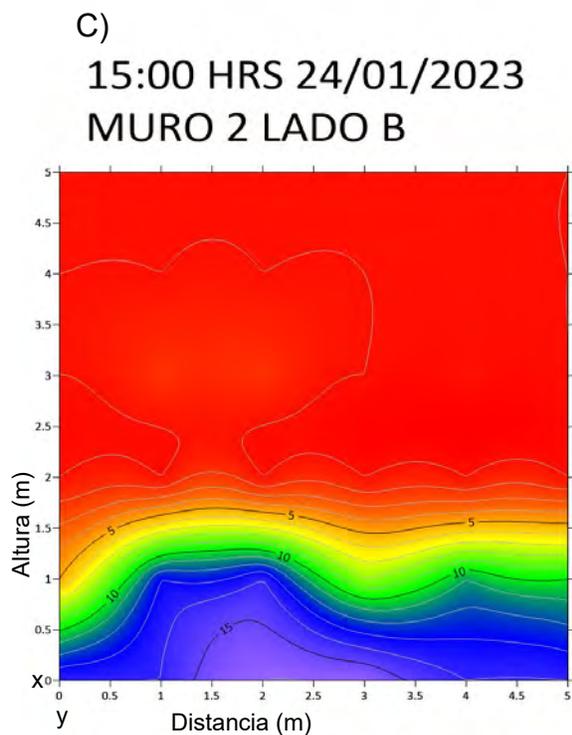
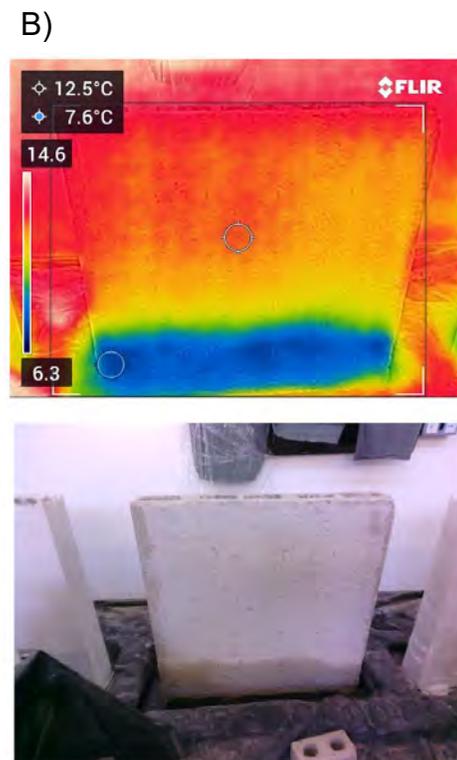
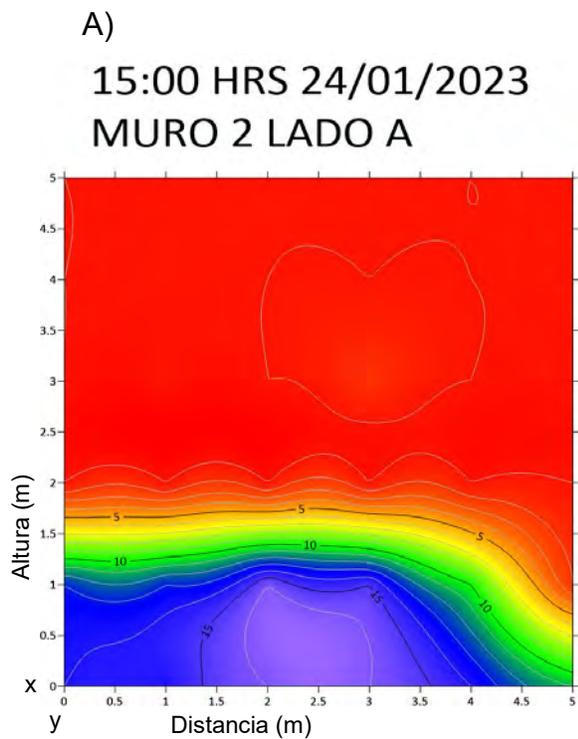
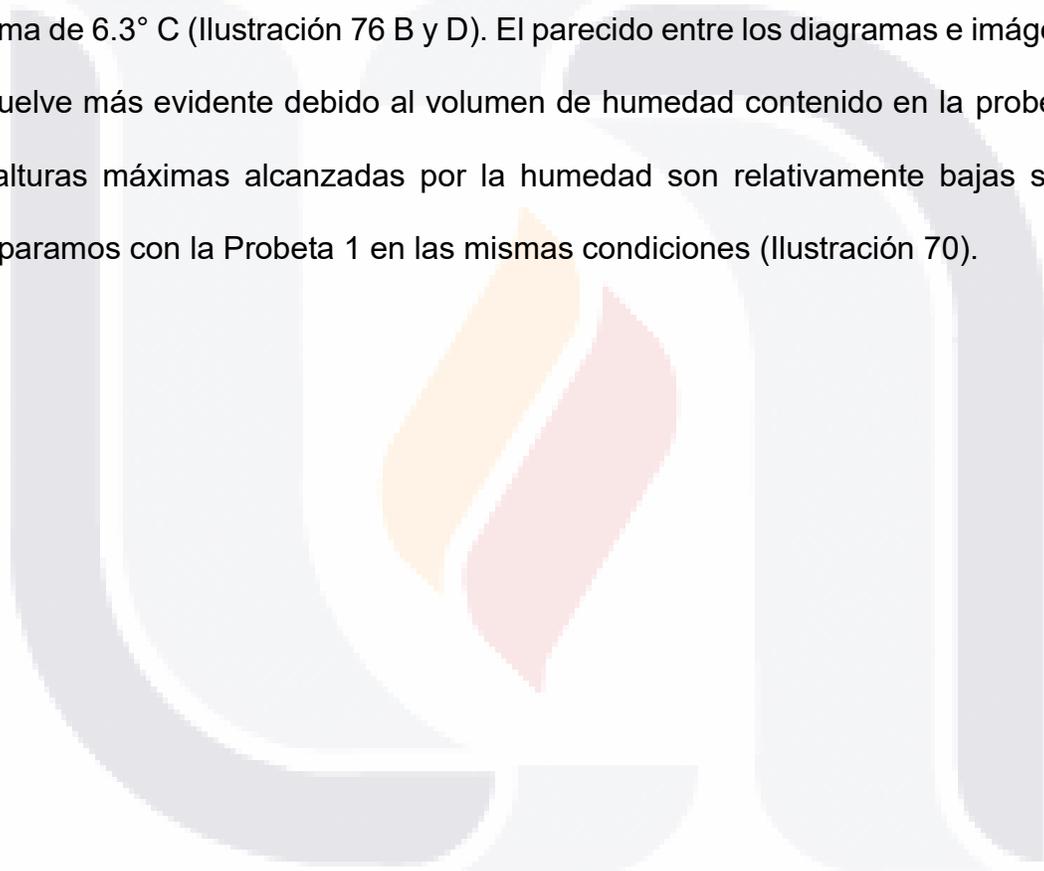
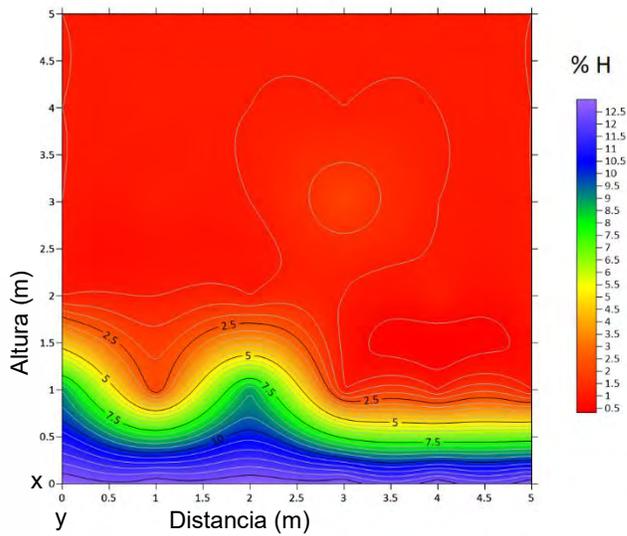


Ilustración 76 Lecturas Muro 2 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

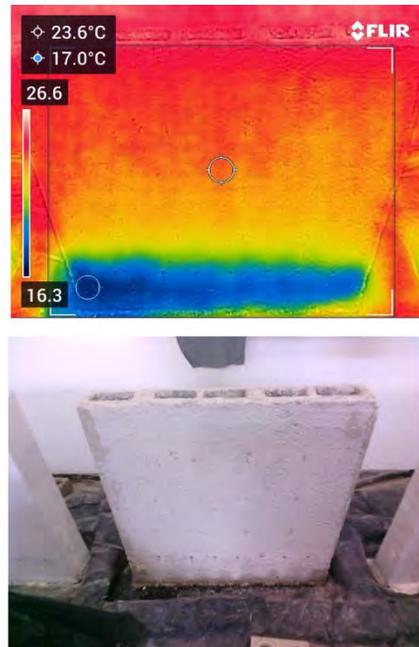
En la Ilustración 76 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 76 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 6.3° C (Ilustración 76 B y D). El parecido entre los diagramas e imágenes se vuelve más evidente debido al volumen de humedad contenido en la probeta y las alturas máximas alcanzadas por la humedad son relativamente bajas si las comparamos con la Probeta 1 en las mismas condiciones (Ilustración 70).



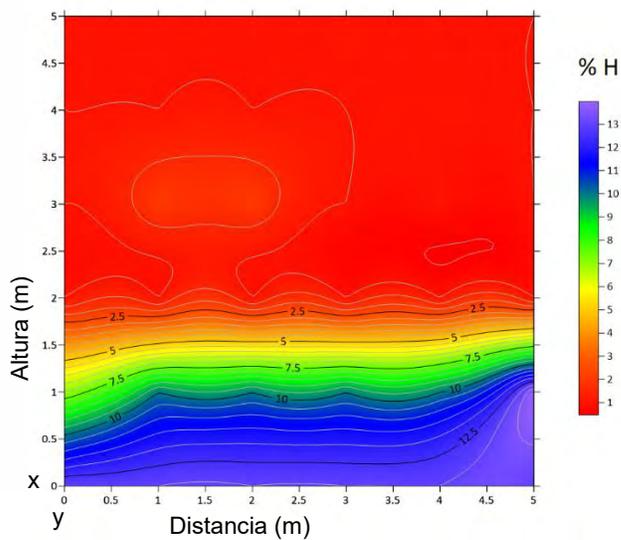
A)
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 2 LADO A



B)



C)
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 2 LADO B



D)

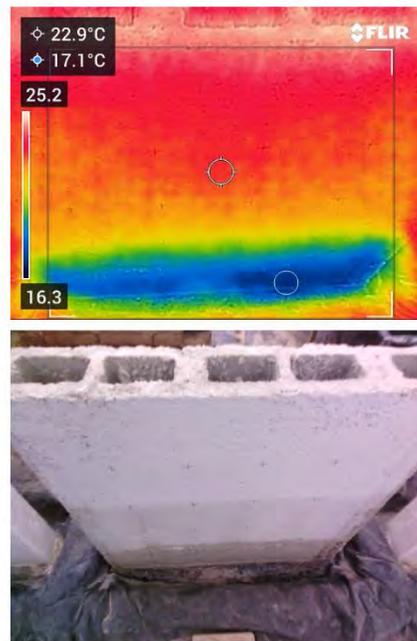


Ilustración 77 Lecturas Muro 2 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 77 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, esta vez con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 13% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 77 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 16.3° C (Ilustración 77 B y D). Como primera observación se tiene una disminución del 3% en el porcentaje de humedad a comparación de la lectura máxima sin los métodos de control aplicados (Ilustración 76). Además del aumento en la temperatura y el rompimiento capilar observable en diagramas e imágenes, se puede observar que la altura máxima de disminuyó y se tienen zonas más grandes con menor contenido de humedad.

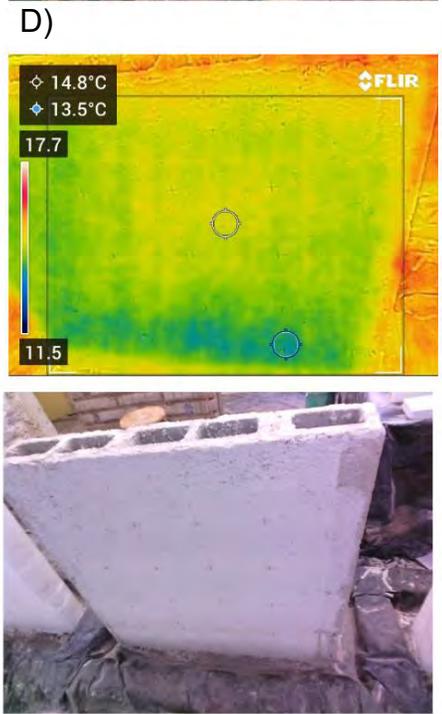
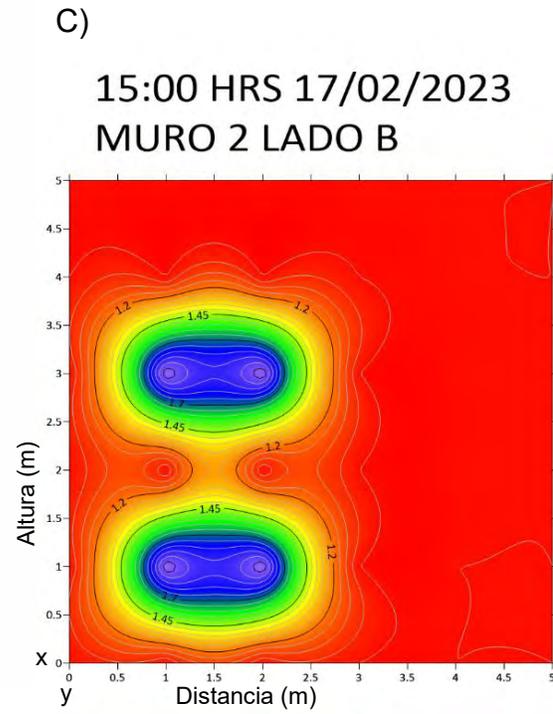
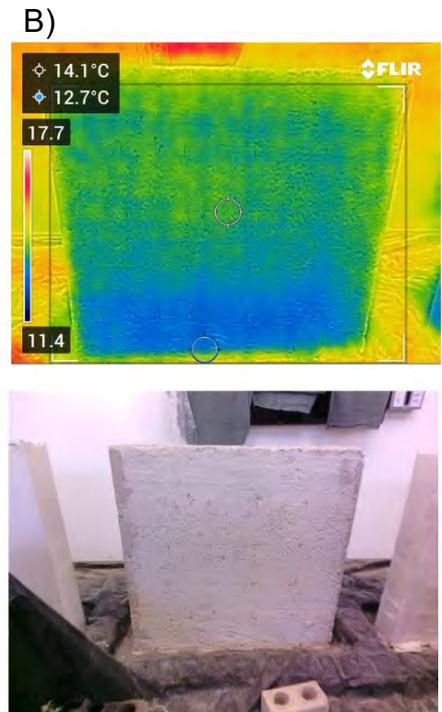
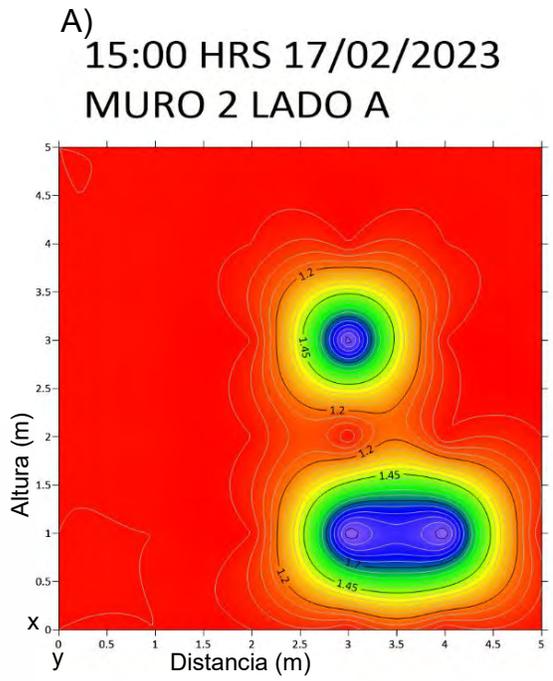
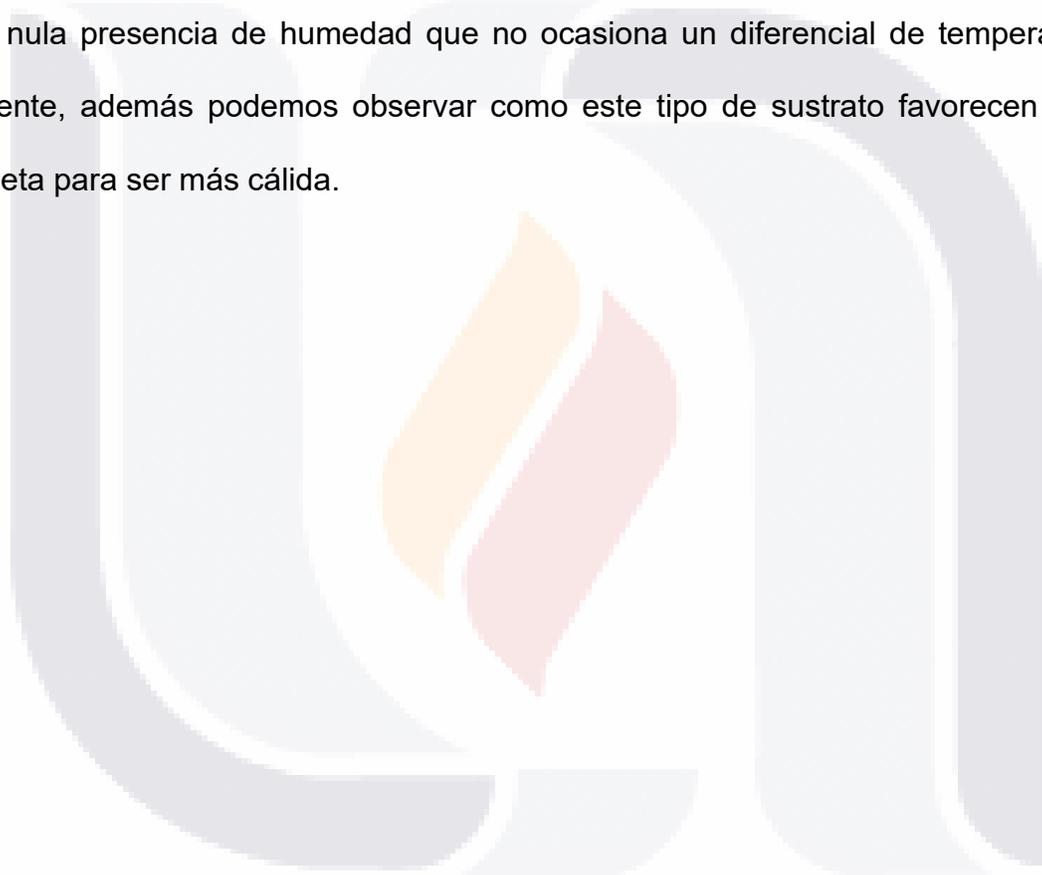


Ilustración 78 Lecturas Muro 2 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 78 se tienen las últimas lecturas, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 1.95% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 72 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11.4° C (Ilustración 72 B y D). Nuevamente se pierde completamente el parecido entre los diagramas y las imágenes capturadas por la cámara, debido a la casi nula presencia de humedad que no ocasiona un diferencial de temperatura evidente, además podemos observar como este tipo de sustrato favorecen a la probeta para ser más cálida.



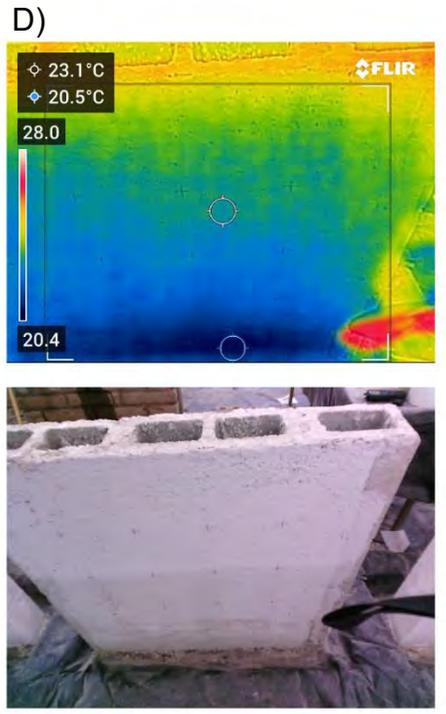
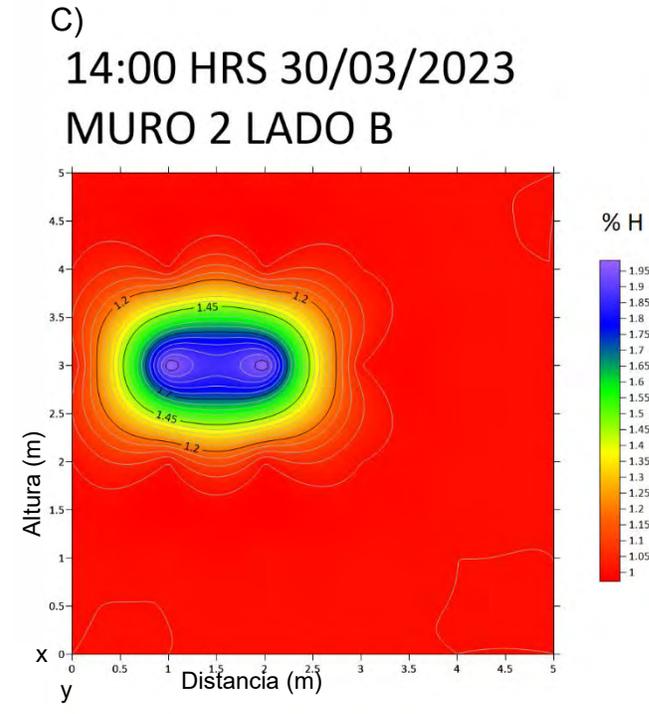
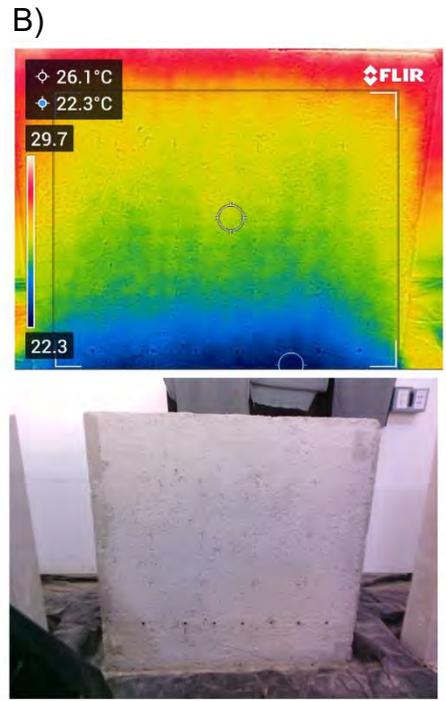
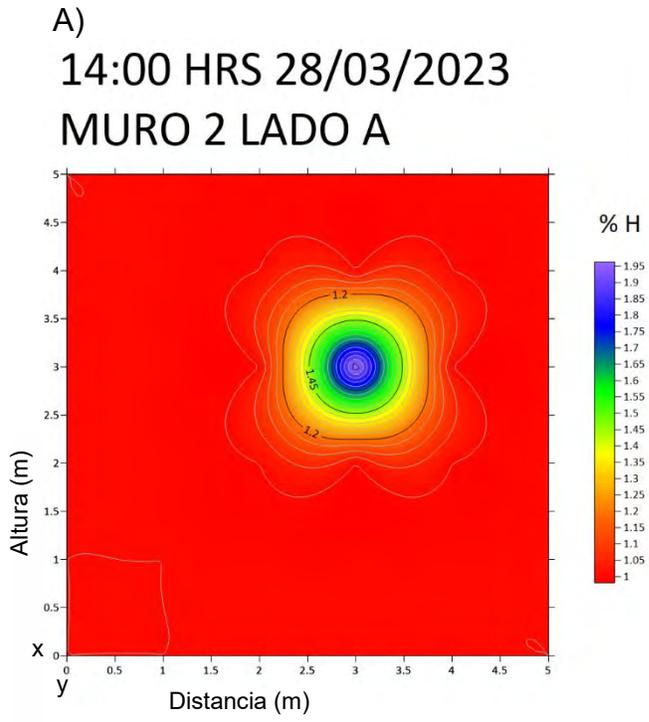
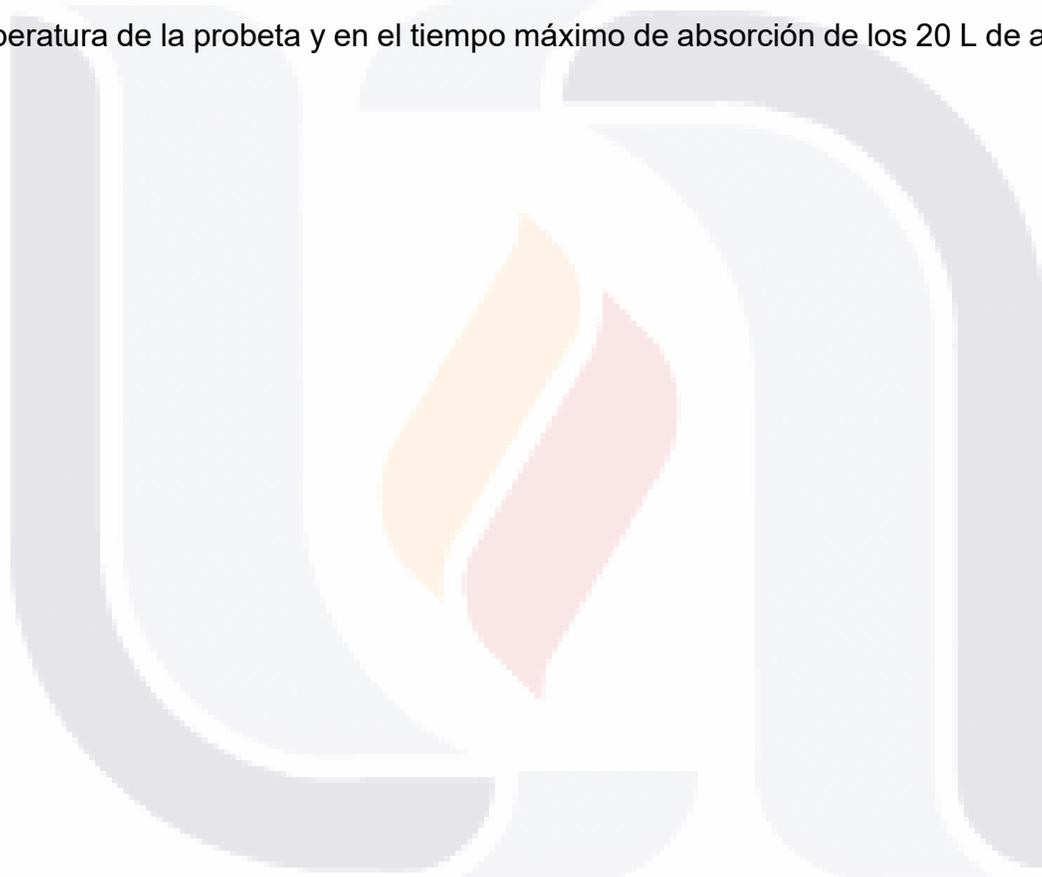


Ilustración 79 Lecturas Muro 1 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 79 se tienen las últimas lecturas, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 1.95% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 79 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 20.4° C (Ilustración 73 B y D). El principal indicador de la eficiencia de los métodos se muestra en la disminución del tiempo de secado, el aumento de la temperatura de la probeta y en el tiempo máximo de absorción de los 20 L de agua.



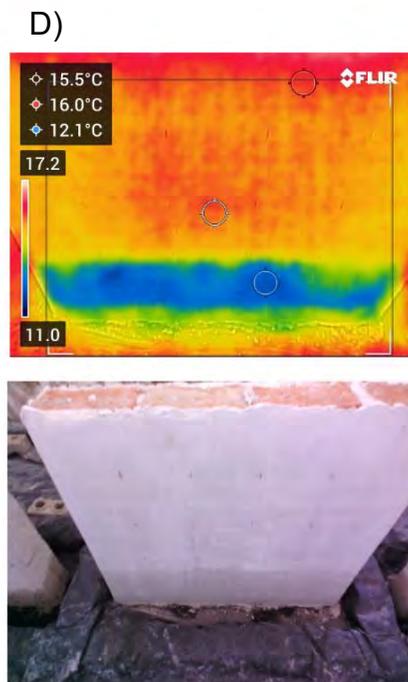
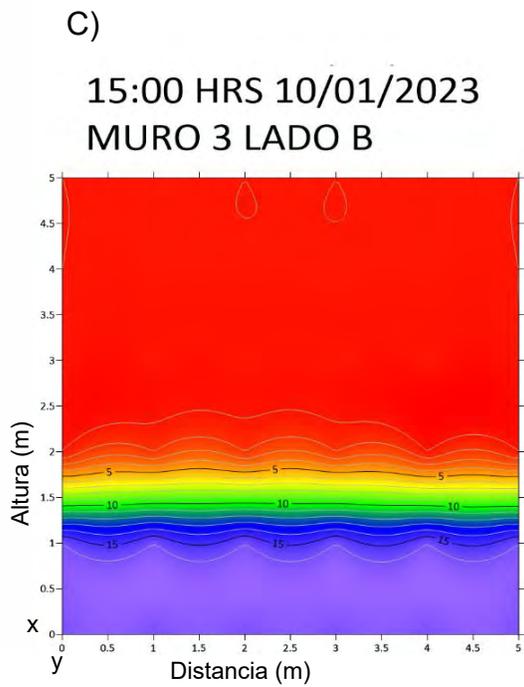
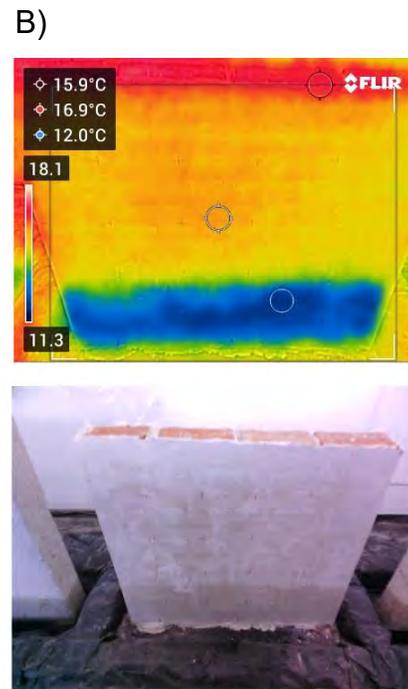
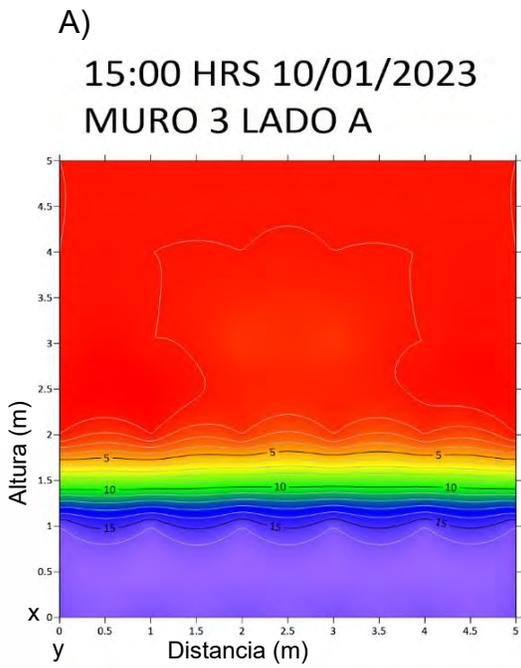
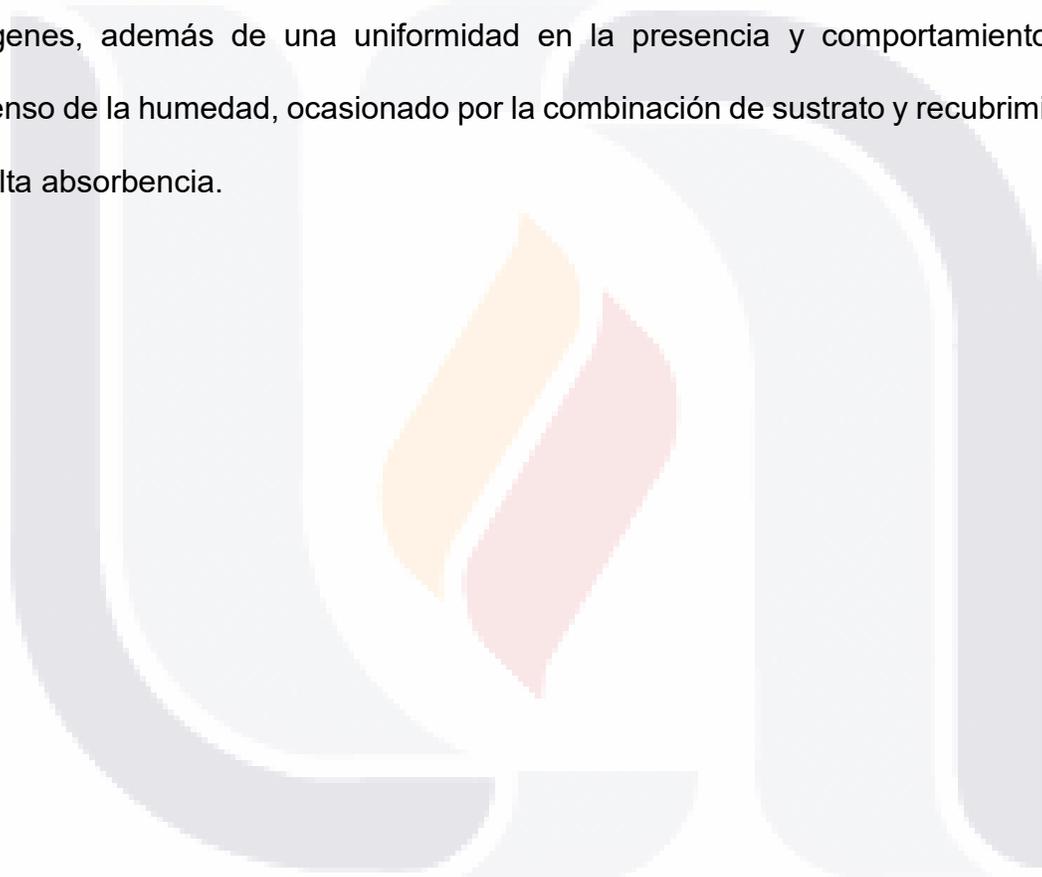


Ilustración 80 Lecturas Muro 3 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 80 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 80 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11° C (Ilustración 80 B y D). Se observa un parecido muy preciso entre diagramas e imágenes, además de una uniformidad en la presencia y comportamiento del ascenso de la humedad, ocasionado por la combinación de sustrato y recubrimiento de alta absorberencia.



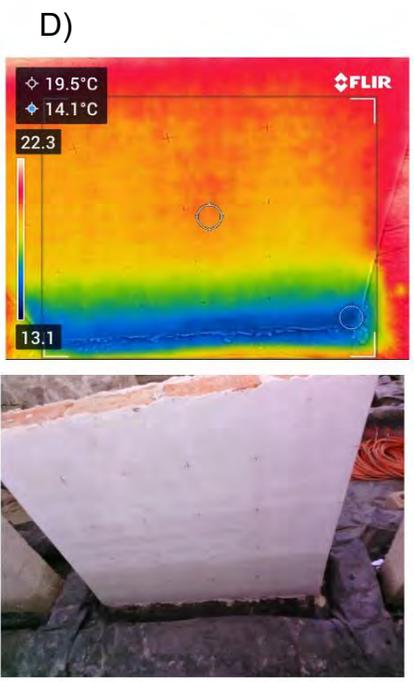
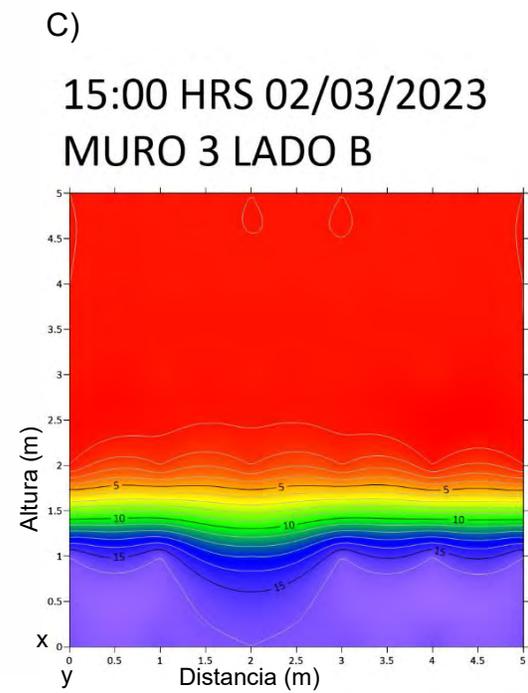
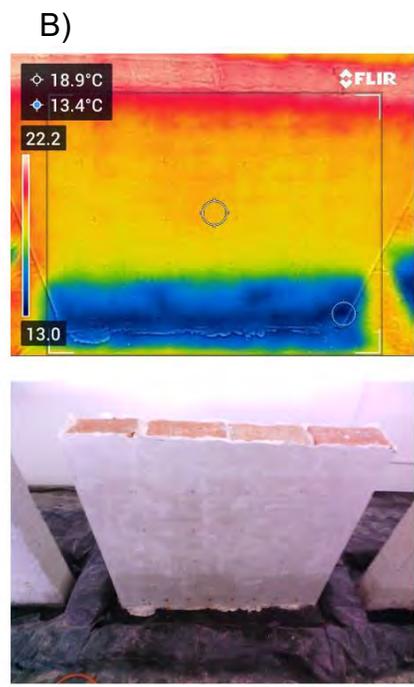
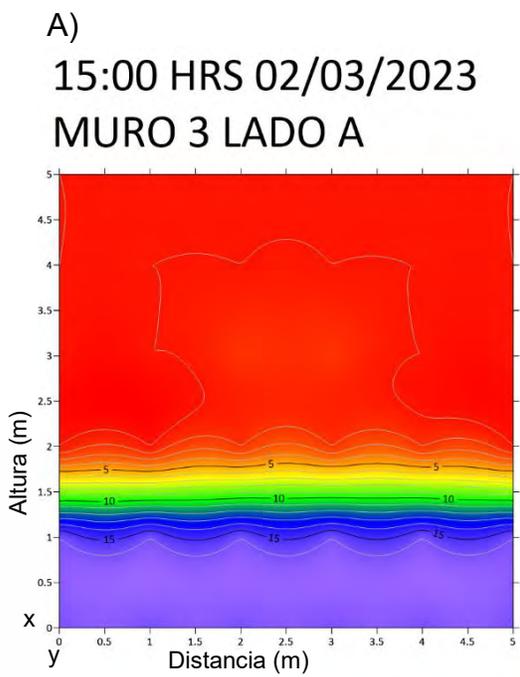
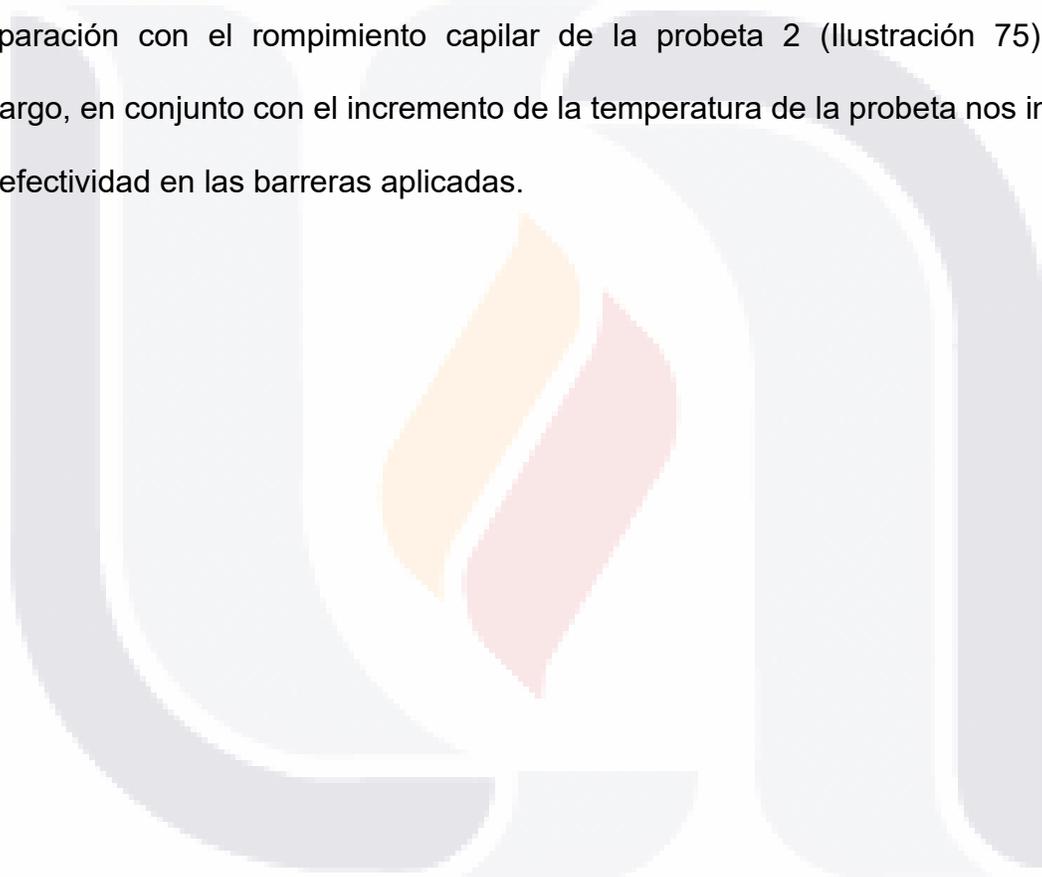


Ilustración 81 Muro 3 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 81 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 81 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 13.0° C (Ilustración 81 B y D). Se puede observar un leve rompimiento capilar en comparación con el rompimiento capilar de la probeta 2 (Ilustración 75), sin embargo, en conjunto con el incremento de la temperatura de la probeta nos indica una efectividad en las barreras aplicadas.



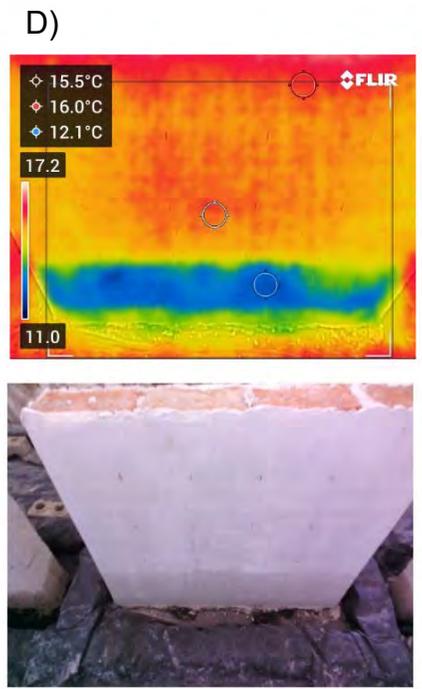
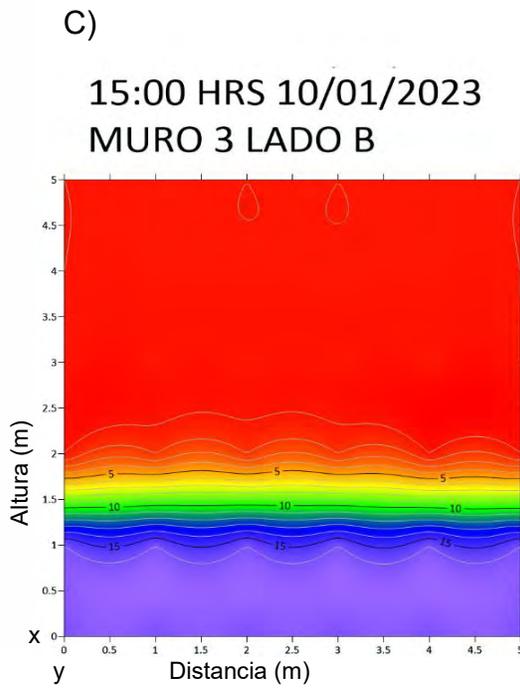
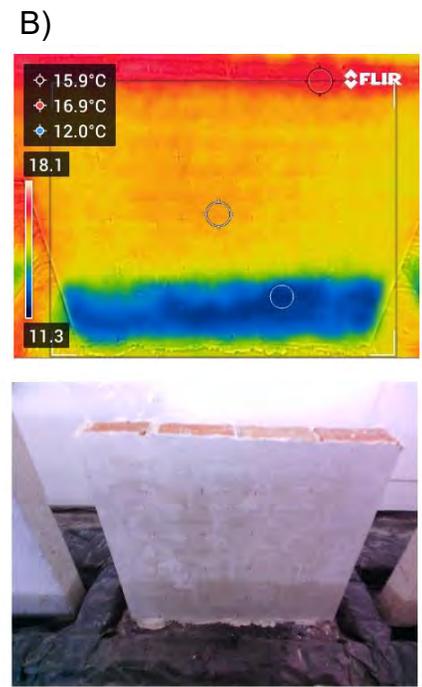
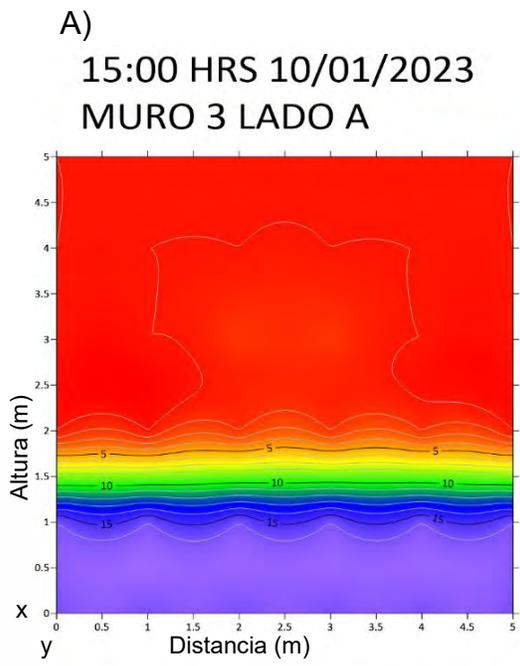
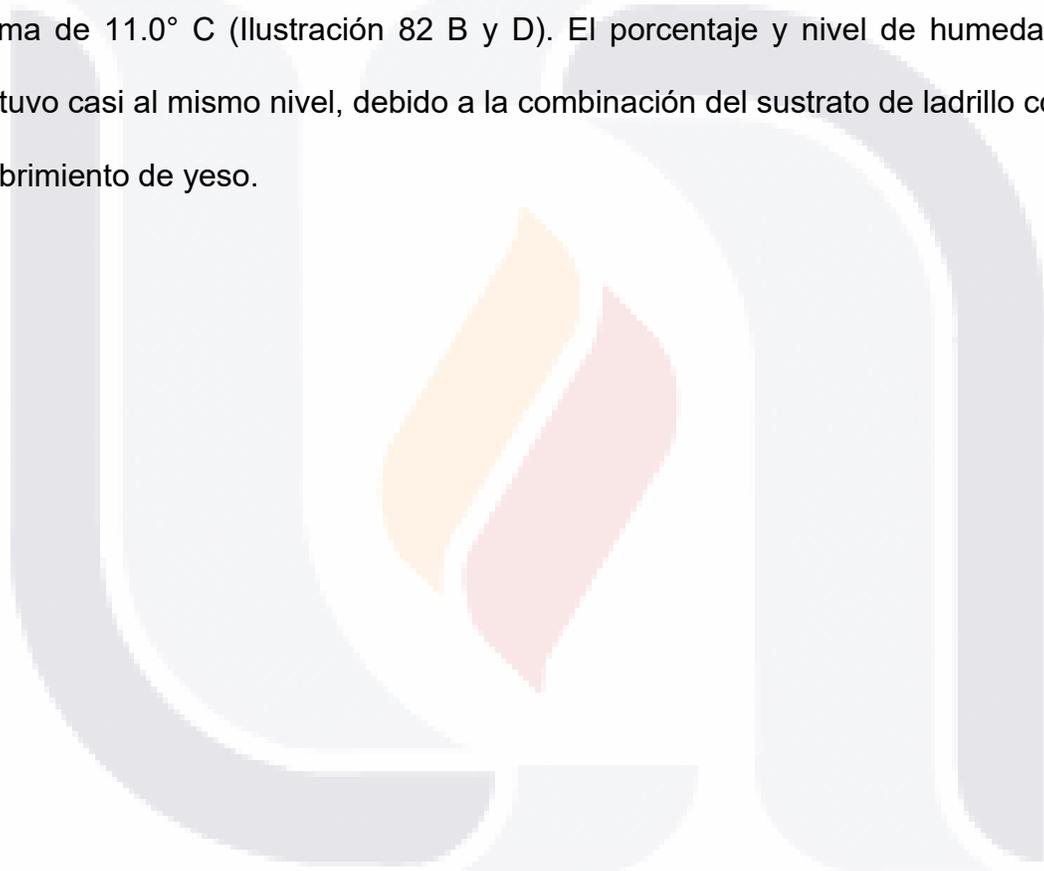


Ilustración 82 Lecturas Muro 3 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 82 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 82 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11.0° C (Ilustración 82 B y D). El porcentaje y nivel de humedad se mantuvo casi al mismo nivel, debido a la combinación del sustrato de ladrillo con el recubrimiento de yeso.



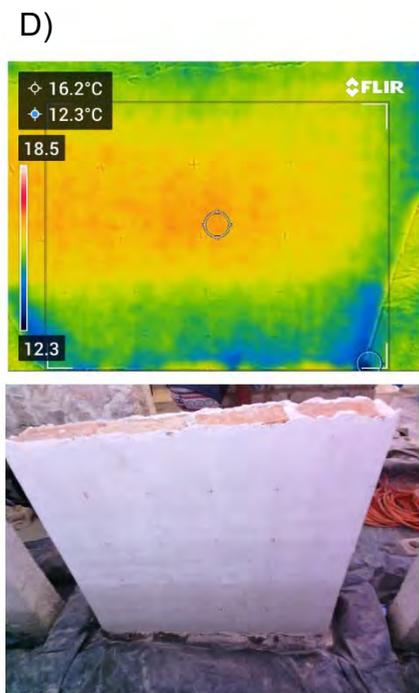
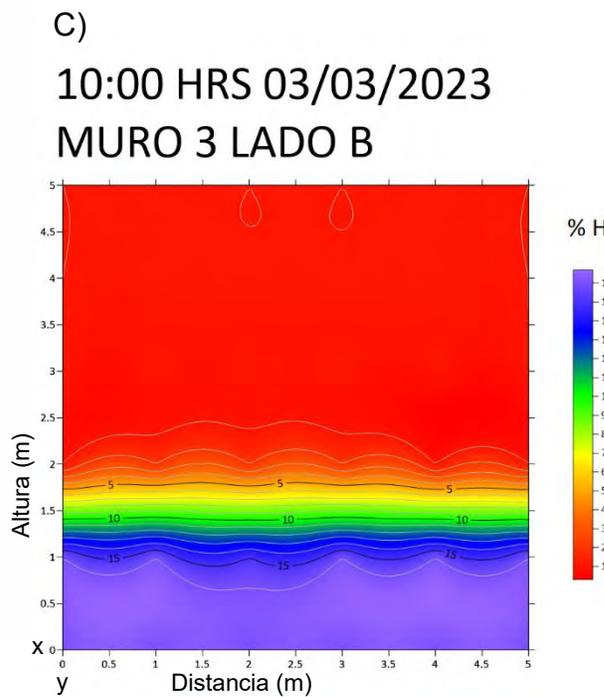
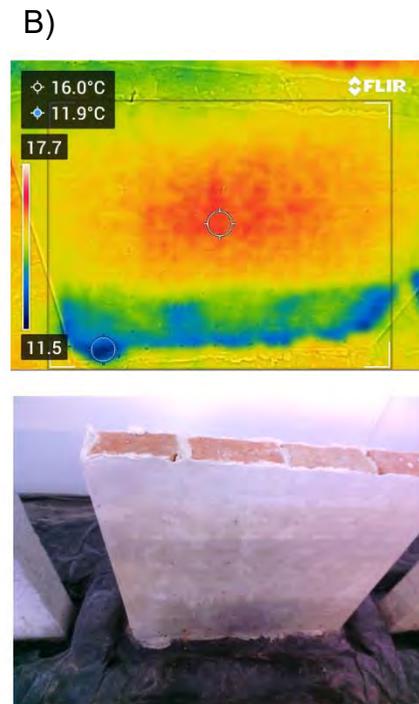
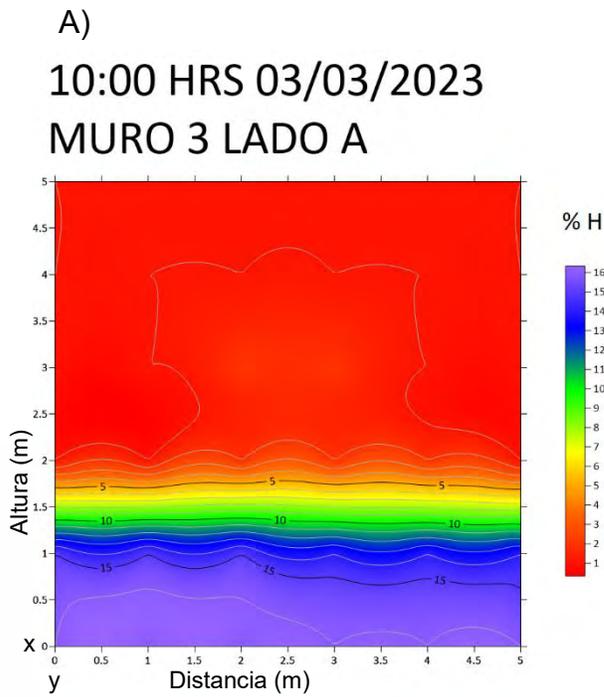
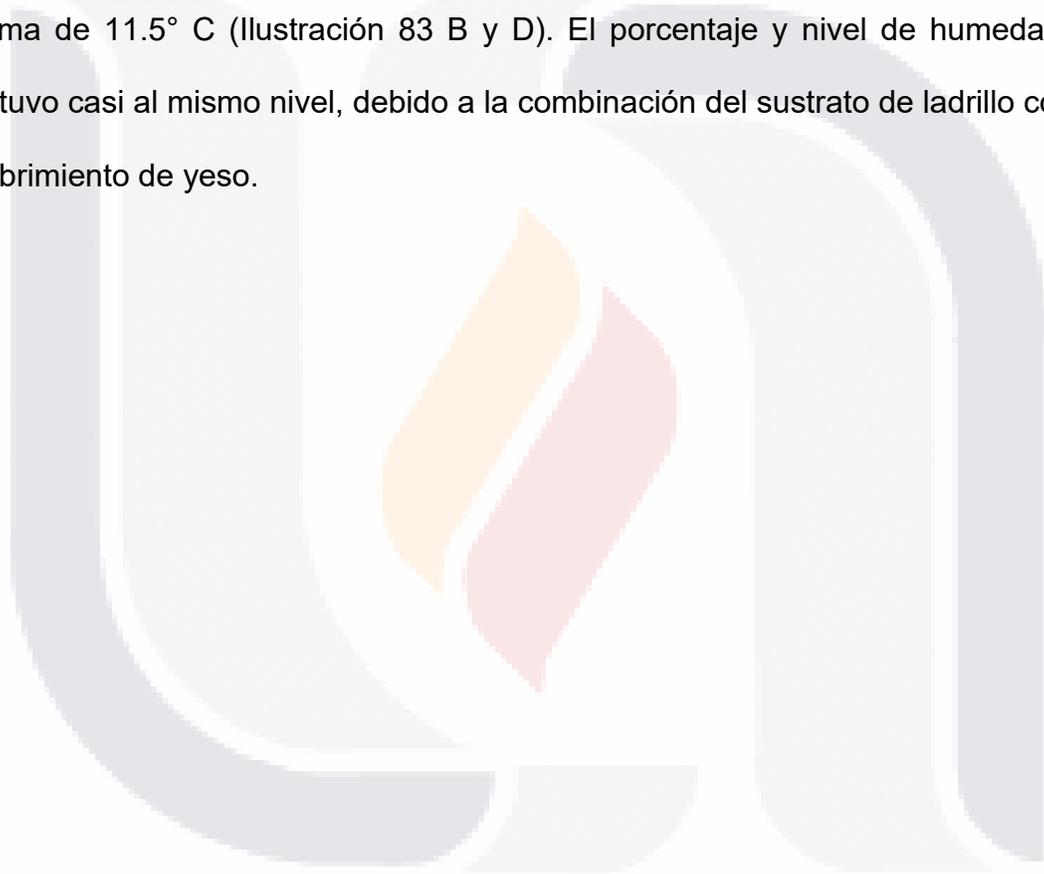
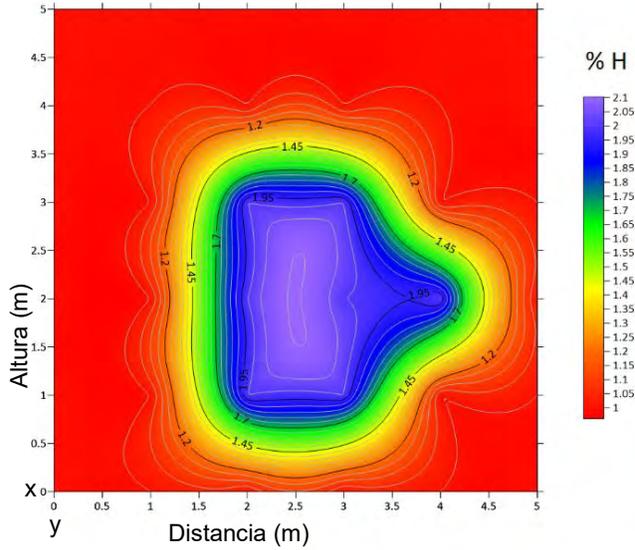


Ilustración 83 Lecturas Muro 3 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

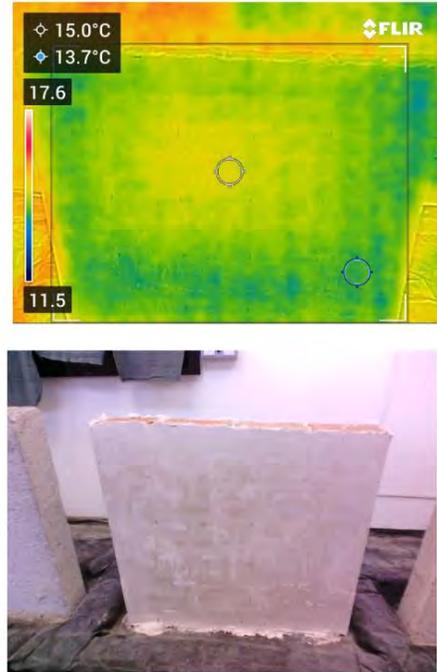
En la Ilustración 83 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 83 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11.5° C (Ilustración 83 B y D). El porcentaje y nivel de humedad se mantuvo casi al mismo nivel, debido a la combinación del sustrato de ladrillo con el recubrimiento de yeso.



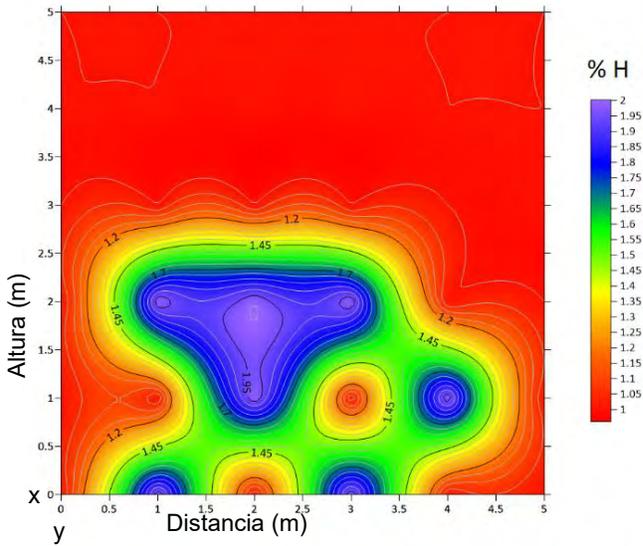
A)
15:00 HRS 17/02/2023
MURO 3 LADO A



B)



C)
15:00 HRS 17/02/2023
MURO 3 LADO B



D)

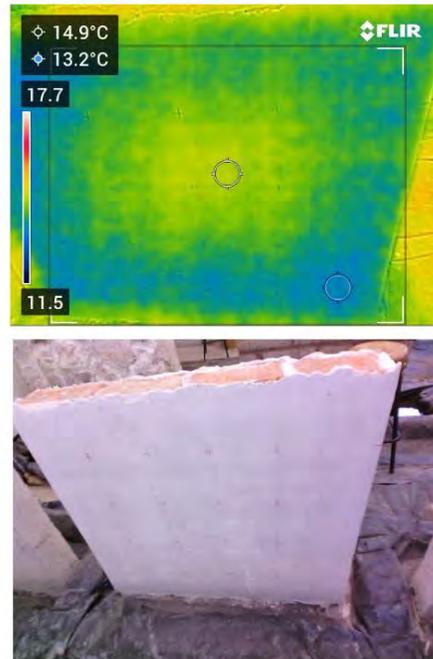
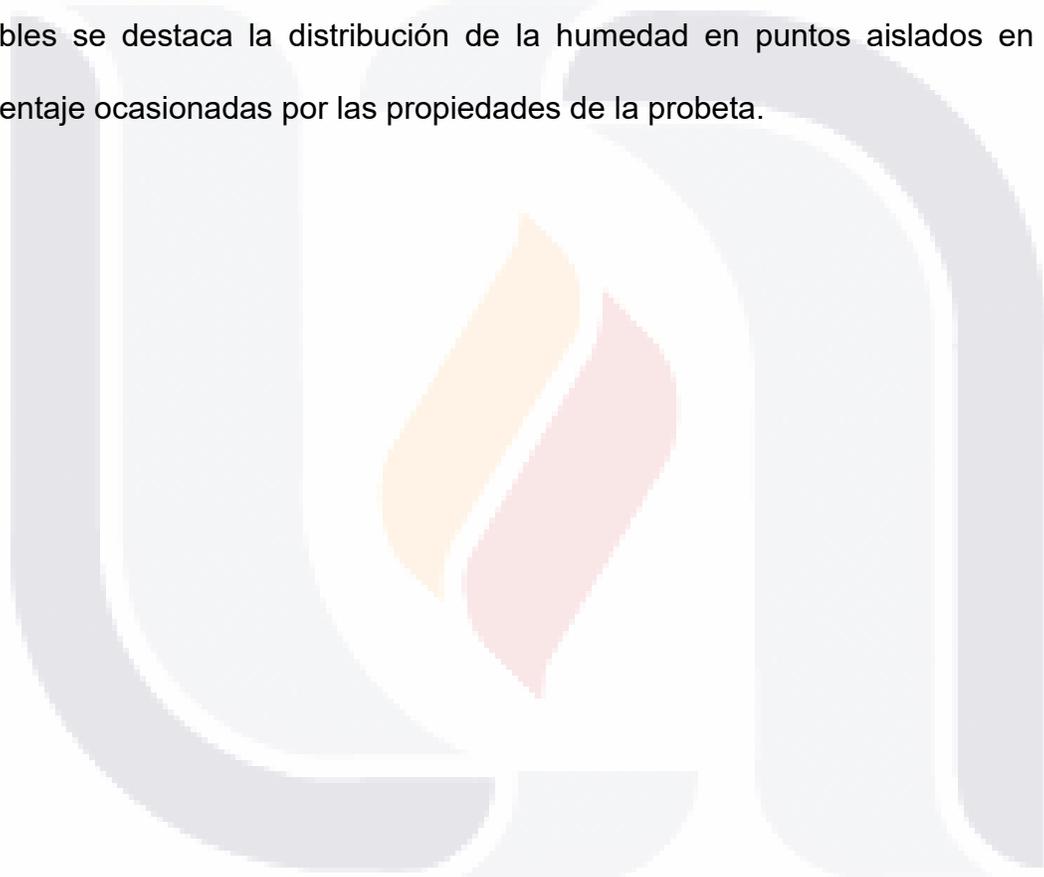
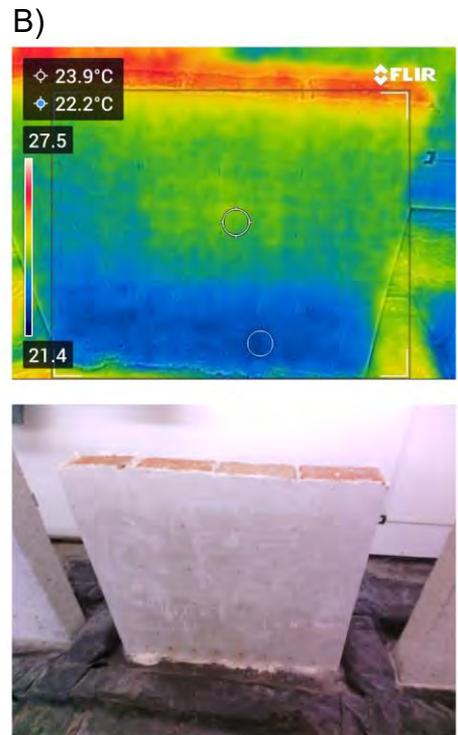
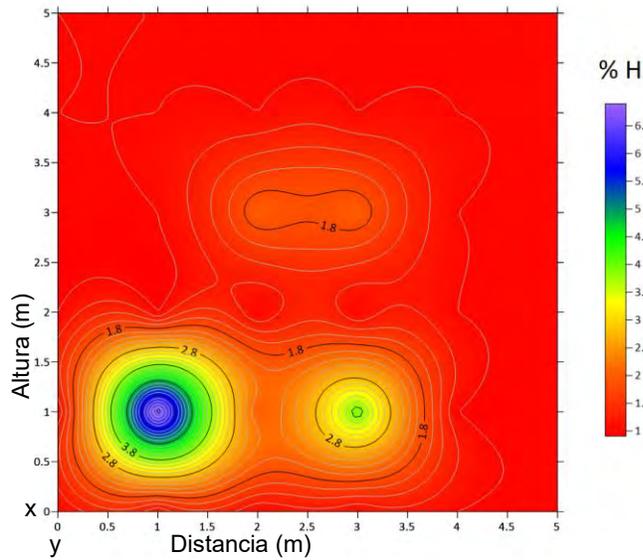


Ilustración 84 Lecturas Muro 3 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 84 se tienen las últimas lecturas, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 2.1% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 84 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11.5° C (Ilustración 84 B y D). Se pierde completamente el parecido entre los diagramas y las imágenes capturadas por la cámara, como observaciones notables se destaca la distribución de la humedad en puntos aislados en bajo porcentaje ocasionadas por las propiedades de la probeta.



A)
14:00 HRS 30/03/2023
MURO 3 LADO A



C)
14:00 HRS 30/03/2023
MURO 3 LADO B

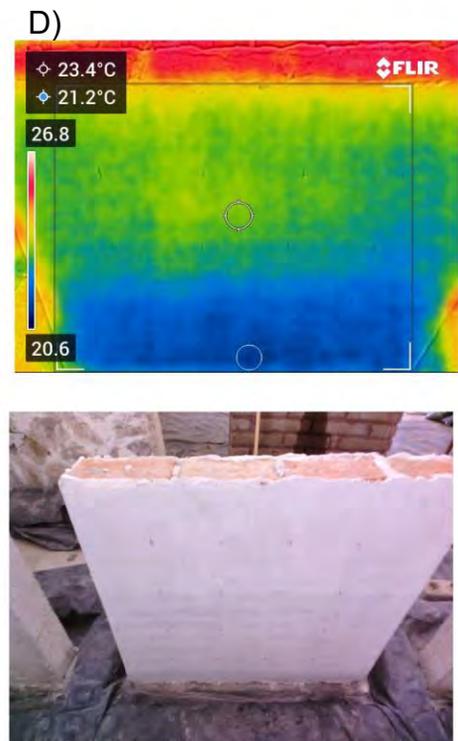
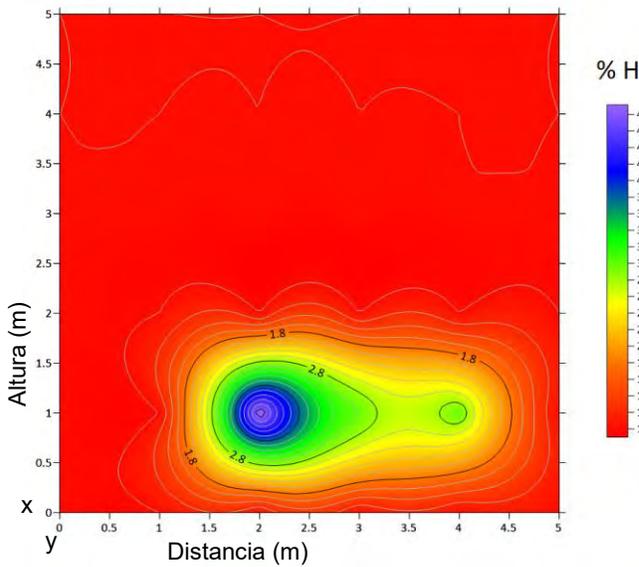
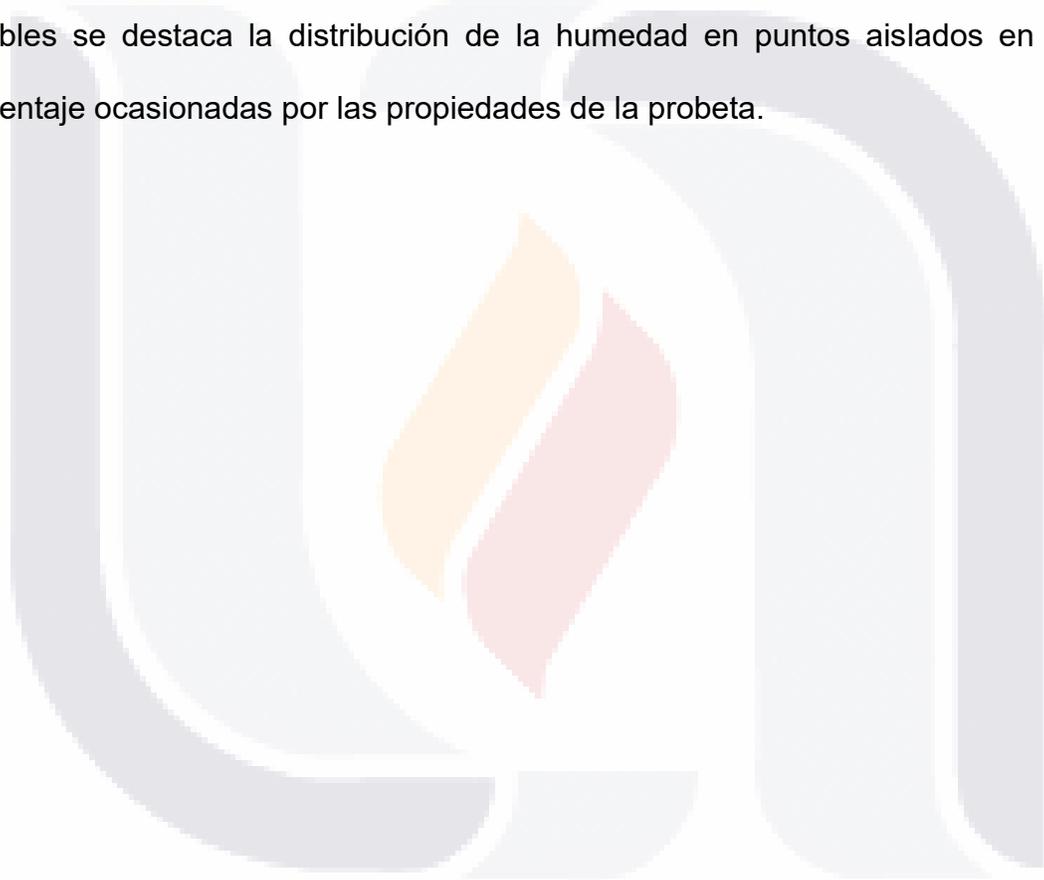


Ilustración 85 Lecturas Muro 3 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 85 se tienen las últimas lecturas, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 6.5% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 85 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 20.6° C (Ilustración 85 B y D). Se pierde completamente el parecido entre los diagramas y las imágenes capturadas por la cámara, como observaciones notables se destaca la distribución de la humedad en puntos aislados en bajo porcentaje ocasionadas por las propiedades de la probeta.



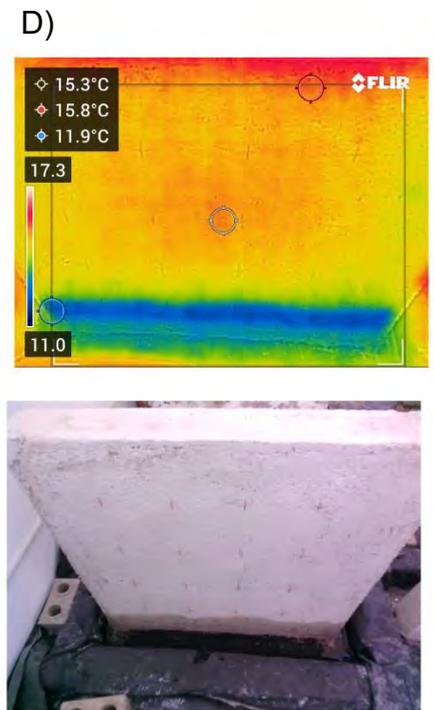
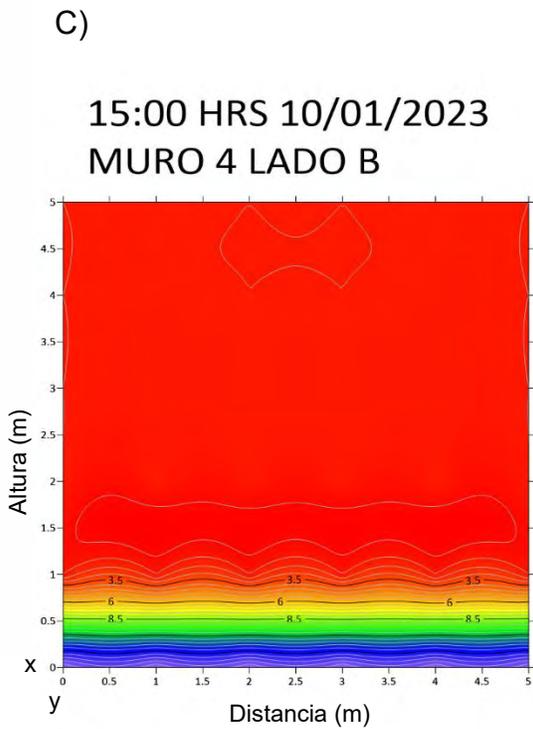
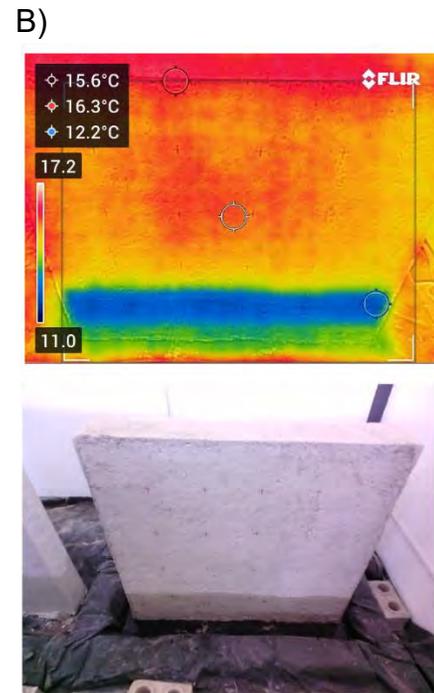
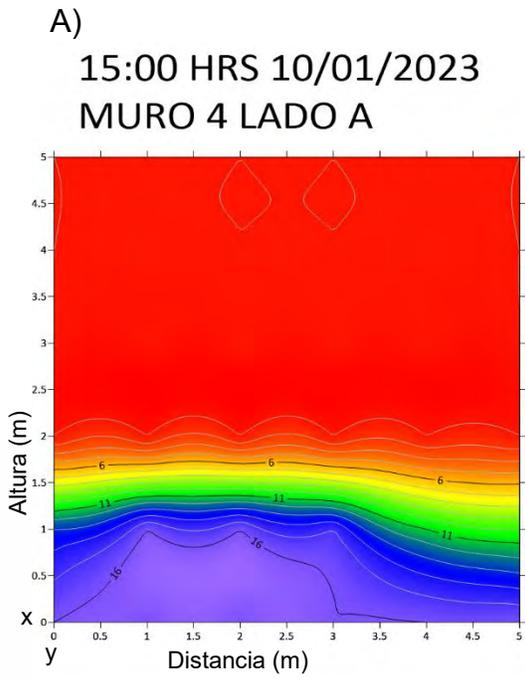
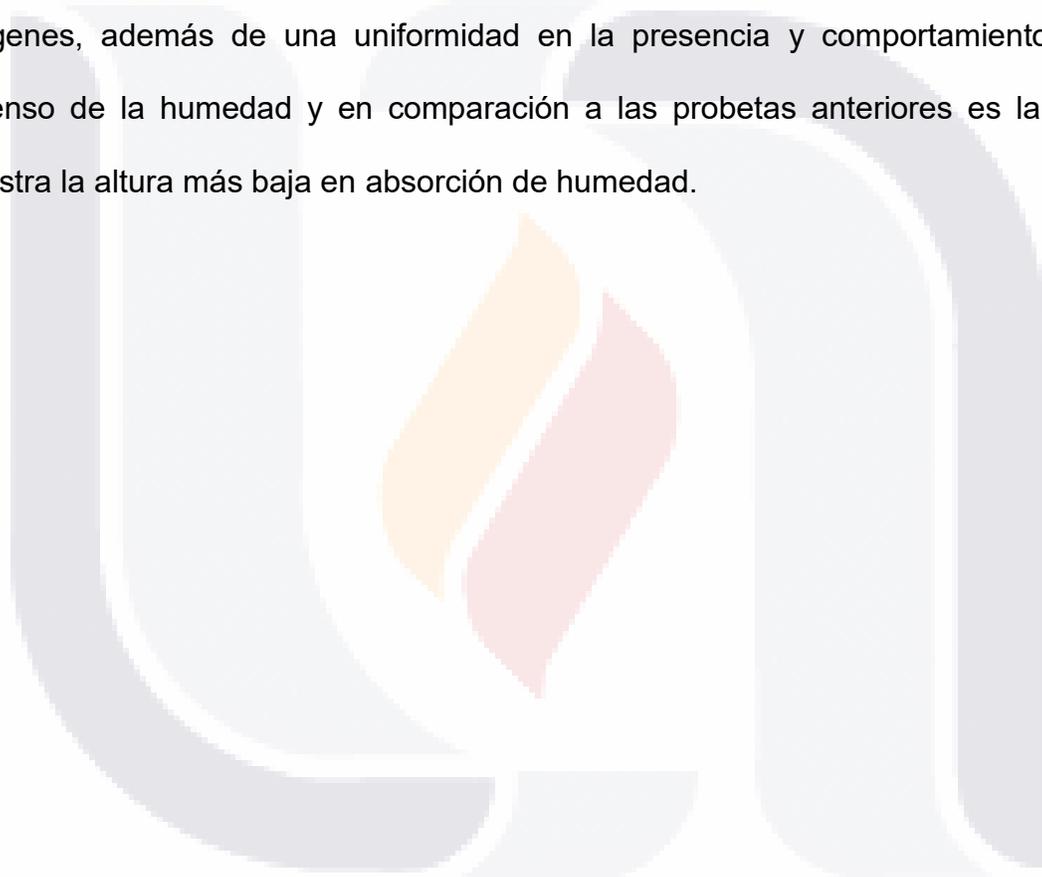


Ilustración 86 Lecturas Muro 4 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 86 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 86 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 11° C (Ilustración 86 B y D). Se observa un parecido muy preciso entre diagramas e imágenes, además de una uniformidad en la presencia y comportamiento del ascenso de la humedad y en comparación a las probetas anteriores es la que muestra la altura más baja en absorción de humedad.



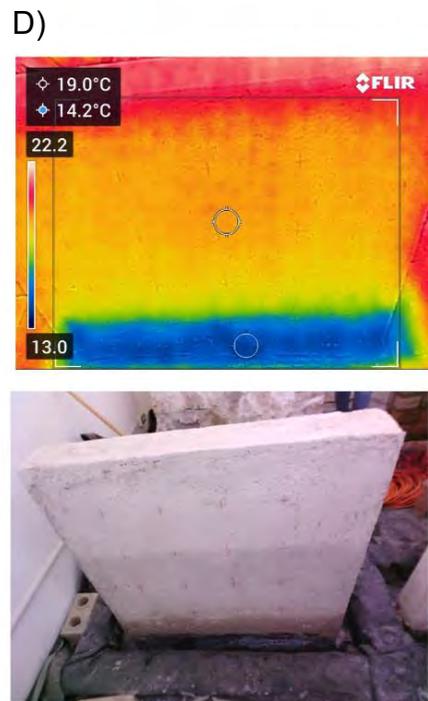
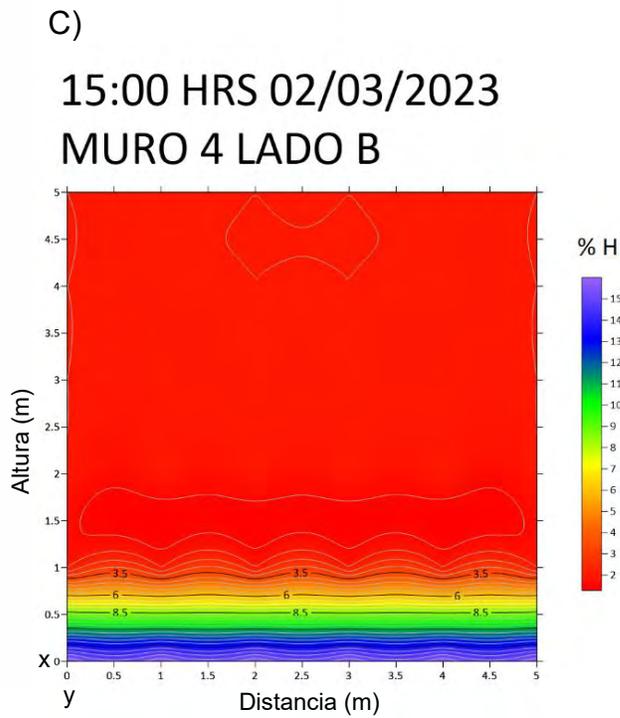
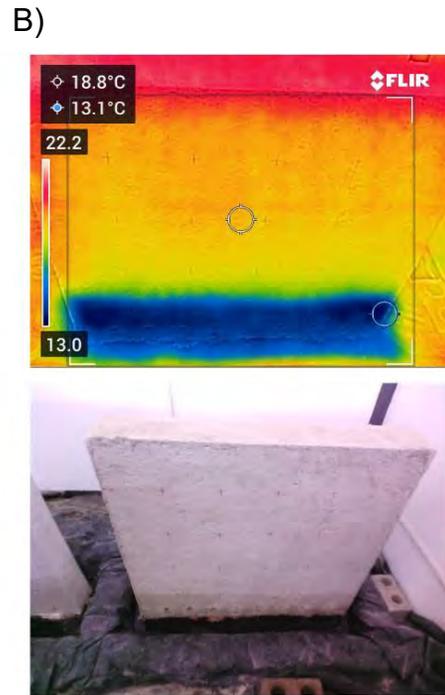
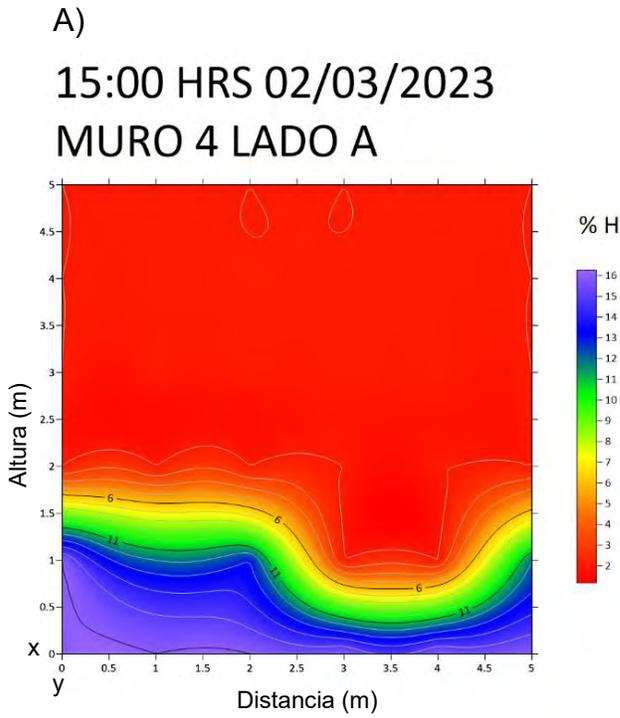
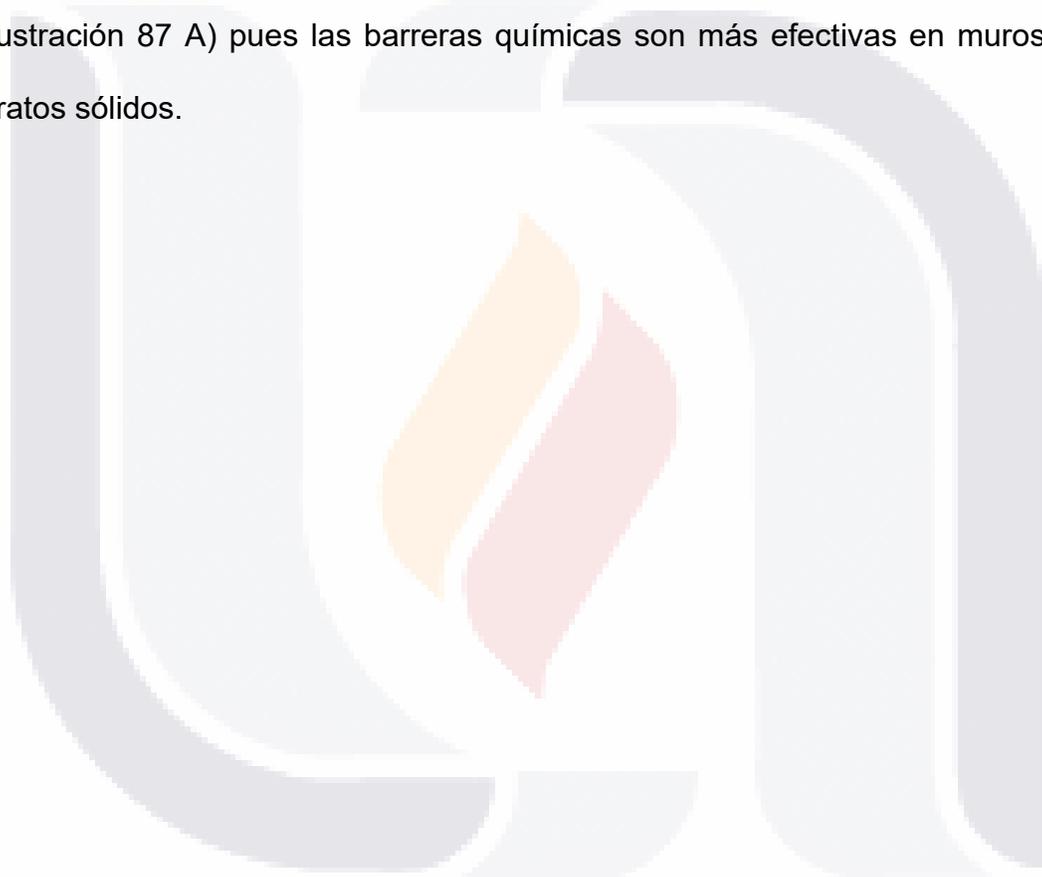


Ilustración 87 Lecturas Muro 4 - 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura. Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 87 se tienen las lecturas tomadas a las 15:00 horas del día siguiente de la primera lectura, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 87 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 13.0° C (Ilustración 87 B y D). Se puede observar un evidente rompimiento capilar en el lado A (ilustración 87 A) pues las barreras químicas son más efectivas en muros con sustratos sólidos.



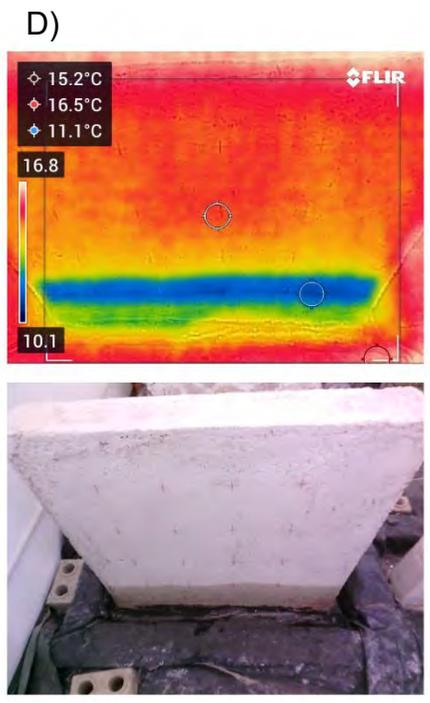
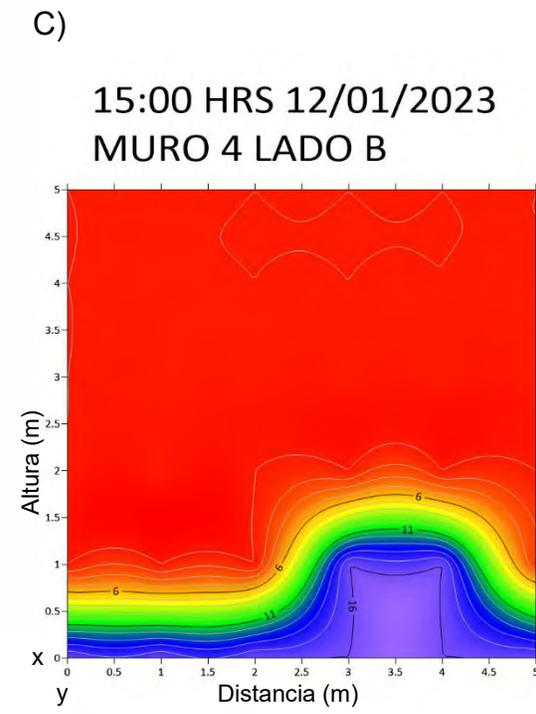
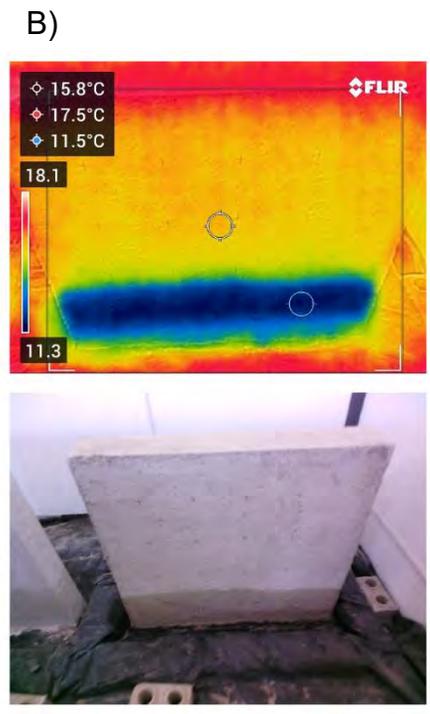
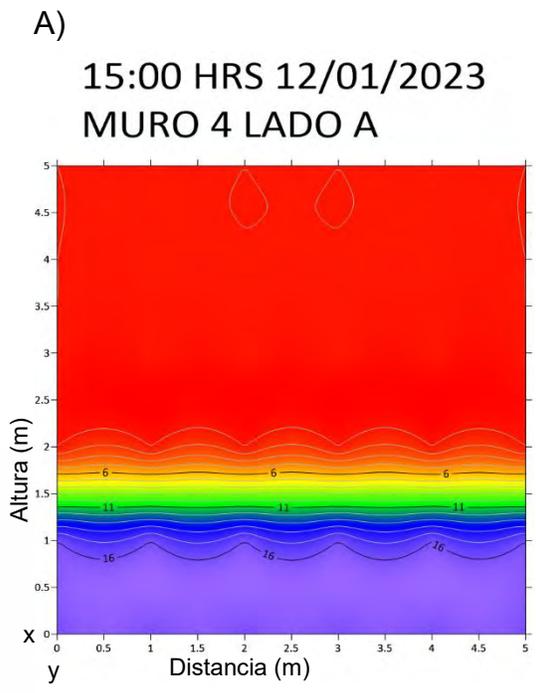
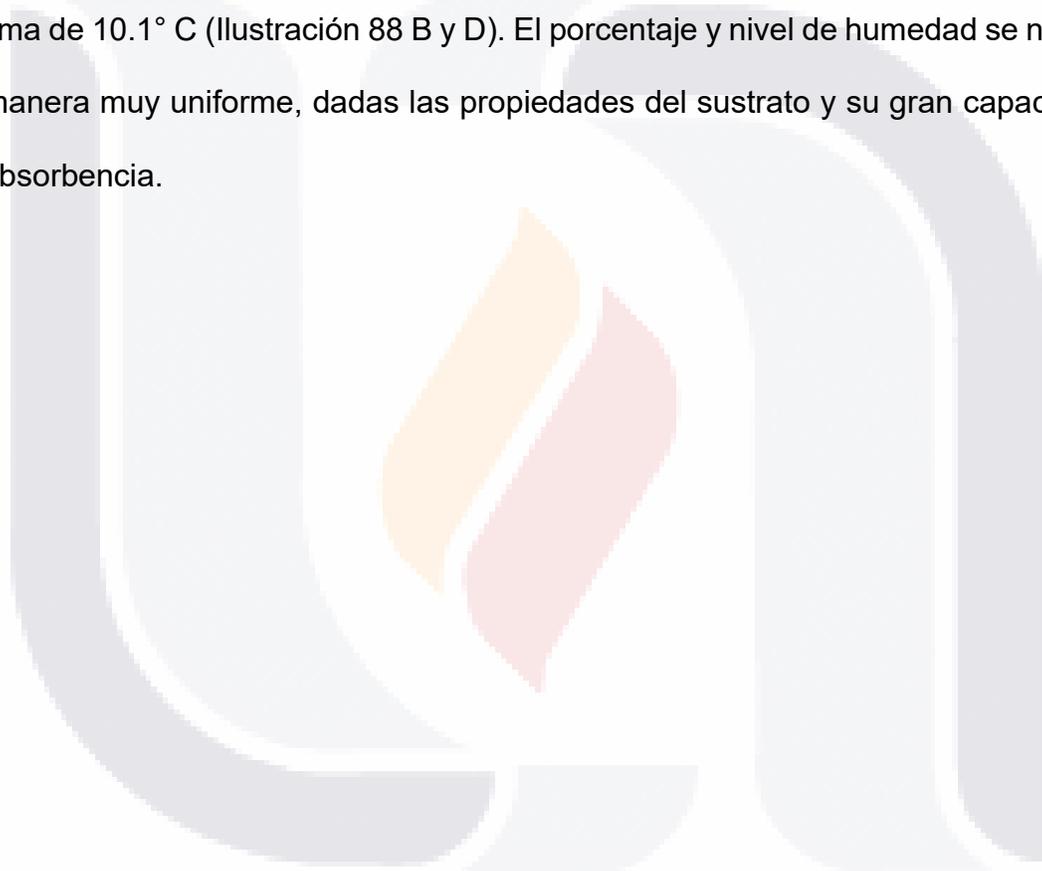


Ilustración 88 Lecturas Muro 4 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la primera parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 88 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 88 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 10.1° C (Ilustración 88 B y D). El porcentaje y nivel de humedad se niveló de manera muy uniforme, dadas las propiedades del sustrato y su gran capacidad de absorberencia.



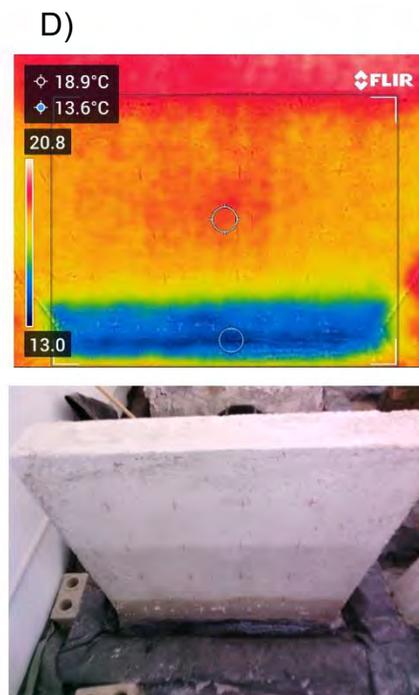
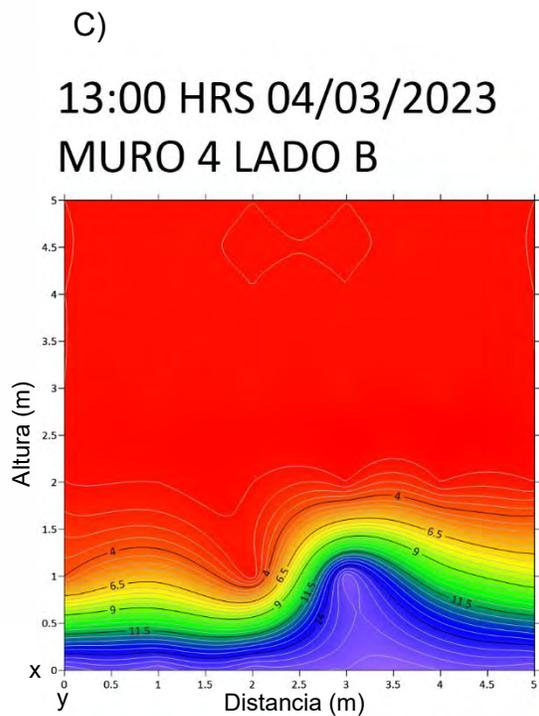
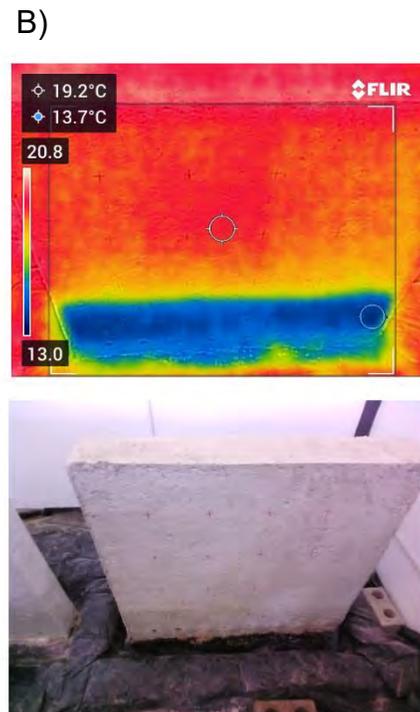
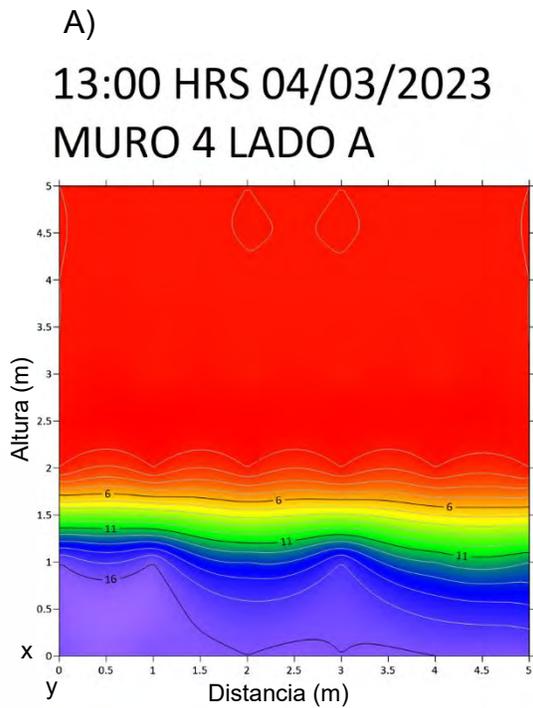
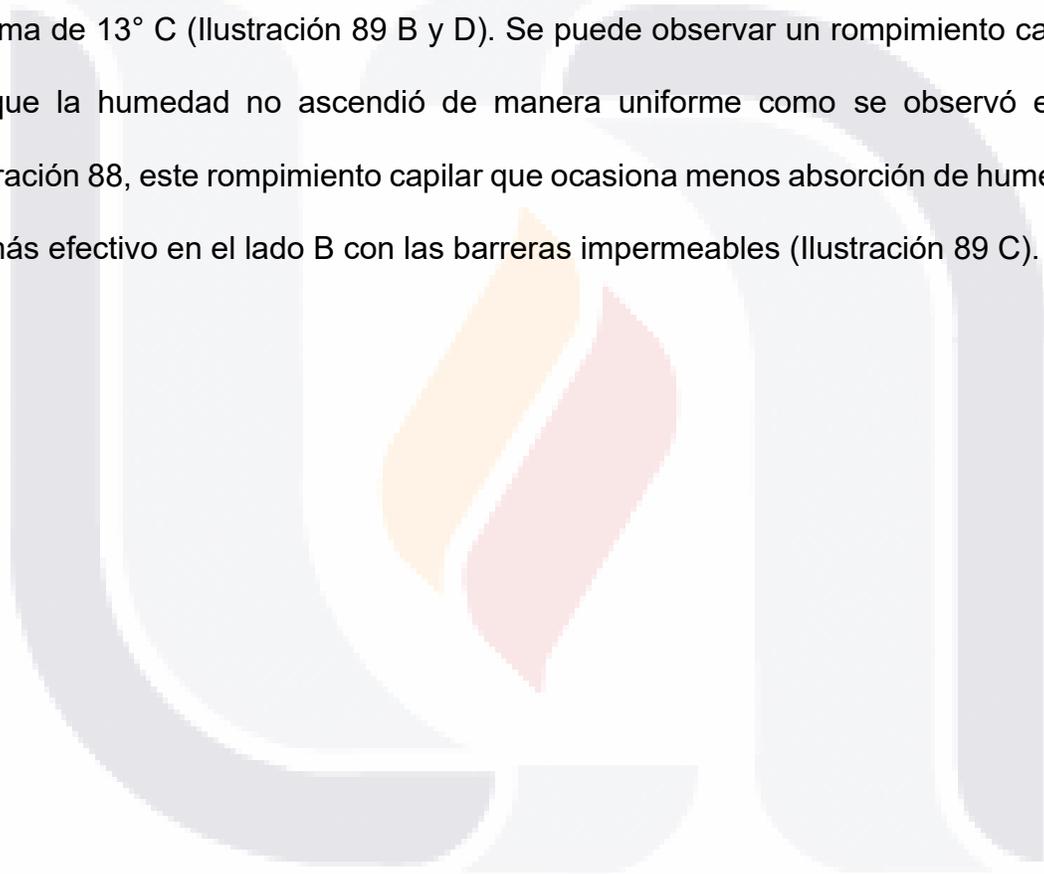


Ilustración 89 Lecturas Muro 4 - Primera lectura después de la máxima capacidad de absorción en la segunda parte de la campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 89 se tienen las lecturas tomadas en el punto máximo de absorción, es decir, cuando la probeta había absorbido los 20 litros de agua suministrados y la cuenca se encontraba vacía, con los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 16% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 89 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 13° C (Ilustración 89 B y D). Se puede observar un rompimiento capilar ya que la humedad no ascendió de manera uniforme como se observó en la ilustración 88, este rompimiento capilar que ocasiona menos absorción de humedad es más efectivo en el lado B con las barreras impermeables (Ilustración 89 C).



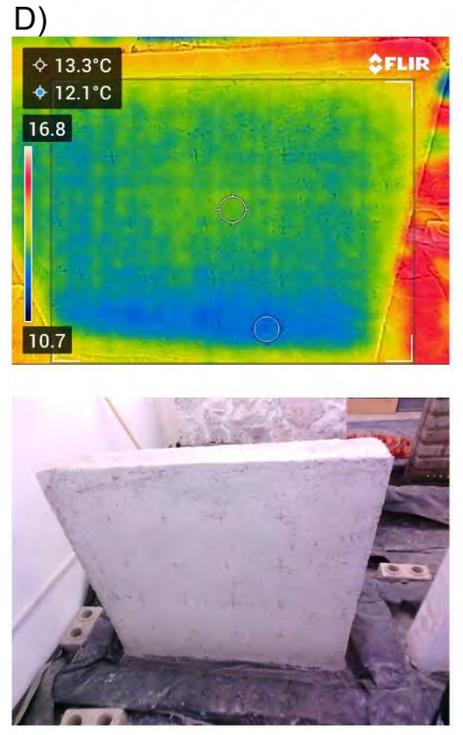
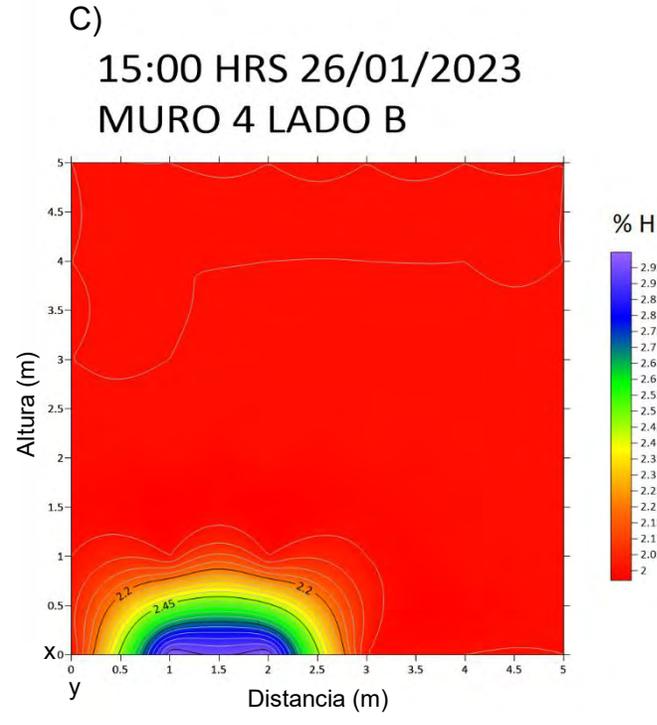
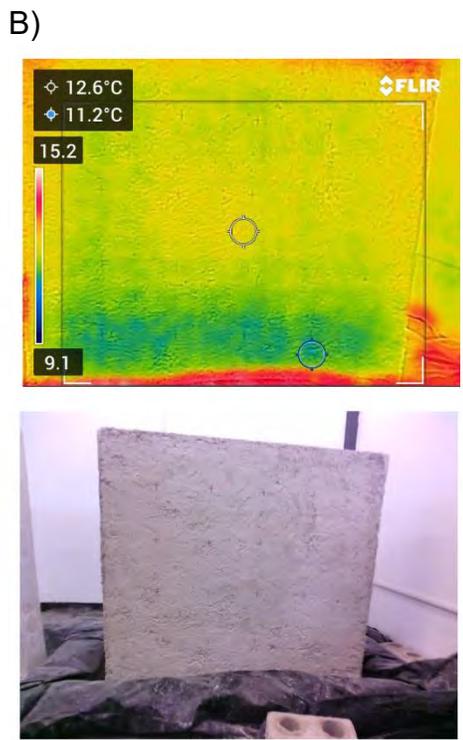
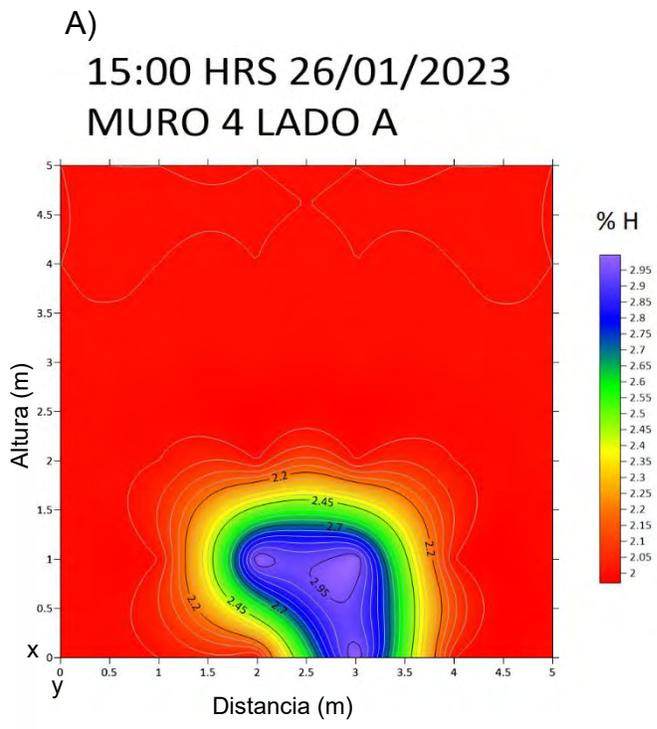
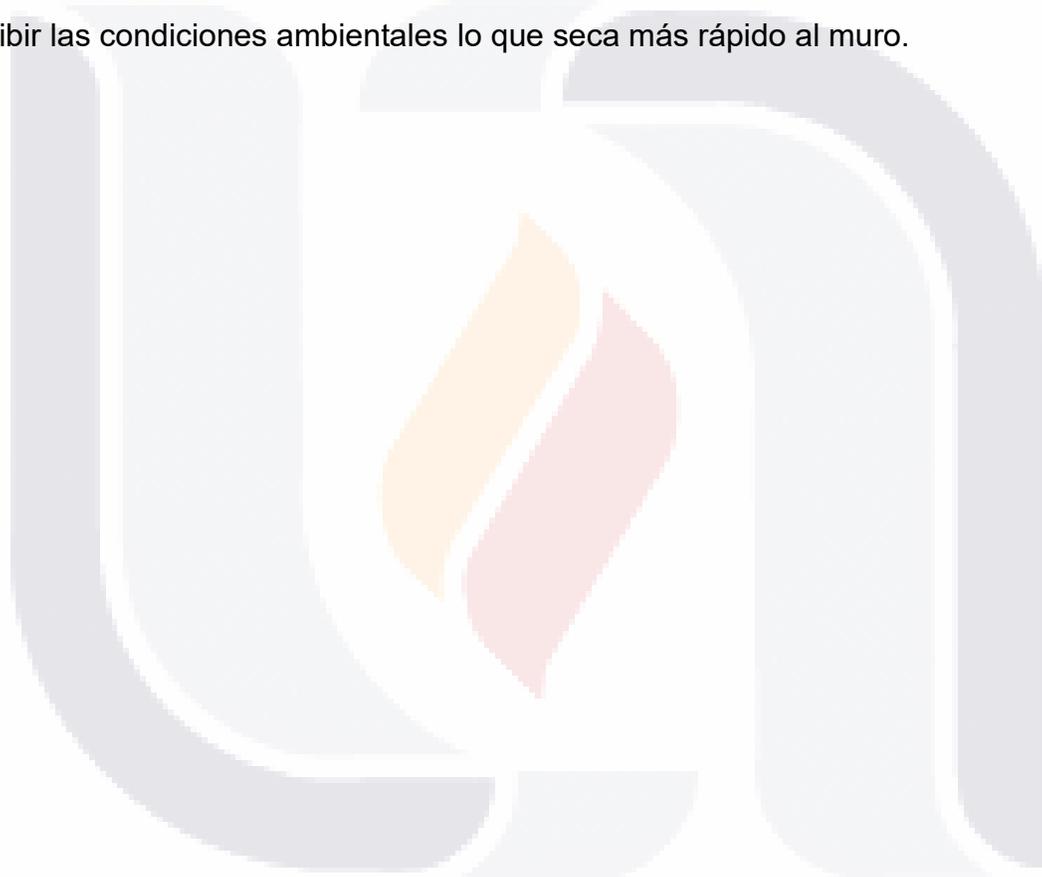
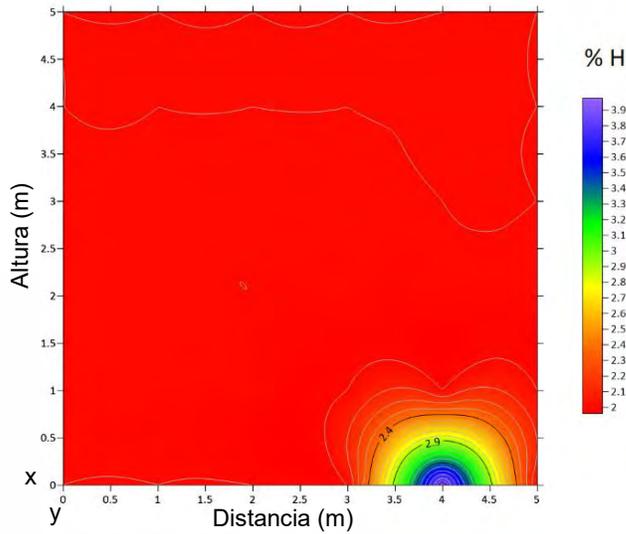


Ilustración 90 Lecturas Muro 4 - Última lectura con humedad presente en la probeta. Primera parte de campaña experimental. Imagen del autor.

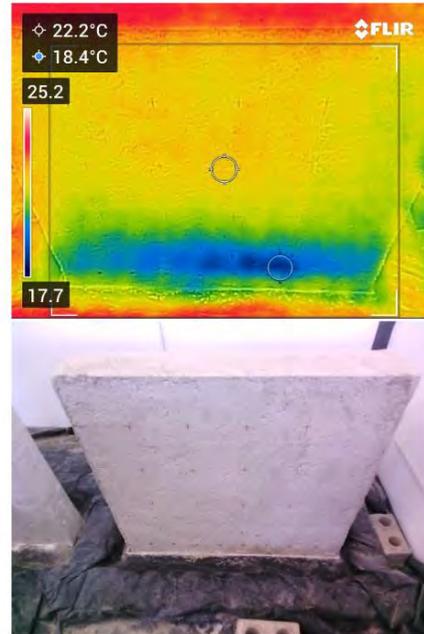
En la Ilustración 90 se tienen las últimas lecturas, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 2.95% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 90 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 9.1° C (Ilustración 90 B y D). Se puede observar que los últimos puntos en liberar la humedad son los del centro puesto que los extremos son propensos a percibir las condiciones ambientales lo que seca más rápido al muro.



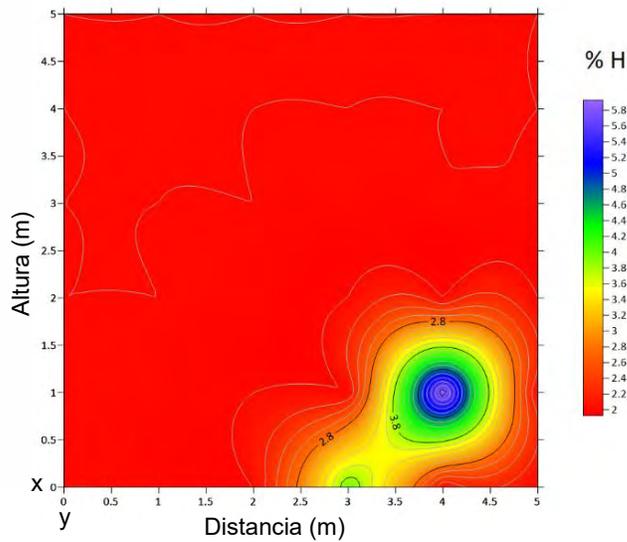
A)
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 4 LADO A



B)



C)
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 4 LADO B



D)

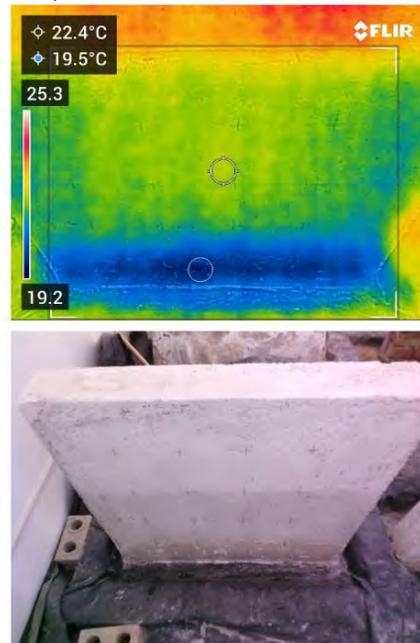
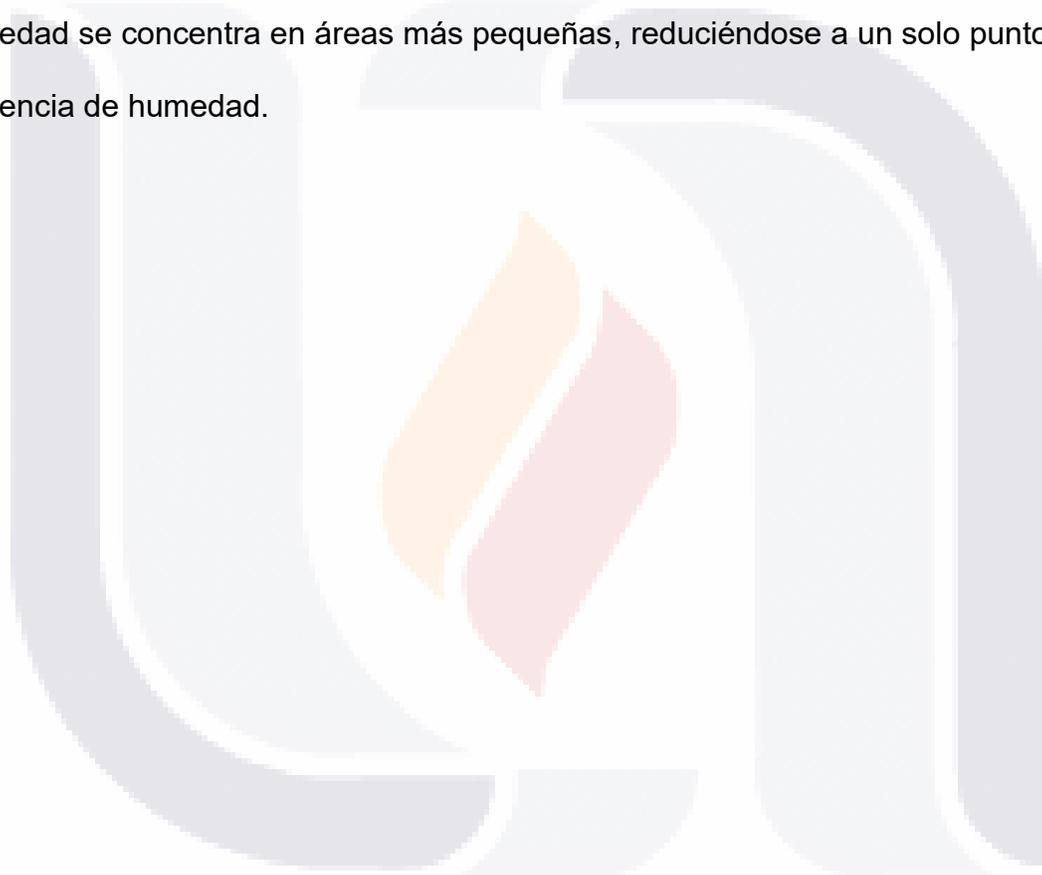


Ilustración 91 Lecturas Muro 4 - Última lectura con humedad presente en la probeta.
Segunda parte de campaña experimental. Imagen del autor.

En la Ilustración 91 se tienen las últimas lecturas, sin los métodos de control aplicados, se observan lecturas máximas de un porcentaje de humedad del 3.9% capturadas con el FLIR MR55 en ambos lados de la probeta (Ilustración 91 A y C), mientras que con la cámara termográfica podemos observar una temperatura mínima de 17.7° C (Ilustración 91 B y D). A pesar de que el porcentaje de humedad es mayor en comparación a las lecturas observadas en la ilustración 90, esta humedad se concentra en áreas más pequeñas, reduciéndose a un solo punto con presencia de humedad.



De esta manera, se puede realizar una comparativa entre la eficiencia de los métodos dadas las propiedades de las probetas, principalmente comparando los aumentos porcentuales del tiempo de absorción y la disminución del tiempo de secado. Esto nos indica que tipo de método de control es más efectivo, dependiendo de los componentes del muro, su sustrato y recubrimiento, tal como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Tabla del autor, Comparación final entre métodos de control de humedades y sus porcentajes de eficacia.

Probeta	Muro 1	Muro 2	Muro 3	Muro 4
Sustrato	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.
Recubrimiento	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)
Aumento porcentual del tiempo de absorción	4%	4%	58%	6%
Disminución porcentual del tiempo de secado	39%	42%	27%	36%
Método de control más eficiente	Barrera química	Barrera química	Barrera química	Barrera impermeable

6.3 Análisis de instrumentos de medición

Se diseñó un proceso mediante el FLIR MR55 en conjunto del programa SURFER 16 en el cual se realizó un esquema cuyos valores son más sencillos de interpretar, esto en conjunto con la recolección de datos de campo en Excel nos permite una evaluación más precisa, que si bien, conlleva más tiempo que la metodología con la cámara FLIR C5, nos arroja mejores resultados y medidos en porcentaje de humedad. Así pues, podemos concluir que el mejor método de medición resulta ser el FLIR MR55.

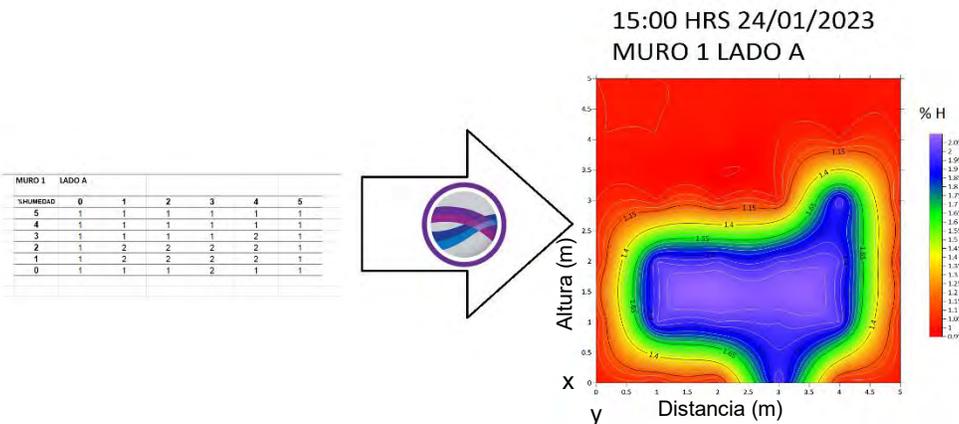


Ilustración 92 Conversión de resultados de tabla de Excel (captura) a esquema en Surfer 16 (procesamiento). Imagen del autor.

Tabla 13. Tabla del autor, Comparativa entre los métodos de medición utilizados durante la ejecución de la campaña experimental.

Método de medición	FLIR MR55	FLIR C5
Unidad de medición	Porcentaje de humedad	Grados Celsius
Tiempo de medición (por probeta)	15 minutos	1 minuto
Procesamiento de datos (por probeta)	30 minutos	5 minutos
Uso de Software	Excel + Surfer 16	Flir tools

6.4 Análisis de materiales que componen las probetas

Se puede realizar una comparativa entre las probetas sobre los fenómenos sufridos a lo largo de la primera parte de la campaña experimental, debido a que la cantidad de agua y las condiciones ambientales fueron las mismas para cada uno de los muros.

Realizando un análisis comparativo sobre los tiempos de absorción, secado, así como el nivel máximo de absorción y las patologías desarrolladas por los muros se puede observar que el sustrato más adecuado para evitar la humedad por capilaridad es el Block hueco de concreto 15*20*40 cm. Debido a que este tiene la capacidad de realizar una ventilación interna gracias a sus características huecas, esto proporciona a los muros gran capacidad de secado y un menor desarrollo de patologías. A su vez, el mejor recubrimiento es el Mortero cemento cal arena (1:1:6), ya que tiene una capacidad de absorción baja y de secado alto, lo que dificulta el desarrollo de patologías.

Por otro lado, tenemos el ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm. el cual tiene un grado de absorción muy alto y de secado lento, de la misma manera el recubrimiento de Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.), al reaccionar fácilmente con agua tiene características similares de rápida absorción y lento secado, además de presentar condiciones aptas para el desarrollo de patologías graves en los muros.

La combinación de un sustrato y recubrimiento de baja absorción alto secado resulta en condiciones óptimas para evitar la humedad por capilaridad, así como patologías en consecuencia del fenómeno. Mientras que el uso de un buen sustrato y un mal recubrimiento, o viceversa, resulta adecuado para una baja humedad por

capilaridad con patologías ligeras. Por último, la combinación de un mal sustrato y recubrimiento resulta pésimo para los muros, con un alto nivel de desarrollo de patologías y por supuesto gran índice de capilaridad.

Tabla 14. Tabla del autor, Comparativa entre probetas a lo largo de la primera parte de la campaña experimental.

Probeta	Muro 1	Muro 2	Muro 3	Muro 4
Sustrato	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.
Recubrimiento	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)
Tiempo de absorción de 20 lts de agua (horas aproximadas)	96 horas	350 horas	24 horas	60 horas
Tiempo de secado a partir de la absorción total (días)	13 días	24 días	38 días	14 días
Altura máxima de absorción (cm)	70 cm	30 cm	40 cm	30 cm
Patología presente en el muro	Eflorescencias ligeras	Ninguna	Eflorescencias graves y manchas amarillas	Eflorescencias regulares

Las eflorescencias se catalogan como ligeras cuando se desprenden fácilmente y no causan un estrago muy grave en el muro, esto debido a un contenido

bajo en sales en comparación con eflorescencias regulares que se manifiestan de manera que al desprenderse dejan el recubrimiento con una marca en donde se encontraba el cúmulo de minerales, por último nos referimos como eflorescencias graves a aquellas que presentan una gran concentración de sales y minerales cuyo efecto en el muro causa desprendimiento del recubrimiento así como la aparición de manchas amarillas (ICOMOS, 2011).

Es importante tomar en cuenta que la solución salina, transportada por la humedad ascendente en el interior de la pared y al recubrimiento, puede atravesar este último en función de la porosidad respectiva de las capas y a la eficacia hidrófuga específica de cada mezcla de mortero (Falchi, L., Zendri, E., Capovilla, E., Romagnoni, P., & De Bei, M. 2017).

La piedra caliza tiene un extenso uso en todo el mundo como material de construcción y reconstrucción. Por desgracia, la piedra caliza es especialmente susceptible a la meteorización salina, que acaba provocando su rotura. Los daños causados por la sal se consideran un riesgo común que desempeña un papel importante en el deterioro de los materiales porosos (Cardell, C., Benavente, D., & Rodríguez-Gordillo, J. 2008).

Estos últimos autores discuten la relación entre la porosidad, el tamaño del poro y la capacidad de evaporación dependiendo el espesor, así como los materiales del sustrato o recubrimiento de un muro, debido a los alcances y tiempos del proyecto de investigación, se estudiaron únicamente los propuestos en esta tesis.

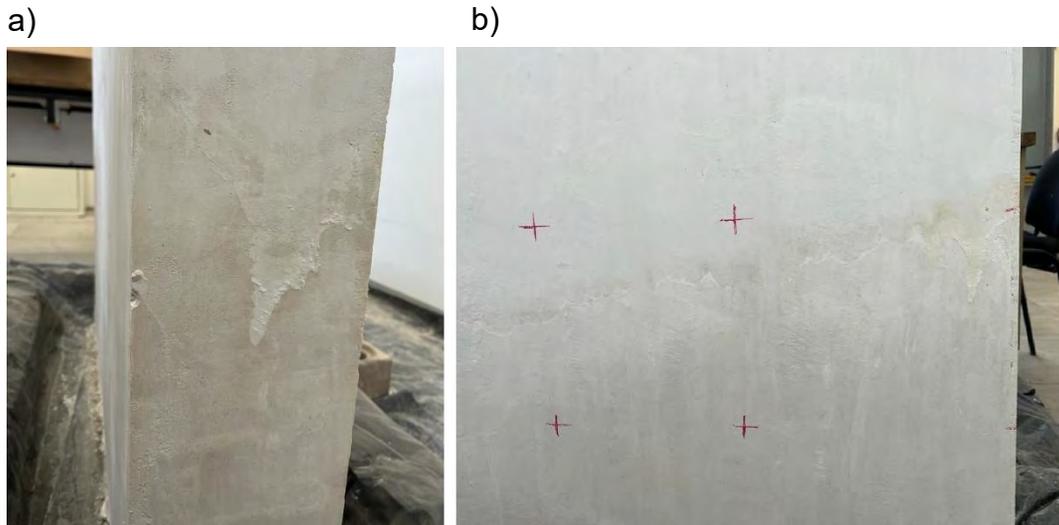


Ilustración 94 Eflorescencias presentes en el muro 1, a) lateral derecho, b) eflorescencia ascendente. Imagen del autor.

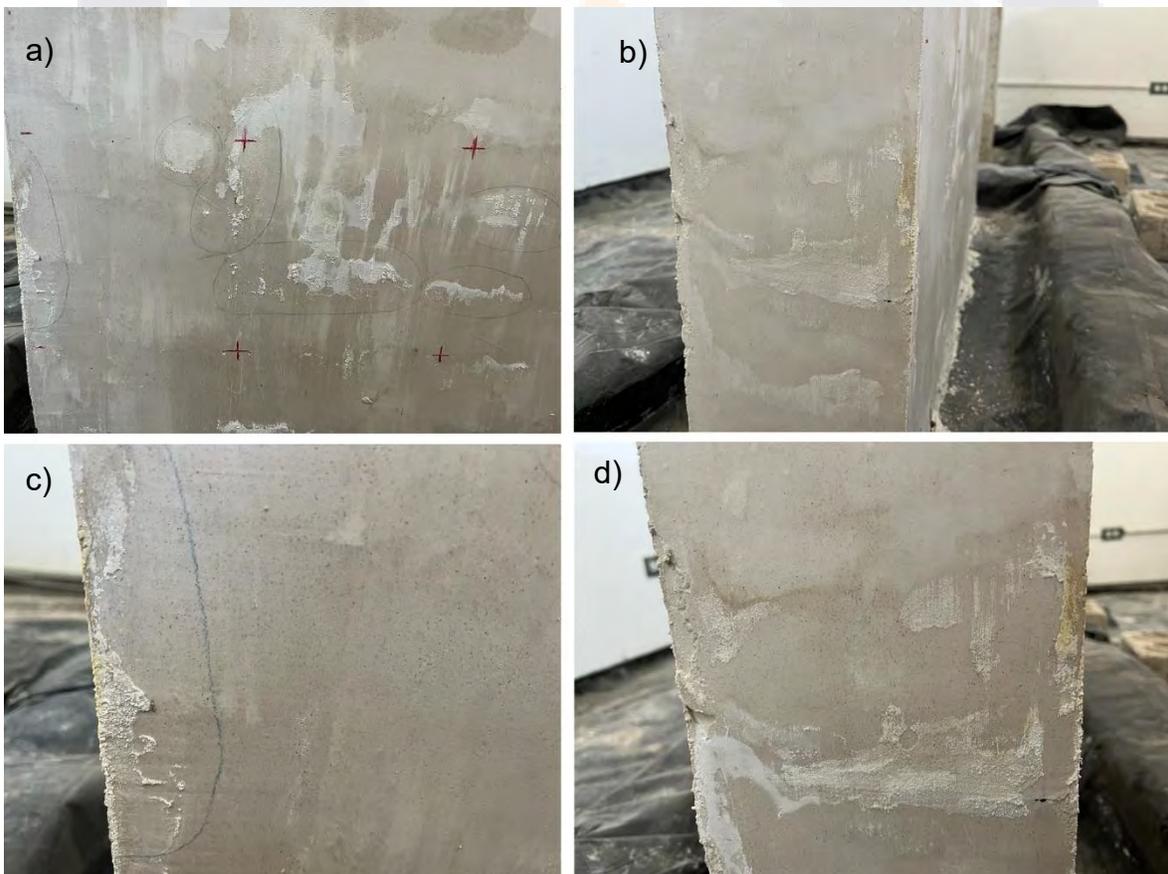


Ilustración 93 Eflorescencias y manchas presentes en el muro 3. a) eflorescencias aisladas en el lado A, b) manchas en el lateral izquierdo, c) eflorescencia creciente en el borde del muro, d) manchas y eflorescencias. Imagen del autor.

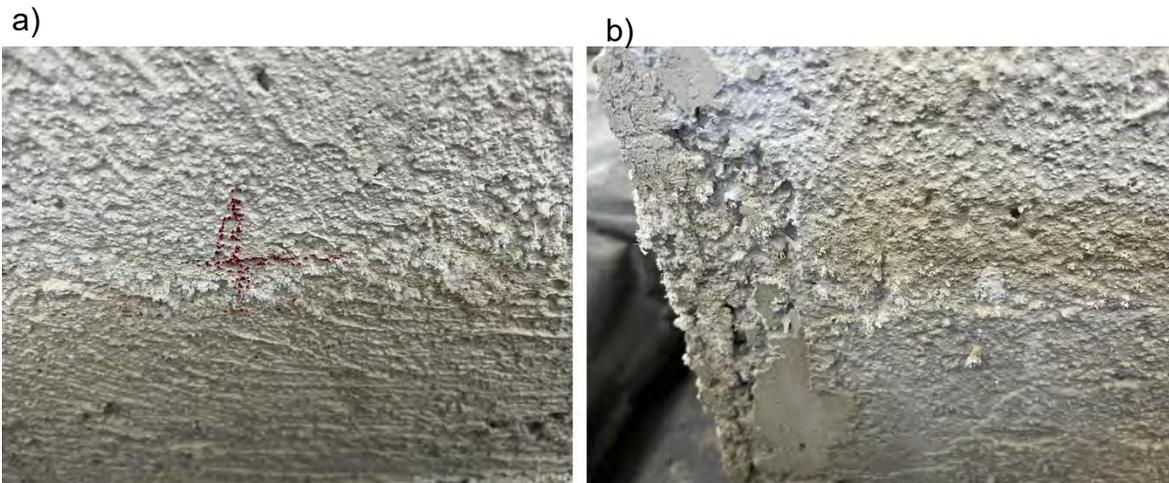


Ilustración 95 Eflorescencias presentes en el muro 4, a)eflorescencia con manchas amarillas, b) salitre en el lateral.. Imagen del autor.

6.5 Análisis de métodos de control de humedad capilar

Se realizó una comparativa entre la primera y la segunda parte de la campaña, además de los lados A y B de las probetas, pues en el lado A se aplicaron las barreras químicas, mientras que en el lado B la barrera impermeable, de esta manera se puede realizar un análisis en el cual podemos observar la eficacia entre los métodos y su relación con los materiales de las probetas, ya que puede resultar eficiente para un tipo de sustrato o recubrimiento, pero ineficaz para otro.

Tabla 15. Tabla del autor, Comparativa entre probetas y los métodos de control de humedad a lo largo de la primera y segunda parte de la campaña experimental.

Probeta	Muro 1	Muro 2	Muro 3	Muro 4
Sustrato	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Block hueco de concreto 15*20*40 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.	Ladrillo rojo recocido 7*14*28 cm.
Recubrimiento	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)	Yeso (1/2 Litro de agua por cada kg.)	Mortero cemento cal arena (1:1:6)
Tiempo de absorción en la Primera parte de la campaña (horas aproximadas)	96 horas	350 horas	24 horas	60 horas
Tiempo de absorción en la Segunda parte de la campaña (horas aproximadas)	100 horas	364 horas	38 horas	64 horas
Tiempo de secado a partir de la absorción total en la Primera parte de la campaña (días)	13 días	24 días	38 días	14 días
Tiempo de secado a partir de la absorción total en la Segunda parte de la campaña (días)	8 días	14 días	28 días	9 días
Altura máxima de absorción Sin métodos de control (cm)	70 cm	30 cm	40 cm	30 cm
Altura máxima de absorción Barreras químicas Lado A (cm)	50 cm	25 cm	30 cm	30 cm

Altura máxima de absorción Barrera impermeable Lado B (cm)	60 cm	30 cm	35 cm	25 cm
--	-------	-------	-------	-------

Lo primero que se puede observar es un aumento en el tiempo de absorción, 4% en el caso del muro 1 y 2, 58% en el muro 3 y 6% para el muro 4, lo cual es un indicador de su disminución capilar. Además, se observó una disminución en el tiempo de secado de las probetas, 39% para el muro 1, 42% en el muro 2, 27% en el muro 3 y 36% en el muro 4, este aumento de velocidad está relacionado con los materiales de los que se componen las probetas, coincidiendo con la eficiencia expuesta en las conclusiones de los materiales, por lo que se puede deducir la misma relación entre el sustrato, recubrimiento y aplicación de los métodos de control.

Posteriormente en cuanto a las alturas en el Lado A de las probetas, correspondientes al método por barreras químicas, podemos observar una disminución en la mayoría de las probetas, 20 cm para el muro 1, 5 cm en el muro 2, 10 cm en el muro 3 y 0 cm en el muro 4. Por parte del método de barrera impermeable, correspondiente al Lado B de las probetas tenemos 10 cm menos en el muro 1, 0 cm en el muro 2 y 5 cm en los muros 3 y 4. Aunado a esto tenemos una disminución en el área afectada de las probetas, pues en la mayoría de las lecturas después de ser aplicados los métodos de control, se puede observar un área con porcentajes de humedad más bajos, además de una superficie menor afectada, y por consecuencia menor o nula aparición de patologías presentes en los muros.

Podemos entonces concluir que las barreras químicas son eficaces en el control de humedades para los muros 1, 2 y 3, sin embargo, para el muro 4 resulta más eficiente el control por barreras impermeables. De cualquier forma, el uso en conjunto de ambos métodos podría resultar en un sistema más eficiente para cualquier tipo de muro y así poder controlar la humedad por capilaridad.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

CONCLUSIONES

EVALUACION EXPERIIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE MECANISMOS Y
TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE HUMEDADES EN
MUROS MODERNOS

7. Conclusiones

7.1 Conclusiones generales

Es importante tener en cuenta que las condiciones de humedad a las que se sometieron las probetas fueron excesivas, para de esta manera acelerar el ciclo en el cual un muro puede desarrollar humedad capilar, las condiciones de campo conllevan más tiempo en el desarrollo del fenómeno y sus patologías, debido a que, por lo regular, los muros no están en contacto directo con el agua, sino que absorben la humedad presente en el suelo de la construcción o de algún mueble o tubería de manera directa. Fue por esta razón que la diferencia entre los métodos se vio reducida en cuanto a tiempo y altura de absorción, sin embargo, la sutileza entre las partes de la campaña nos presentó un escenario en el cual es posible identificar la eficacia de los productos aplicados.

Después de un análisis de resultados se estableció una metodología adecuada en cuanto a los sistemas de detección, la cámara C5 es un indicador inicial de presencia de humedad, que en conjunto con el FLIR MR55 y el programa Surfer 16, así como un análisis adecuado durante el tiempo de secado de un muro, posterior a detener la fuente de humedad, nos indica la manera adecuada para corregir el fenómeno, es evidente que los diagramas generados por el higrómetro nos muestran una imagen más acertada al comportamiento de la humedad hasta el último día con presencia de esta en un muro, por lo que se considera una metodología más efectiva.

En cuanto a los métodos de control, van en función al tipo de muro que se esté atendiendo, pero en general, las barreras químicas resultan más efectivas en

la mayoría de los casos, sin embargo, una implementación en conjunto de ambas barreras (químicas e impermeables) son sin lugar a duda la mejor de las opciones, pues los beneficios se verán incrementados para mitigar la humedad.

7.2 Conclusiones particulares

A. Se realizó una investigación del estado del arte para identificar los métodos de protección de humedad en muros de mampostería, así como identificar los tipos de humedades presentes en muros de mampostería que afectan a las obras de edificación.

B. Se construyeron probetas de experimentación para la aplicación de métodos que permitieron detectar la humedad por capilaridad mediante el higrómetro y la cámara termográfica, posteriormente se corrigió el fenómeno mediante barreras impermeables y químicas.

C. Se desarrollaron y evaluaron experimentalmente los sistemas de detección y control que fueron capaces de mitigar los efectos de la humedad en muros aplicando la metodología adecuada.

D. Se contrastaron los resultados obtenidos, evaluando la eficiencia de los métodos de detección, así como de los métodos implementados, además de su facilidad de uso e implementación en el elemento estructural, además de la evaluación de los sustratos y recubrimientos con los que se construyeron las probetas.

Por último, los resultados nos indican que el recubrimiento de yeso tiene una capacidad de absorción mayor que el mortero de cemento, cal y arena, del mismo

modo el ladrillo rojo recocido absorbe más agua que el block de concreto hueco, la combinación de estos sustratos y recubrimientos es lo que le da las características adecuadas a un muro para mitigar los efectos de la humedad, o en su defecto propiciar una mayor dispersión, es decir, si combinamos el yeso con el ladrillo, se es más propenso a que un muro se vea afectado por la humedad, caso contrario a la combinación de mortero con block, donde la humedad se verá ampliamente reducida.



8. Nichos de investigación

Al finalizar esta tesis, debido a las limitaciones en los periodos de tiempo, áreas de trabajo y herramientas disponibles, se han identificado varias áreas de investigación que podrían explorarse en el futuro. Estos nichos de investigación ofrecen oportunidades para expandir el conocimiento y desarrollar nuevas soluciones en el campo de la gestión de la evaluación experimental de mecanismos y técnicas para el control de humedades en muros modernos. A continuación, se presentan algunos de estos nichos:

Tipos de humedad: Existen 4 tipos de humedad, algunas más complicados de recrear que otras, por lo que futuras investigaciones pueden centrarse en desarrollar una metodología similar, con las herramientas y técnicas desarrolladas en esta tesis, aplicadas a la humedad por penetración, por condensación o accidental con métodos de control específicos para el tipo de humedad correspondiente.

Materiales innovadores: Se puede investigar y desarrollar nuevos materiales que sean más efectivos en la prevención y control de la humedad capilar en los muros. Estos materiales podrían tener propiedades hidrófugas o capacidades de absorción mejoradas, lo que ayudaría a reducir la migración de la humedad a través de los muros y minimizar los problemas asociados.

Métodos de monitoreo: La investigación puede centrarse en el desarrollo de métodos más precisos y eficientes para monitorear la humedad en los muros. Esto podría incluir el uso de sensores avanzados, técnicas de imagenología o sistemas de monitoreo remoto. Estas herramientas permitirían una detección temprana de la

humedad y facilitarían la evaluación del rendimiento de las soluciones implementadas.

Modelado y simulación: A través de la metodología desarrollada en esta tesis, los modelos matemáticos y las simulaciones computacionales pueden ser utilizados para mejorar la comprensión de los procesos de humedad en los muros y predecir su comportamiento en diferentes escenarios. Estos enfoques ayudarían a optimizar el diseño de la metodología de control de humedad capilar y a evaluar su eficacia antes de la implementación en la práctica.

Intervenciones en estructuras históricas: Un área de investigación relevante se centra en el desarrollo de estrategias específicas para el control de humedad capilar en estructuras históricas y patrimoniales. Estas edificaciones presentan desafíos particulares debido a su valor cultural y las limitaciones impuestas en su modificación. Investigar soluciones adaptadas a estas estructuras permitiría conservar su integridad mientras se controla la humedad.

Consideraciones medioambientales: Es importante investigar soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para el control de la humedad capilar en muros. Esto podría incluir el uso de materiales reciclados, técnicas de construcción eco amigables y sistemas de gestión de agua que minimicen el impacto ambiental.

Transferencia de tecnología y buenas prácticas: Se puede investigar y desarrollar estrategias para facilitar la transferencia de conocimientos y tecnologías en el campo del control de humedad capilar. Esto incluiría la creación de programas

de capacitación, la difusión de buenas prácticas y la promoción de estándares y regulaciones que fomenten la aplicación efectiva de soluciones de control de humedad en la industria de la construcción.

Desarrollo de Manual de humedad en la construcción: Sería de gran utilidad un manual que nos indique con materiales, ambiente, métodos de control y prevención de humedad para realizar una solución de acuerdo con cada caso específico en la construcción y en un futuro quizá desarrollar una normativa que nos ayude a solucionar el fenómeno de la humedad en muros modernos.

Estos nichos de investigación proporcionan un marco sólido para futuros estudios en el campo del control de humedad en muros. Al abordar estas áreas, se podrán obtener avances significativos en el desarrollo de soluciones más efectivas, sostenibles y adaptadas a las necesidades específicas de la construcción moderna y del patrimonio arquitectónico.

9. Glosario

1. Aeración: Proceso de incorporación de aire en un medio, como el suelo o el agua, para mejorar la oxigenación.

2. Aerodren: Sistema de drenaje basado en el uso de aire comprimido para remover líquidos o gases de un espacio.

3. Atrio: Espacio abierto y generalmente cubierto en la entrada de un edificio o templo.

4. Deshumidificación: Proceso de reducir la humedad del aire o de un ambiente para controlar la condensación o el crecimiento de moho.

5. Disgregación: Descomposición o desintegración de una sustancia o material en partículas más pequeñas.

6. Eflorescencia: Depósito de sales minerales en la superficie de un material debido a la evaporación del agua.

7. Emisividad: Propiedad de un objeto o superficie de emitir radiación térmica.

8. Evapotranspiración: Proceso mediante el cual el agua se evapora desde el suelo y se transpira hacia el aire.

9. Fluvial: Relativo a la acción de movimiento del agua corriente en una superficie.

10. Geofonos: Instrumentos utilizados para medir y registrar vibraciones y ondas sísmicas en la tierra.

11. Higrometro: Instrumento utilizado para medir la humedad relativa del aire.

12. Liquen: Organismo formado por la simbiosis de un hongo y un alga, que se encuentra comúnmente en superficies rocosas o de árboles.

13. Morfología: Estudio de la forma y estructura de los organismos o de los objetos.

14. Ósmosis: Proceso de paso del agua a través de una membrana semipermeable desde una solución diluida a una más concentrada.

15. Patina: Capa superficial que se forma en algunos materiales debido a la exposición al ambiente.

16. Petrofísico: Relativo a la física aplicada al estudio de las propiedades de las rocas y los fluidos que contienen.

17. Pitting: Formación de pequeñas cavidades o agujeros en la superficie de un material, generalmente debido a la corrosión.

18. Revoco: Capa de mortero o estuco que se aplica sobre una pared para nivelarla o protegerla.

19. Sustrato: Superficie o base sobre la cual se realiza una intervención o se aplica un revestimiento.

(Real Academia Española, 2014)

(Merriam-Webster.com, 2020)

10. Referencias y fuentes bibliográficas

Augusta Cirvini, S., & Gómez Voltan, J. A. (2014). Ensayo y dispositivo para evaluar la absorción capilar en probetas de adobe y tapia. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 37(1), 3–10.

Edens, W. (1995). Sonic NDT and radar testing of masonry. *Evaluation*, 2454, 60297.

Espinoza Canales. (2016). Caracterización técnica y económica para la implementación de impermeabilizantes naturales en vivienda de autoconstrucción, popular y de interés social. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 85, Issue 1).

Explica encargado de la obra la existencia de humedad y filtraciones en Casa Terán - LJA Aguascalientes. (n.d.). Retrieved November 8, 2021, from <https://www.lja.mx/2014/09/explica-encargado-de-la-obra-la-existencia-de-humedad-y-filtraciones-en-casa-teran/>

Gea, S. B., Quinteros, R., & Nallim, L. (2014). Control del proceso de deshumidificación de muros con georradar. Un edificio patrimonial como caso de estudio. *Revista ALCONPAT*, 4(1), 74–83. <https://doi.org/10.21041/ra.v4i1.62>

ICOMOS. (2011). Illustrated Glossary on Stone Deterioration Patterns Glosario ilustrado de formas de deterioro de la piedra. *Monumentos y Sitios XV*, 1(1), 82.

Korkalainen, M., Moilanen, A., Täubel, M., Kirjavainen, P., Hyvärinen, A., Komulainen, H., & Viluksela, M. (2015). Interactions between microbial toxins

and structural components from moisture-damaged buildings modify inflammatory responses of macrophages. *Toxicology Letters*, 238(2), S225–S226. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.08.666>

Li, Y. hui, Kong, Z. yi, Xie, H. rong, Ma, Y., Mu, B. gang, & Hokoi, S. (2021). Construction type influences features of rising damp of blue-brick masonry walls. *Construction and Building Materials*, 284, 122791. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.122791>

Ortiz, P. W. L. (2011). Influencia De La Humedad En El Deterioro De Las Viviendas Del Barrio Obrero De La Ciudad De Puyo, Cantón Pastaza, Provincia De Pastaza. In *Repo.Uta.Edu.Ec* (Vol. 593, Issue 03).

Padilla-Ceniceros, R., Pacheco-Martínez, J., López-Doncel, R. A., & Orenday-Tapia, E. E. (2017). Rock deterioration in the masonry walls of the Cathedral Basilica of Aguascalientes, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 34(2), 138–139. <https://doi.org/10.22201/cgeo.20072902e.2017.2.466>

Pipiriate, T. (2017). Humedades en edificación. Estudio desde su origen hasta la actualidad, y aplicaciones contemporáneas. In *Escola técnica superior de Arquitectura*.

Serna Moreno. (2016). Evaluación de sistemas correctivos para la inhibición capilar en desplante de muros de adobe en edificios patrimoniales. In *입법학연구: Vol. 제13집 1호* (Issue May).

Sevruk, B. (2014). Medición de la humedad del suelo. *Operational Hydrology Report*, no 35, xxviii, 283 p. <https://toolbox.coffeeandclimate.org/es/tools/soil-humidity-measurement/%0Ahttps://www.redalyc.org/pdf/1276/127619409003.pdf>

Socoloski, R. F., & Masuero, A. B. (2019). Evaluation of the efficiency of the treatment for rising damp on walls through the insertion of chemical barriers by gravity. *Construction and Building Materials*, 210, 660–672. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.018>

Teledyne FLIR LLC. (2021). *FLIR*. FLIR MR55. <https://www.flir.com.mx/products/mr55/?vertical=condition+monitoring&segment=solutions>

Torres, I. (2018). New technique for treating rising damp in historical buildings: Wall base ventilation. *Journal of Cultural Heritage*, 31, S60–S70. <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2018.04.015>

Trujeque Reyes, J., Cobo Rivera, J. M., Quintana Owen, P., Bartolo-López, P., Pérez López, T., Casanova González, E., & Corvo Pérez, F. E. (2016). Weathering effects of an historic building in San Francisco de Campeche. *Intervención*, 13, 22–31.

Rocha, J. H. A., & Póvoas, Y. V. (2019). Detección de delaminaciones en puentes de concreto armado usando Termografía Infrarroja. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 34(1), 55–64.

<https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000100055>

- Ramos, M., Farzamian, M., Gómez, J. L., González, A., Salvatierra, B., Martínez, G., & Vanderlinden, K. (2023). Evaluación de la salinidad del suelo con la conductividad eléctrica y el NDVI en el sector B-XII, Lebrija (Sevilla). *Revista de ciências agrárias*, 45(4), 61–70. <https://doi.org/10.19084/RCA.28377>
- Da Silva, W. P. A., Lordsleem Júnior, A. C., Ballesteros Ruiz, R. D., & Aquino Rocha, J. H. (2021). Inspeção de manifestações patológicas em edifícios utilizando câmera termográfica integrada ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): uma pesquisa documental. *Revista ALCONPAT*, 11(1), 123–139. <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.447>
- Washer, G. (2012). Advances in the use of thermographic imaging for the condition assessment of bridges. *Bridge structures*, 8(2), 81–90. <https://doi.org/10.3233/brs-2012-0041>
- Rodríguez-Díaz, M. Á., Saroza-Horta, B., Ruiz-Sánchez, P. N., Barroso-Valdés, I. J., Ariznavarreta-Fernández, F., & González-Coto, F. (2014). Some recommendations for the construction of walls using adobe bricks. *Dyna*, 81(185), 145. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n185.37582>

Cuitiño-Rosales, M. G., Esteves-Miramont, A., & Najar, L. E. (2022). Respuesta de los muros de quincha al riesgo de condensación. *Revista hábitat sustentable*, 12(2), 84–97.

<https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.06>

Franzoni, E. (2018). State-of-the-art on methods for reducing rising damp in masonry. *Journal of Cultural Heritage*, 31, S3–S9.

<https://doi.org/10.1016/j.culher.2018.04.001>

Falchi, L., Zendri, E., Capovilla, E., Romagnoni, P., & De Bei, M. (2017).

The behaviour of water-repellent mortars with regards to salt crystallization: from mortar specimens to masonry/render systems. *Materials and Structures*, 50(1). <https://doi.org/10.1617/s11527-016-0891-8>

Cardell, C., Benavente, D., & Rodríguez-Gordillo, J. (2008). Weathering of limestone building material by mixed sulfate solutions. Characterization of stone microstructure, reaction products and decay forms. *Materials Characterization*, 59(10),

1371–1385. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2007.12.003>

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (23a ed.).

11. Anexos

-Fichas técnicas de productos para el control de humedad.

-Fotografías tomadas por la cámara termográfica FLIR C5 por fecha de captura.

-Esquemas generados en Surfer 16 a través de las lecturas obtenidas por el higrómetro FLIR MR55 por fecha de captura.



Anexo A. Ficha técnica SikaMur InyectoCream-100



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaMur® InyectoCream-100

Barrera antihumedad (DPC) basada en silanos para tratamiento de humedades por capilaridad

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaMur® InyectoCream-100 es un nuevo concepto para el control de humedades por capilaridad. SikaMur® InyectoCream-100 es una sustancia que se inyecta en una serie de perforaciones realizados sobre mortero o mampostería mediante pistola, no es necesaria una bomba de inyección. Una única inyección en el mortero, dispersará al SikaMur® InyectoCream-100 en el muro y creará una barrera repelente al agua (DPC-Damp Proof Course) bloqueando la humedad ascendente en el futuro.

USOS

SikaMur® InyectoCream-100 puede utilizarse para el tratamiento de humedades por capilaridad sobre la mayoría de soportes en muros:

- Ladrillo.
- Muros con cámara de aire.
- Paredes de piedra.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Fácil de instalar (bajo riesgo de error, no depende del operario).
- Monocomponente, listo para usar.
- Rápido de instalar (no hay “doble perforación”, no hay que esperar a que el líquido penetre por presión o gravedad).

- No es necesario un sellado hermético preliminar alrededor de los orificios de inyección como sucede en los sistemas con presión.
- Rápido para inyectar (no se requiere tiempo de espera para bombear el material en comparación con los sistemas de inyección a presión y no se debe rellenar como con los sistemas de inyección alimentados por gravedad).
- Fácil cálculo del consumo.
- No requiere una bomba especial cara.
- El derrame y el desorden se eliminan en el sitio (no hay problema con el fluido que inunda las paredes, cavidades o ductos de servicio)
- Formula concentrada con un 80% de ingredientes activos (introduce una baja cantidad de sustancias inactivas en el muro- gran efectividad comparada con materiales menos concentrados).
- Baja peligrosidad, base agua-no inflamable, no cáustico- no se inyecta a presión.
- Baja cantidad de residuos.
- Baja pérdida de material.
- No hay riesgo de eflourescencias (como con los tratamientos de humedades por capilaridad con siliconatos).

INFORMACION DEL PRODUCTO

Base Química	Emulsión a base de Silano
Presentación	Cartucho de 300 ml (12 unidades por caja) Salchicha de 600 ml (10 unidades por caja)
Color	Pasta viscosa /color blanca.
Conservación	12 (doce) meses, desde su fecha de fabricación, almacenados correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.

Hoja De Datos Del Producto
SikaMur® InyectoCream-100
Octubre 2019, Versión 01.01
020707040000000002

Condiciones de Almacenamiento	SikaMur® InjectoCream-100 debe ser almacenado en su envase original bien cerrado, bajo techo, en un lugar fresco y seco a temperaturas entre +5°C y +35°C. Protegidos de la acción de los rayos UV, y la humedad.
Densidad	~ 0.90 kg/l (@ 20 °C)

INFORMACION DE APLICACIÓN

Consumo	Número de salchichas (entre paréntesis: cartuchos) necesarios:				
	Length of wall	Wall thickness			
	110 mm	220 mm	330 mm	440 mm	
10 m	1,5 (3)	3,0 (6)	5,1 (10,2)	7,0 (14)	
20 m	3,0 (6)	6,0 (12)	10,2 (20,4)	13,0 (26)	
30 m	4,6 (9,2)	9,0 (18)	15,3 (30,6)	21,0 (42)	
40 m	6,1 (12,2)	12,0 (24)	20,4 (40,4)	28,0 (46)	

Nota: Condiciones diferentes pueden generar cambios. Se recomienda calcular al menos un 10% más de consumo de la estimación del material necesario.

Temperatura Ambiente	La temperatura al momento de hacer la aplicación de SikaMur® Injecto-Cream-100 y al menos durante las 48 horas siguientes de haberlo aplicado no debe ser inferior a 0°C.
-----------------------------	---

INSTRUCCIONES DE APLICACION

NOTES ON INSTALLATION

Perforaciones

- Para que el tratamiento sea efectivo, se debe usar el consumo adecuado de SikaMur® InjectoCream-100. El sistema requiere taladrar orificios de 12 mm de diámetro en dirección horizontal, centradas directamente en la línea del mortero de adhesión entre ladrillos elegida para realizar la inyección. La separación entre las perforaciones no debe ser mayor a 120 mm.
- Las perforaciones se deben limpiar con un soplador o utilizando un compresor de aire, para asegurar que estén libre de polvo, arenisca, piedritas, etc., antes de comenzar a inyectar SikaMur® InjectoCream-100. La profundidad de las perforaciones requeridas para inyectar SikaMur® InjectoCream-100 dependerá del espesor del muro, según la tabla que se muestra a continuación:

Espesor del muro	Profundidad de la perforación	Distancia entre perforaciones
10 cm	90 cm	12 cm
15 cm	13 cm	12 cm
20 cm	18 cm	12 cm
30 cm	27 cm	12 cm
45 cm	41 cm	12 cm

Nota: Para otros espesores de muro, la profundidad de las perforaciones debe hacerse dejando al menos 4 cm del lado opuesto del muro.

TIPOS DE MURO

Muros de ladrillos macizo:

- Pueden ser tratados desde un solo lado y en una sola operación. Esto dependerá de las longitudes de brocas disponibles.
- La selección de la línea para perforar y la profundi-

dad establecida, se realizará de acuerdo con la tabla mostrada anteriormente.

Muros con cámara de aire:

- Se pueden tratar desde un solo lado y en una sola operación, o si se prefiere, puede tratarse cada lado por separado. Cuando se trate solo por una de las caras, las perforaciones deben atravesar todo el muro, hasta atravesar la cámara de aire, y luego penetrar en la otra pared hasta alcanzar los 4 cm del lado opuesto del muro. La viscosidad de SikaMur® Injecto-Cream-100 es tal, que es posible tratar ambas paredes, a partir de una sola operación de perforado. Asegúrese siempre que la cámara de aire esté limpia antes de realizar el tratamiento. Si se trata cada lado de forma independiente, el tratamiento debe realizarse en cada muro, haciendo perforaciones en cada uno de los lados.

Muros de piedra o con relleno:

- Siga la línea del mortero según el nivel seleccionado. Si la piedra es porosa, la perforación se puede realizar directamente sobre ella.
- Las variaciones de espesor de los muros de piedra y la posibilidad de que exista relleno de escombros entre ellas, pueden provocar bloqueos en las perforaciones, y causar dificultades en la inyección. Si esto ocurre, se debe realizar una perforación hasta el 50% del espesor del muro, desde ambos lados a la altura correspondiente o también realizando perforaciones adicionales adyacentes a las obstruidas, para asegurar que se inyecte el volumen correcto de SikaMur® InjectoCream-100, consiguiendo una barrera anti-humedad continua.

PREPARACION DEL SOPORTE

- Se debe tratar toda la zona donde se realizará la inyección, eliminando bordes, revoques y/o restos de yeso o morteros existentes, hasta llegar al soporte

Hoja De Datos Del Producto
SikaMur® InjectoCream-100
Octubre 2015, Versión 01.01
020707040000000002



original y a la línea de mezcla de mortero que será tratada.

- Si el revoque/yeso está contaminado con sales y/o afectado por a la humedad, debe ser retirado por completo, como mínimo, hasta la parte superior de la zona afectada, y luego entre dos y tres veces el espesor de la pared por arriba de la línea de aplicación.
- Medir el espesor del muro a tratar, a fin de utilizar las brocas de perforación adecuadas para ejecutar las perforaciones.
- Aplicar una cinta sobre la broca para marcar la profundidad correcta.

METODO DE APLICACIÓN / HERRAMIENTAS

Uso de la pistola de aplicación

1. Presionar el Pistón y retirar hacia atrás la máxima posible.
2. Desenroscar y quitar el tubo del final de la pistola.
3. Insertar la salchicha o cartucho de **SikaMur® InjectoCream-100** dentro de la pistola.
4. Cortar la punta de la salchicha o cartucho de **SikaMur® InjectoCream-100**.
5. Colocar de nuevo el tubo al final de la pistola.

Inyección

1. Insertar la manguera cristal, (que se colocó en la boquilla del cartucho), en toda la profundidad de la perforación realizada.
2. Presionar el gatillo de la pistola y rellenar cada perforación completamente con **SikaMur® InjectoCream-100** desde adentro hacia afuera, hasta llegar a 1 cm de la superficie. Cuando se trate un muro con cámara de aire, se deberá aplicar producto en las perforaciones de cada muro.
3. Limpiar periódicamente la parte exterior de la manguera de salida.

Reparación de las perforaciones

1. Todos los orificios deben taparse o rellenarse con morteros Sika apropiados.
2. Se recomienda que antes de colocar el acabado del muro se aplique una capa de mortero cementicio impermeable como **Sika®-101**.

LIMITACIONES

- En todos los casos que se realice una nueva inyección, se realizará de acuerdo con el código de buena práctica, p. ej. British Estándar Code of Practise for Installation of Chemical Dampo Proof Courses" BS 6576 (2005).
- **SikaMur® InjectoCream-100** no ha sido diseñado para impregnaciones superficiales y no se utilizara para este fin.
- Pueden aparecer algunas manchas blancas alrededor de la zona de inyección. Si ocurre esto, limpiar con un cepillo cuando este seco.

NOTAS
Sika Mexicana S.A. de C.V.
Carretera Libre a Celaya Km. 8.5

Fraccionamiento Industrial Balvanera
76920 Corregidora, Querétaro
México
Todos los datos técnicos indicados en esta hoja técnica se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias fuera de nuestro control.

Hoja De Datos Del Producto
SikaMur® InjectoCream-100
Octubre 2019, Version 01.01
0207070400000002

3 / 3

RESTRICCIONES LOCALES

Tenga en cuenta que, como resultado de las regulaciones locales específicas, los datos declarados y usos recomendados para este producto, pueden variar de un país a otro. Consulte la hoja técnica local del producto para los datos exactos del producto y usos.

ECOLOGIA, SEGURIDAD E HIGIENE

Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento de este producto y disposición de residuos, los usuarios deben consultar la versión más actualizada de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad; copias de las cuales se mandarán a quién las solicite, o a través de la página "www.sika.com.mx".

NOTAS LEGALES

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarán a quién las solicite, o a través de la página "www.sika.com.mx".

SikaMurInjectoCream-100-es-MX-(10-2019)-1-1.pdf

BUILDING TRUST



Anexo B. Ficha técnica Sika Zero Salitre.



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

Sika® Zero Salitre

Impermeabilizante para paredes con humedad ascendente, endurecedor superficial, tratamiento para salitre, hongos y musgo.

DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sika® Zero Salitre es una resina acuosa con una relación de impregnación de 3:1.
 1. Listo para usarse como barrera impermeable en paredes interiores y exteriores con humedad.
 2. Endurecedor de superficies arenosas.
 3. Previene la formación de salitre (nitrato de potasio), hongos y musgo.
 Resina blanca que se vuelve transparente una vez seca, dejando una película superficial (no penetra en la superficie).

USOS

Impermeabilizante que protege de la humedad ascendente por capilaridad en concretos, bloques, paredes de ladrillo, etc. que van a recibir un acabado (yeso, mortero, estuco, pasta o pintura).

- Previene la aparición de salitre (manchas blancas en las paredes).
- Previene la aparición de hongos y musgos en las paredes.
- Endurecedor de superficies para sustratos débiles y arenosos, tanto en interiores como en exteriores.
- Se puede utilizar como imprimación (sellador) para mejorar las superficies a pintar o para superficies donde se aplicará estuco o pasta decorativa.

CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Película transparente que impide el paso de la humedad en paredes interiores y exteriores.
- Previene la formación de salitre, hongos y musgo.
- Fácil, limpio y rápido de aplicar directamente con brocha o rodillo.
- Transparente después del secado.
- Mejora el aspecto de las paredes.

INFORMACION DEL PRODUCTO

Presentación	Doy Pack (1.2 L) PET (5 L)
Apariencia / Color	Líquido blanco. Blanco cuando está húmedo, transparente cuando se seca.
Conservación	Quince (15) meses en su empaque original, bien cerrado, en un lugar seco y fresco.
Condiciones de Almacenamiento	Sika® Zero Salitre debe permanecer bien cerrado, en interiores, en un lugar fresco y seco.
Densidad	1.00 +/- 0.02 kg/l approx.
pH	7.5 +/- 1

INFORMACION DE APLICACIÓN

Consumo	~0,2 a 0,3 kg/m ² en dos manos, dependiendo de la porosidad de la superficie.
---------	--

Hoja De Datos Del Producto
 Sika® Zero Salitre
 Abril 2019, Versión 01.01
 021890106000000057

Rendimiento	Rendimiento de 3,0 a 5,0 m ² /l. En dos capas.
Temperatura Ambiente	Material, sustrato y temperatura ambiente: +5 ° C a +35 ° C.
Temperatura del Soporte	Material, sustrato y temperatura ambiente: +5 ° C a +35 ° C (41 ° F a 95 ° F).
Producto Aplicado Listo para su Uso	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sika® Zero Salitre no puede prevenir los daños causados por la condensación en las paredes frías (por ejemplo, en habitaciones mal ventiladas). ▪ Sika® Zero Salitre no puede ser utilizado para reparar sustratos excesivamente dañados que requieren ser reemplazados por un sustrato nuevo. ▪ Se recomienda aplicar una capa (pintura, estuco, mortero, yeso o papel pintado) ya que Sika® Zero Salitre puede cambiar la apariencia visual de la superficie. ▪ Se recomiendan pruebas preliminares antes de una aplicación completa.

INSTRUCCIONES DE APLICACION

EQUIPMENT

Cepillo metálico

CALIDAD DEL SOPORTE PRE-TRATAMIENTO

Preparación de la superficie:

- La superficie debe estar limpia, libre de polvo, grasa o material o que impida la adherencia del producto. Retire el estuco, mortero, pintura o recubrimientos de las paredes que hayan sido dañados por la humedad o el salitre.
- Elimine los rastros visibles de salitre, moho u otro crecimiento biológico hasta encontrar un sustrato limpio.
- Continuar eliminando estuco, mortero, pintura o recubrimientos de paredes hasta una altura de 40 cm por encima del nivel superior de la humedad existente, para evitar que la humedad aparezca una vez que las paredes hayan sido reparadas.
- Es necesario cepillar el sustrato con un cepillo metálico.
- Limpie con agua y deje que el sustrato se seque superficialmente antes de la aplicación.

MEZCLADO

- **Sika® Zero Salitre** está listo para usar.

APLICACIÓN

1. Agite **Sika® Zero Salitre** para su aplicación.
2. Aplique **Sika® Zero Salitre** con una brocha o rodillo, asegurando una saturación completa.
3. Sobre sustratos altamente absorbente se deben aplicar dos capas al menos; incluso puede ser necesario aplicar más de dos capas.
4. Deje que la primera capa seque durante aproximadamente 2 a 3 horas antes de aplicar la segunda capa. Deje que el sustrato se seque durante 24 horas o más antes de aplicar estuco, mortero o pintura.
5. Si se va a aplicar un mortero decorativo, utilice **Sika Estuka Plus** o **Sika Estuka Acrílico** cuando la primera capa de **Sika® Zero Salitre** se haya secado.

LIMPIEZA DE HERRAMIENTAS

Las herramientas deben lavarse con agua mientras el

producto esté todavía fresco. Si ya está seco, utilice **Sika Cleaner**.

NOTAS

Todos los datos técnicos indicados en esta hoja técnica se basan en pruebas de laboratorio. Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Tenga en cuenta que, como resultado de las regulaciones locales específicas, los datos declarados y usos recomendados para este producto, pueden variar de un país a otro. Consulte la hoja técnica local del producto para los datos exactos del producto y usos.

ECOLOGIA, SEGURIDAD E HIGIENE

Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento de este producto y disposición de residuos, los usuarios deben consultar la versión más actualizada de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad; copias de las cuales se mandarán a quién las solicite, o a través de la página "www.sika.com.mx".

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Zero Salitre
Abril 2019, Versión 01.01
021890106000000057



NOTAS LEGALES

Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil y de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir.

El usuario debe ensayar la conveniencia de los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Sika se reserva el derecho de modificar las propiedades de sus productos. Se reservan los derechos de propiedad de terceras partes. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copias de las cuales se mandarían a quién las solicite, o a través de la página "www.sika.com.mx".

Sika Mexicana S.A. de C.V.
Carretera Libre a Celaya Km. 8.5
Fraccionamiento Industrial Balvanera
76920 Corregidora, Queretaro
México
800 123-7452

Hoja De Datos Del Producto
Sika® Zero Salitre
Abril 2019, Versión 01-01
02189010000000057

SikaZeroSalitre-es-MX-(04-2019)-1-1.pdf

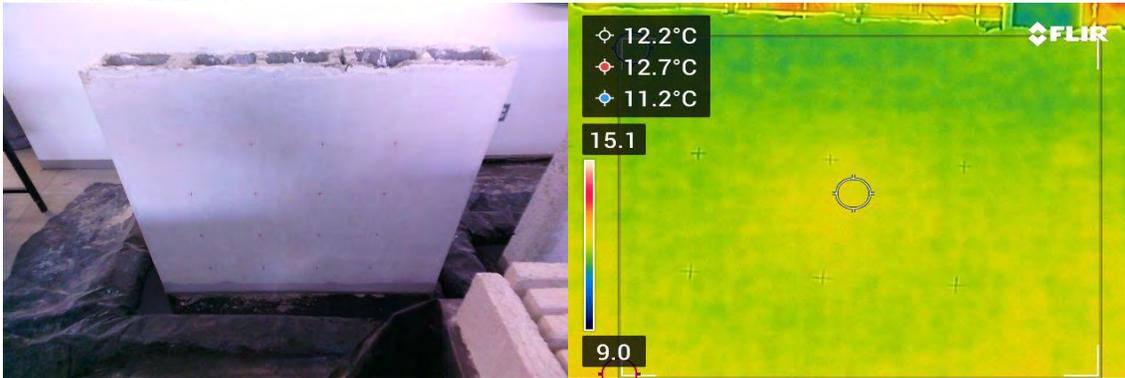


Primera parte de la campaña experimental

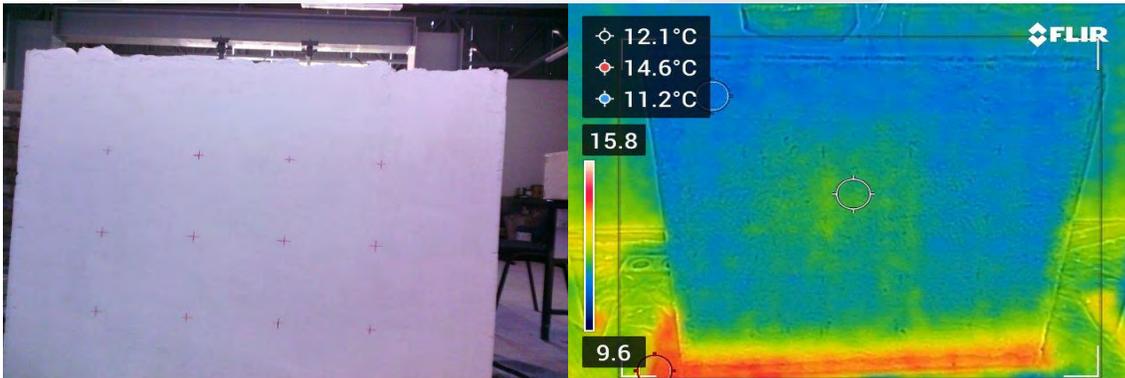
9 de enero de 2023



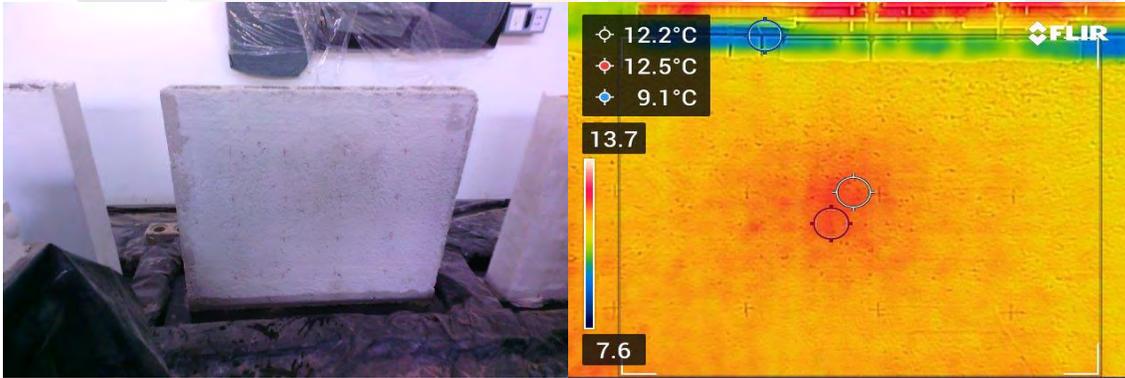
MURO 1 LADO A



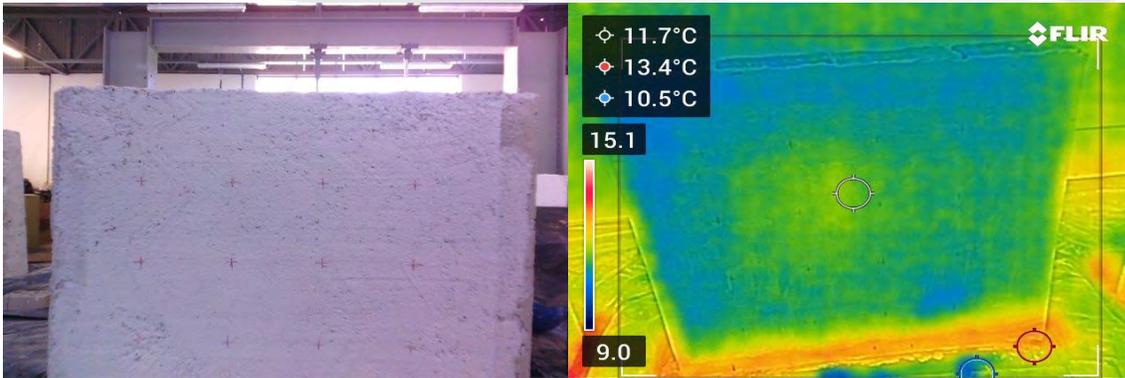
MURO 1 LADO B



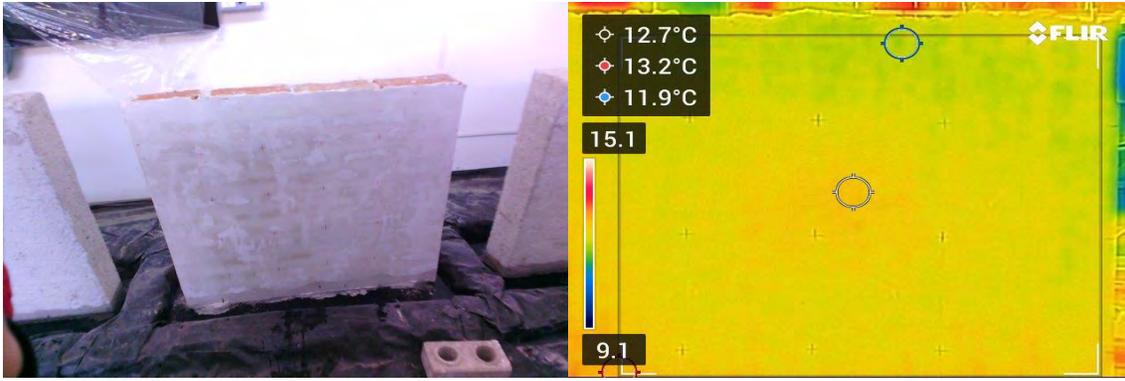
MURO 2 LADO A



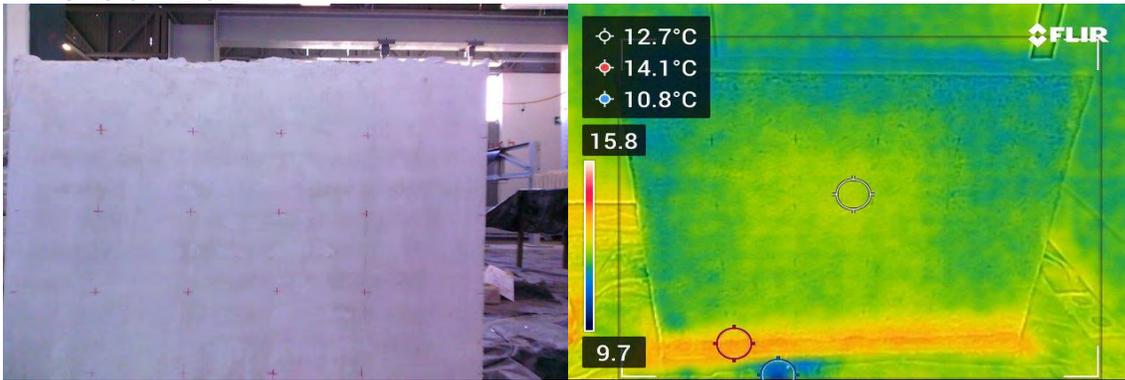
MURO 2 LADO B



MURO 3 LADO A



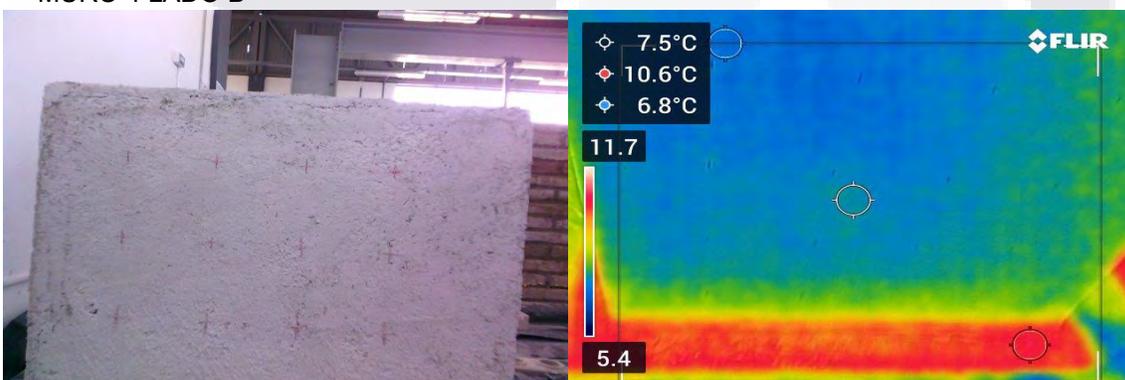
MURO 3 LADO B



MURO 4 LADO A

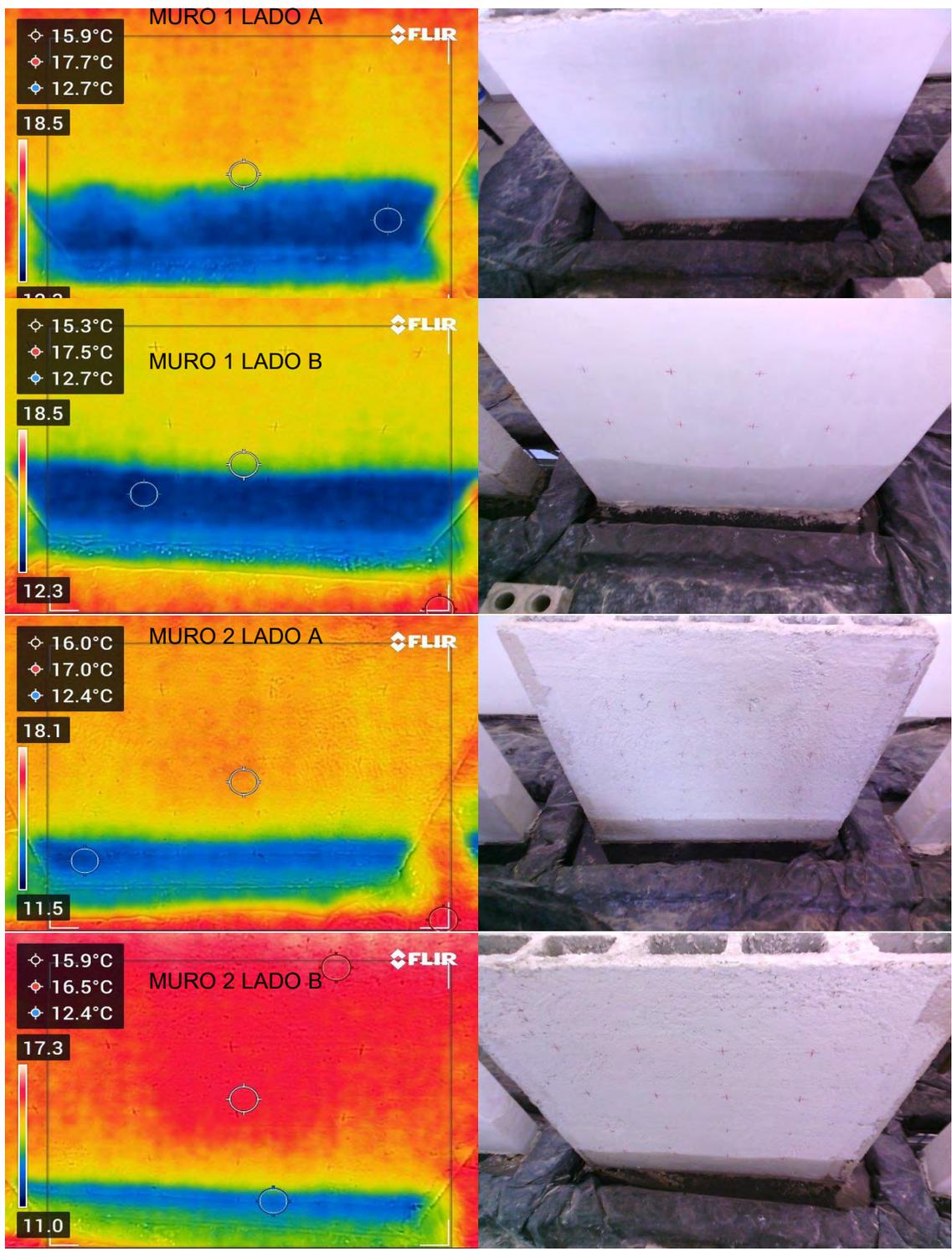


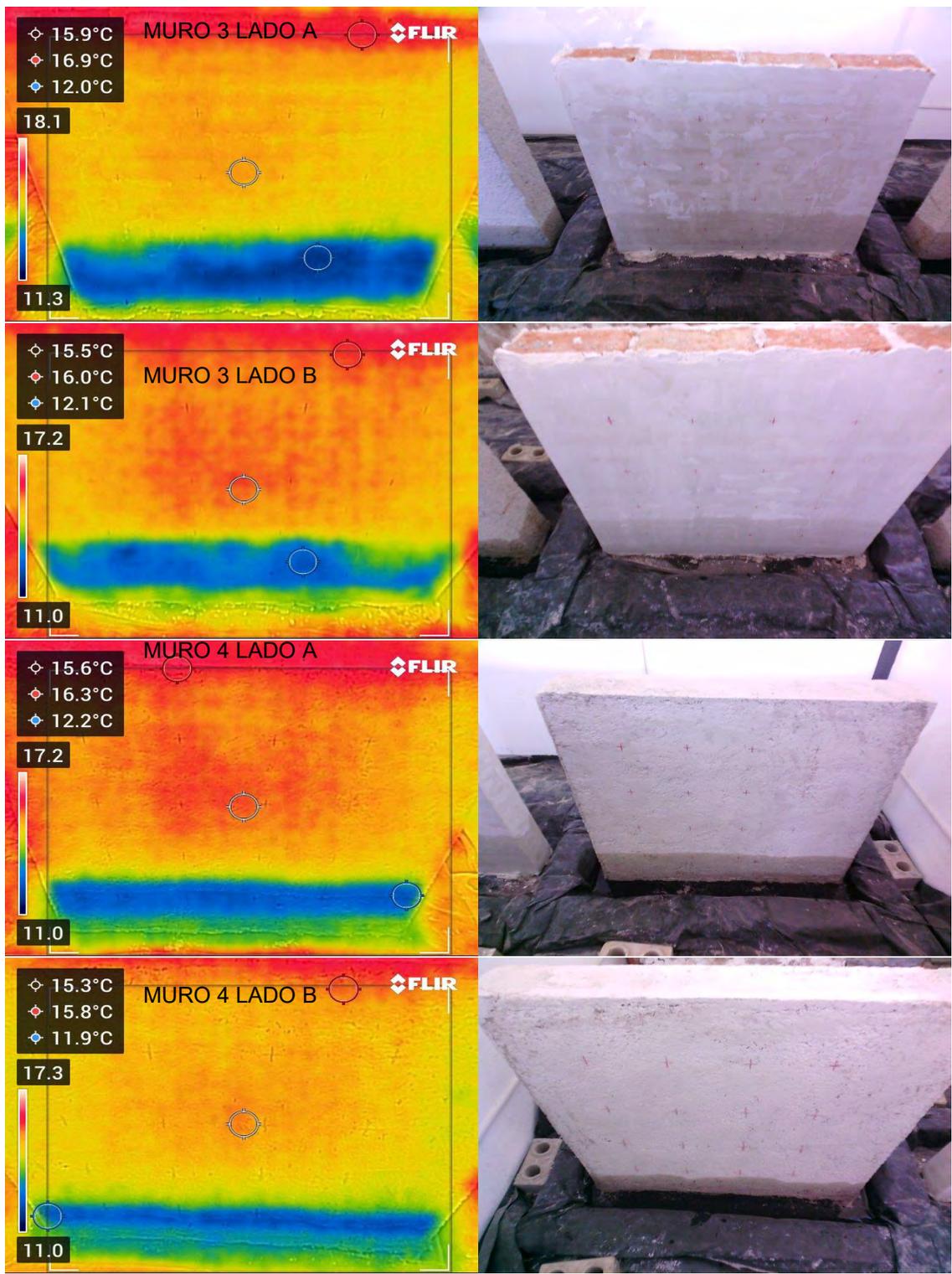
MURO 4 LADO B



10 de enero de 2023

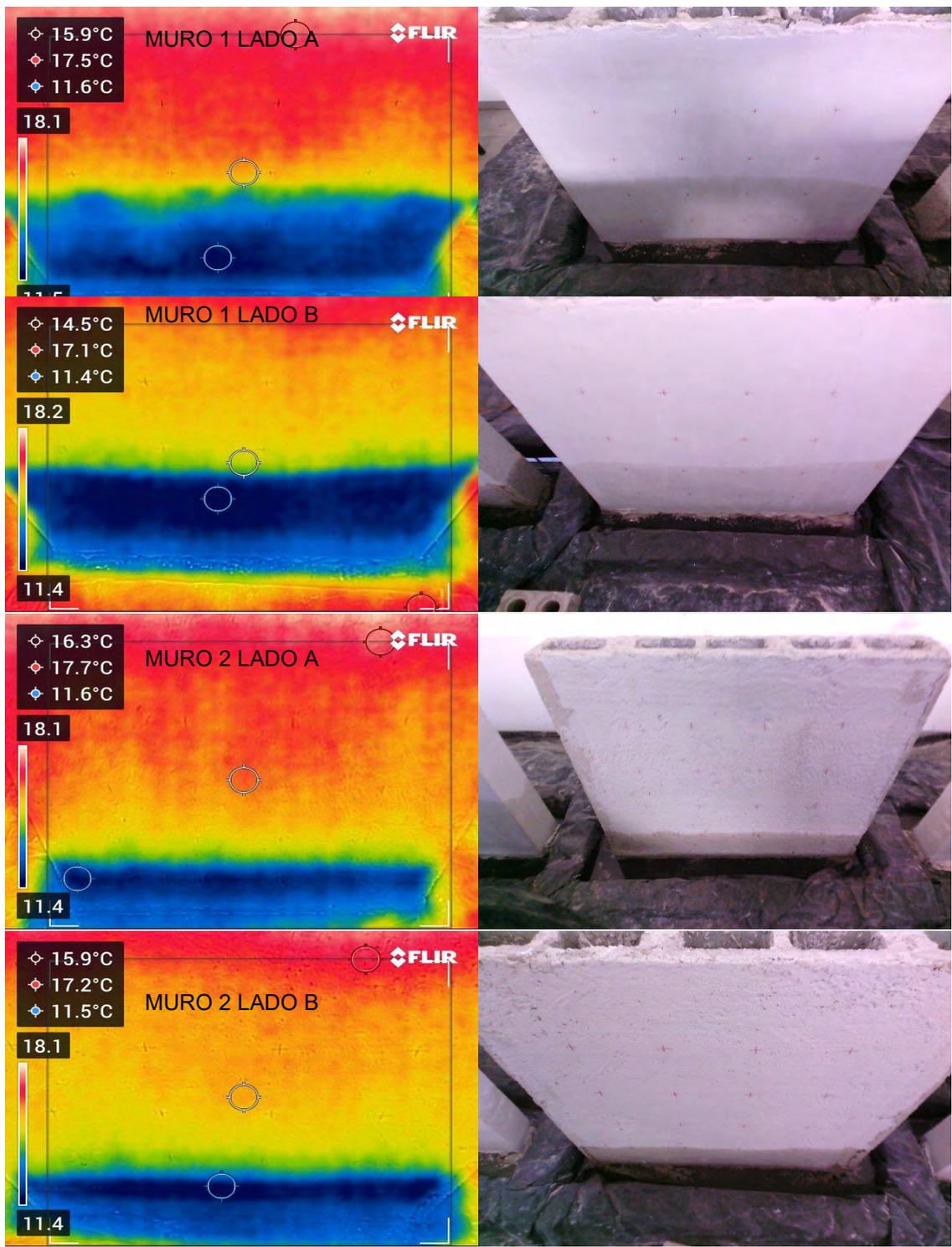


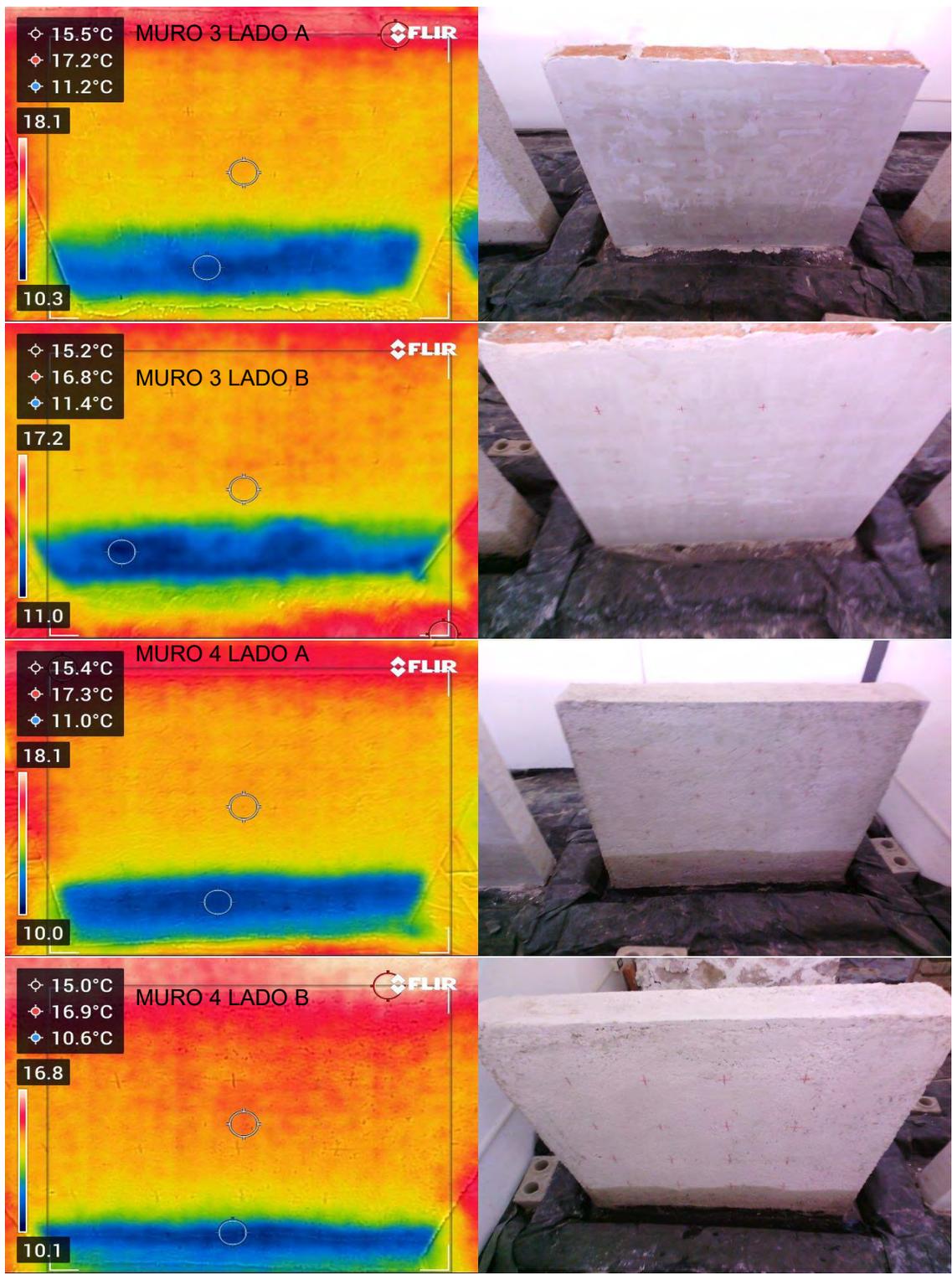




11 de enero de 2023

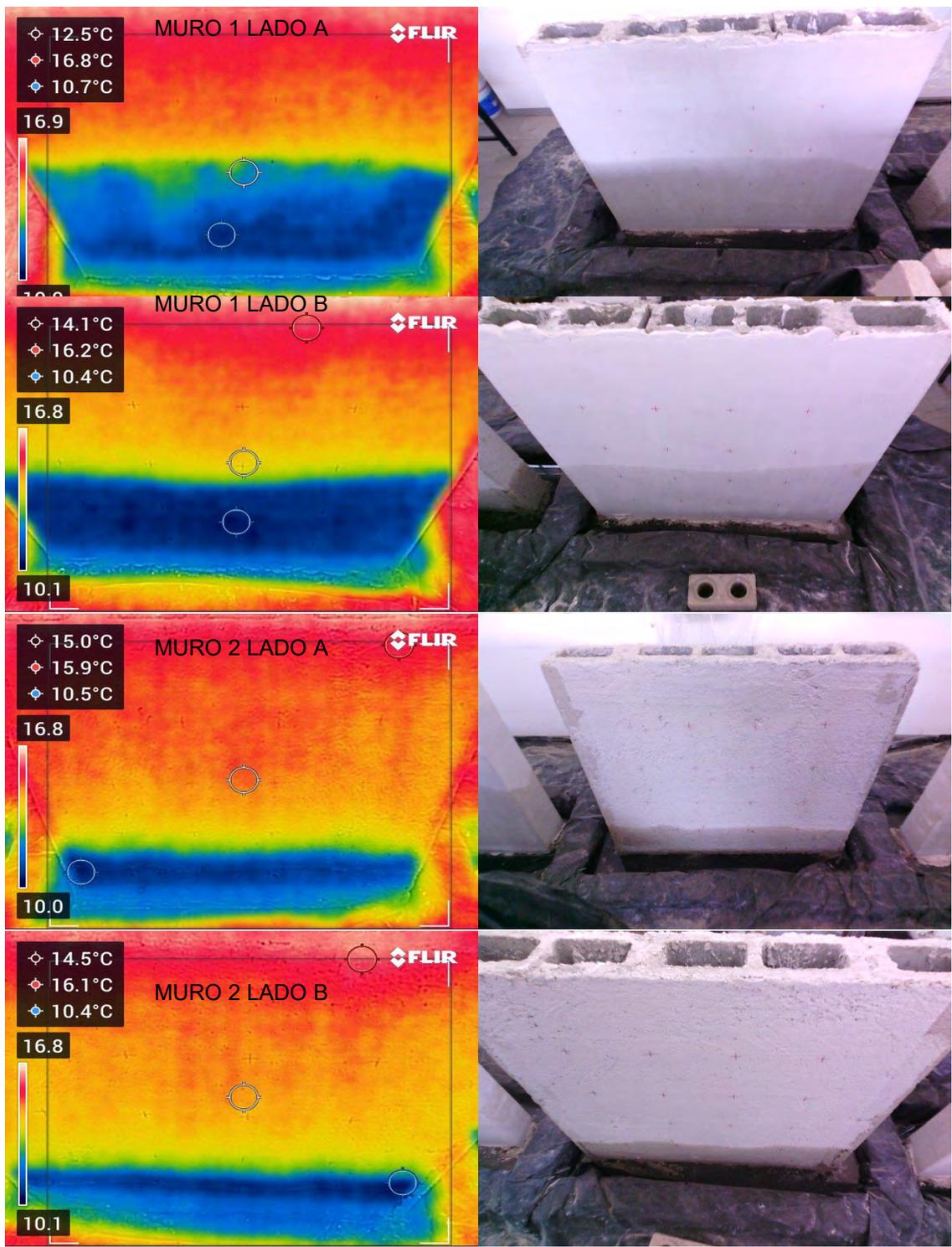


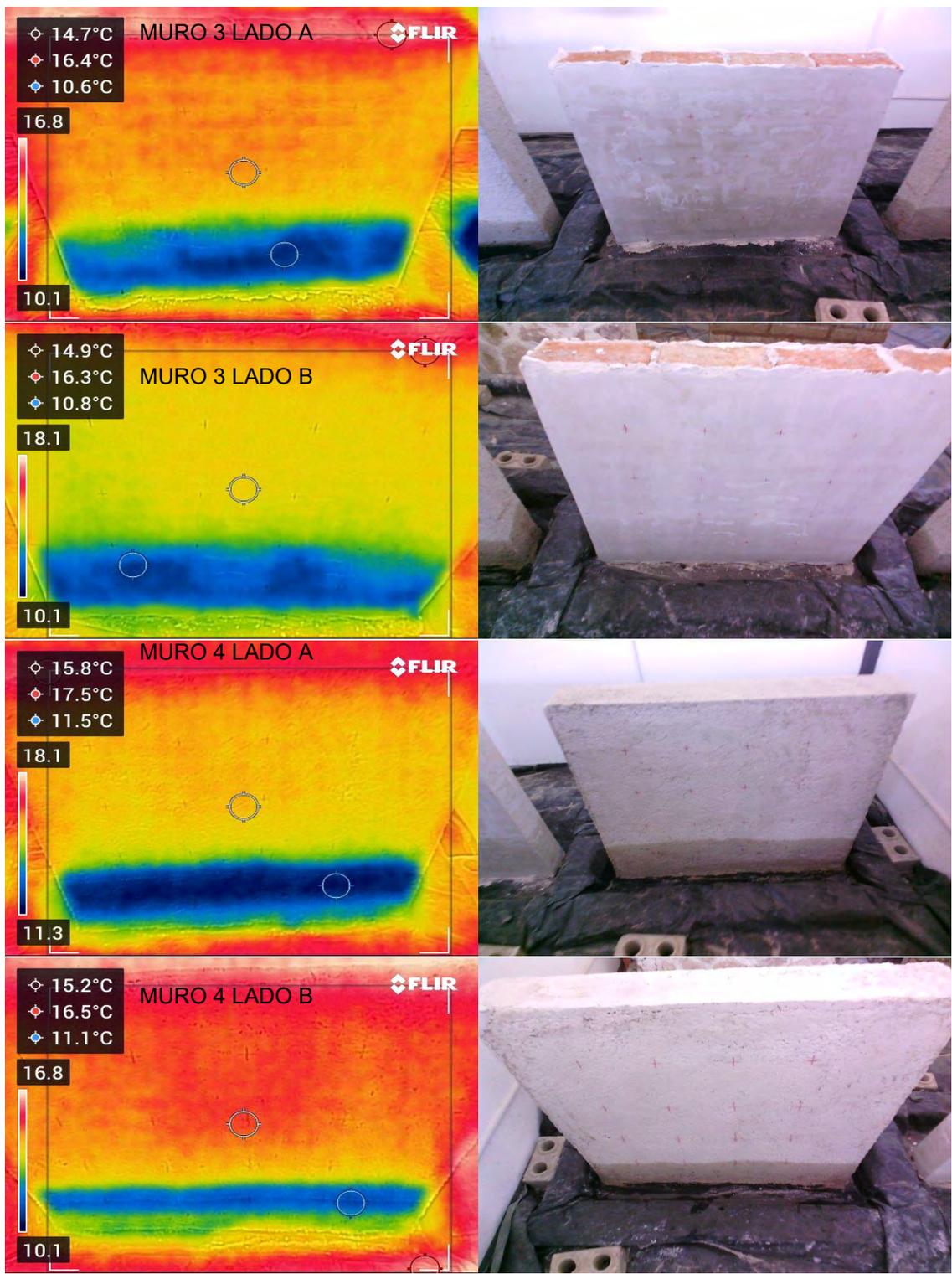




12 de enero de 2023

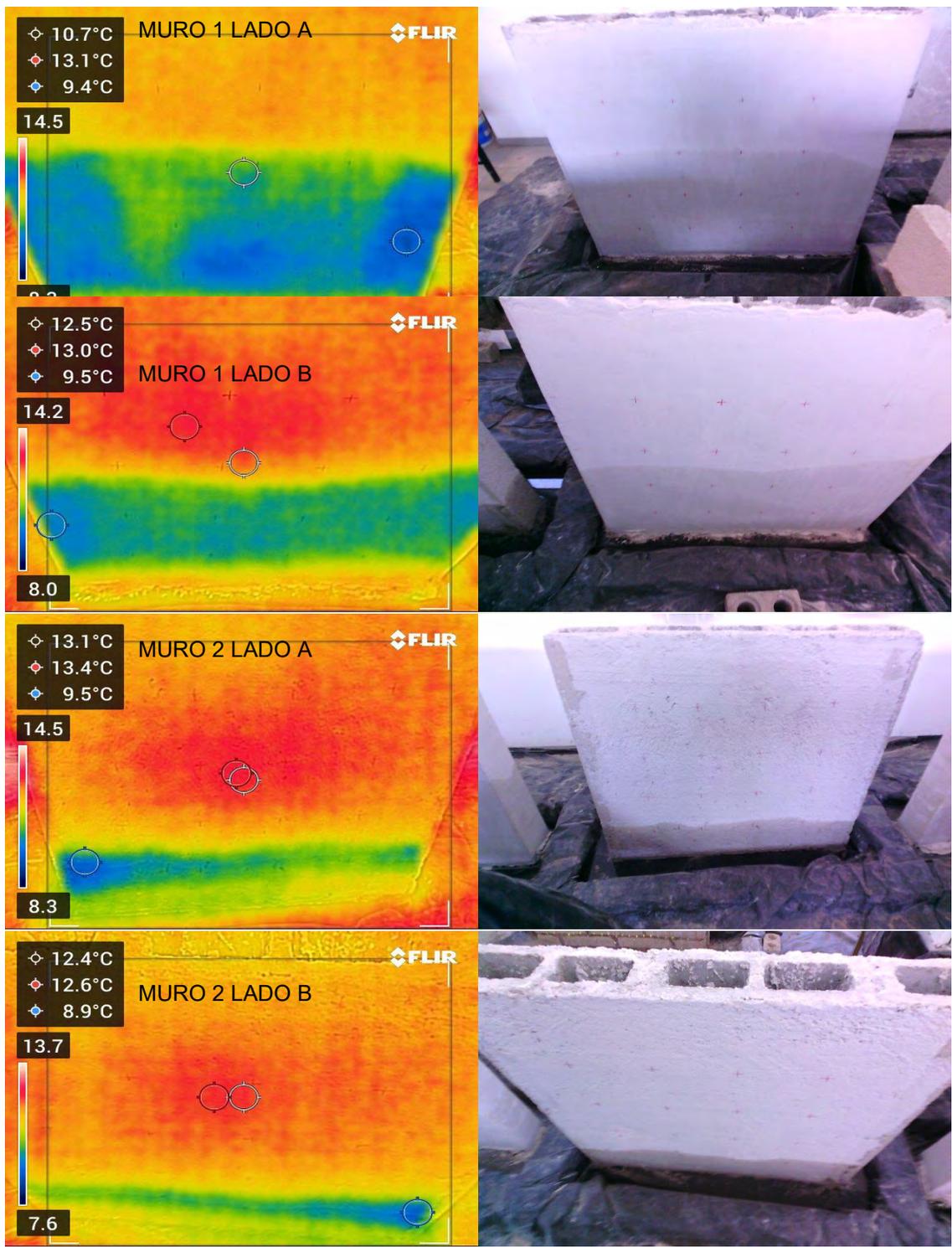


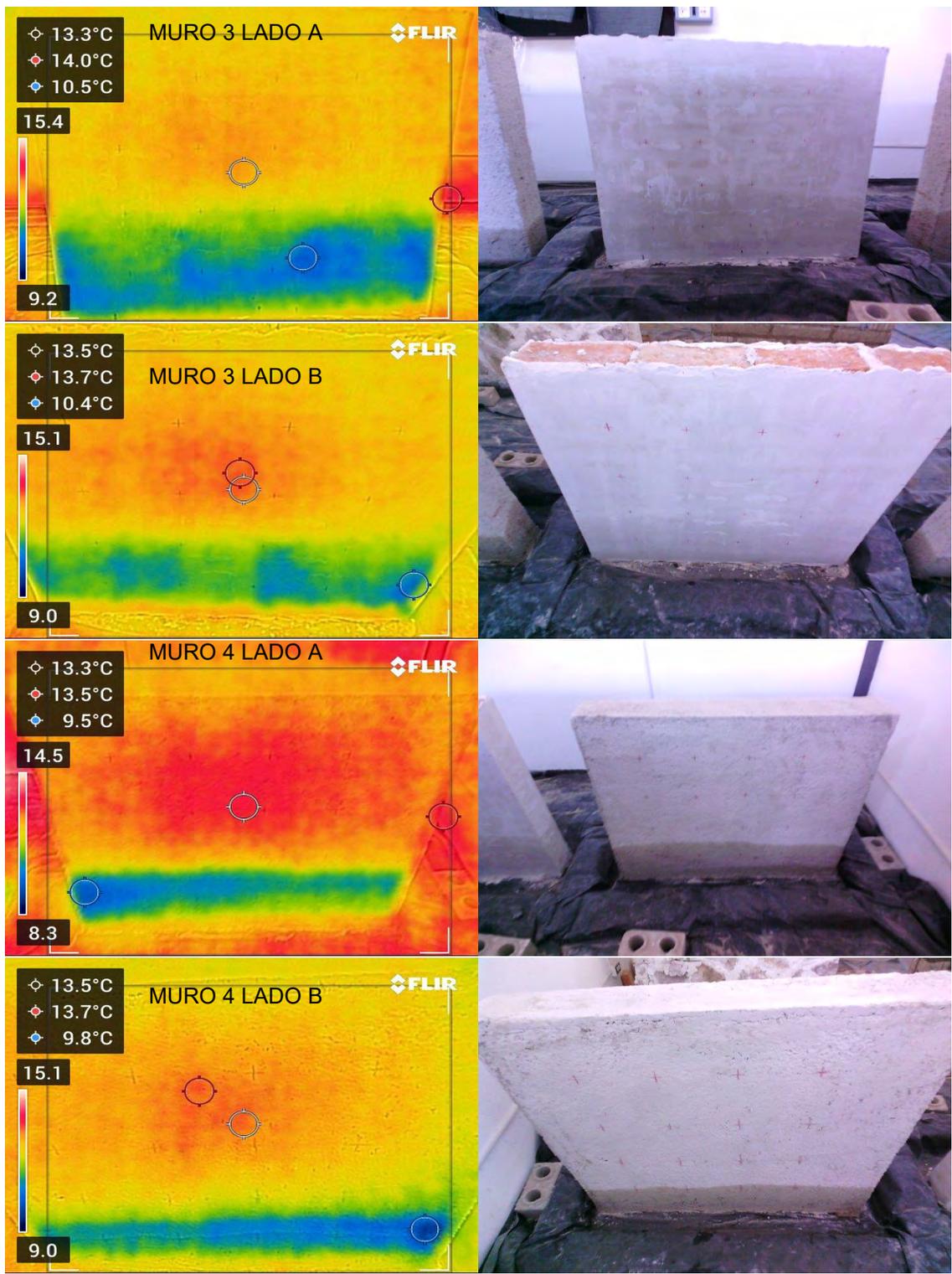




13 de enero de 2023

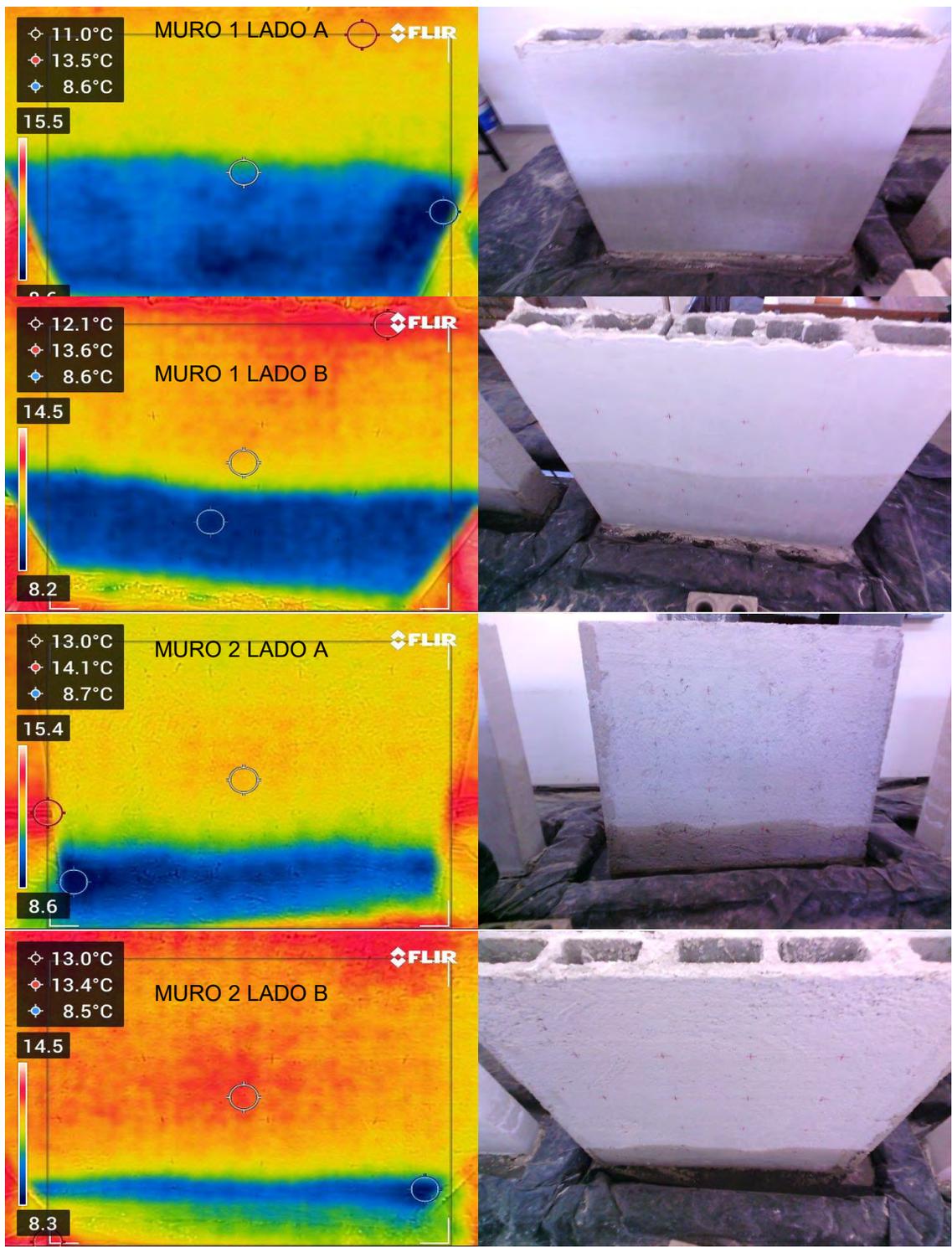


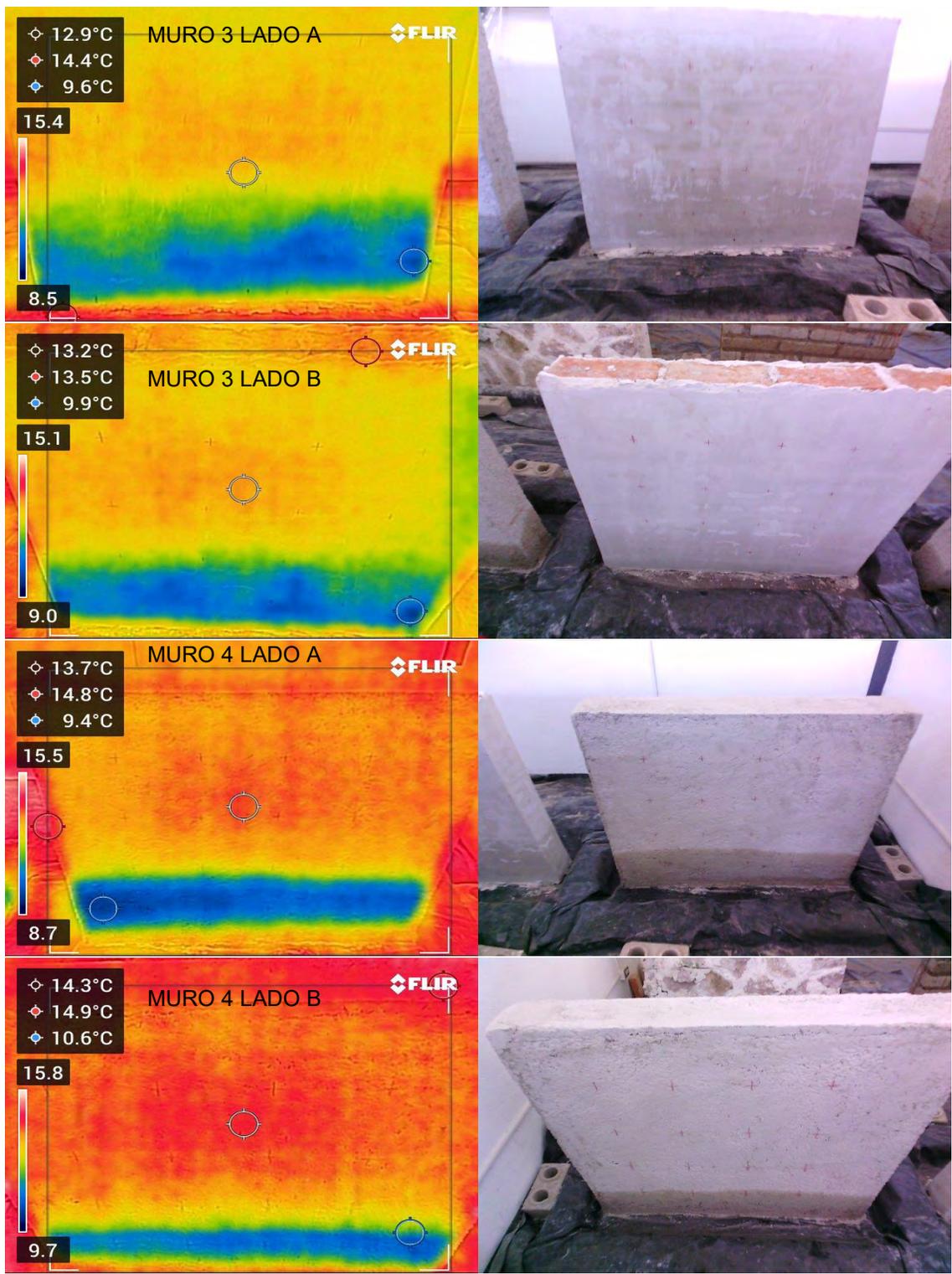




14 de enero de 2023

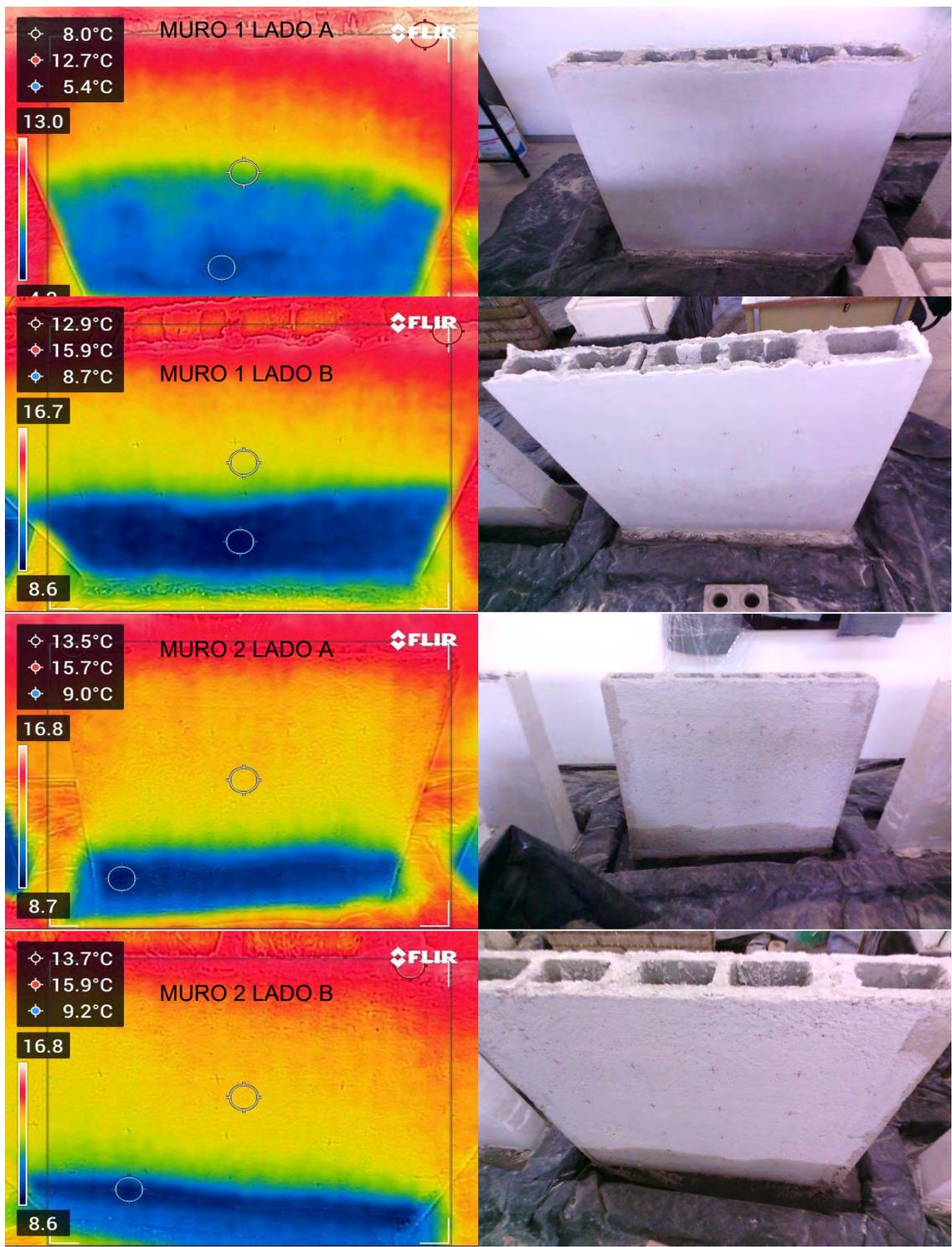


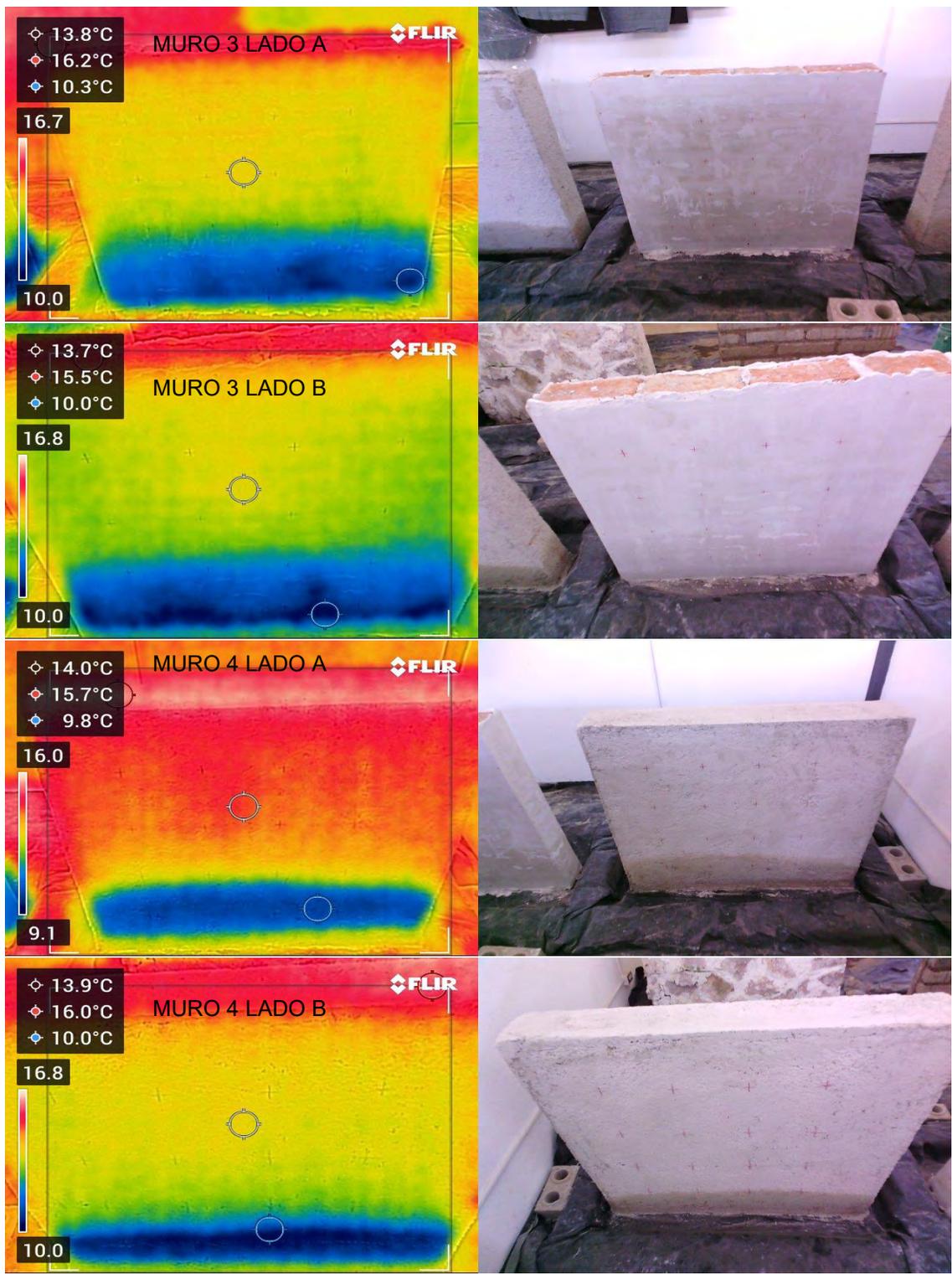




16 de enero de 2023

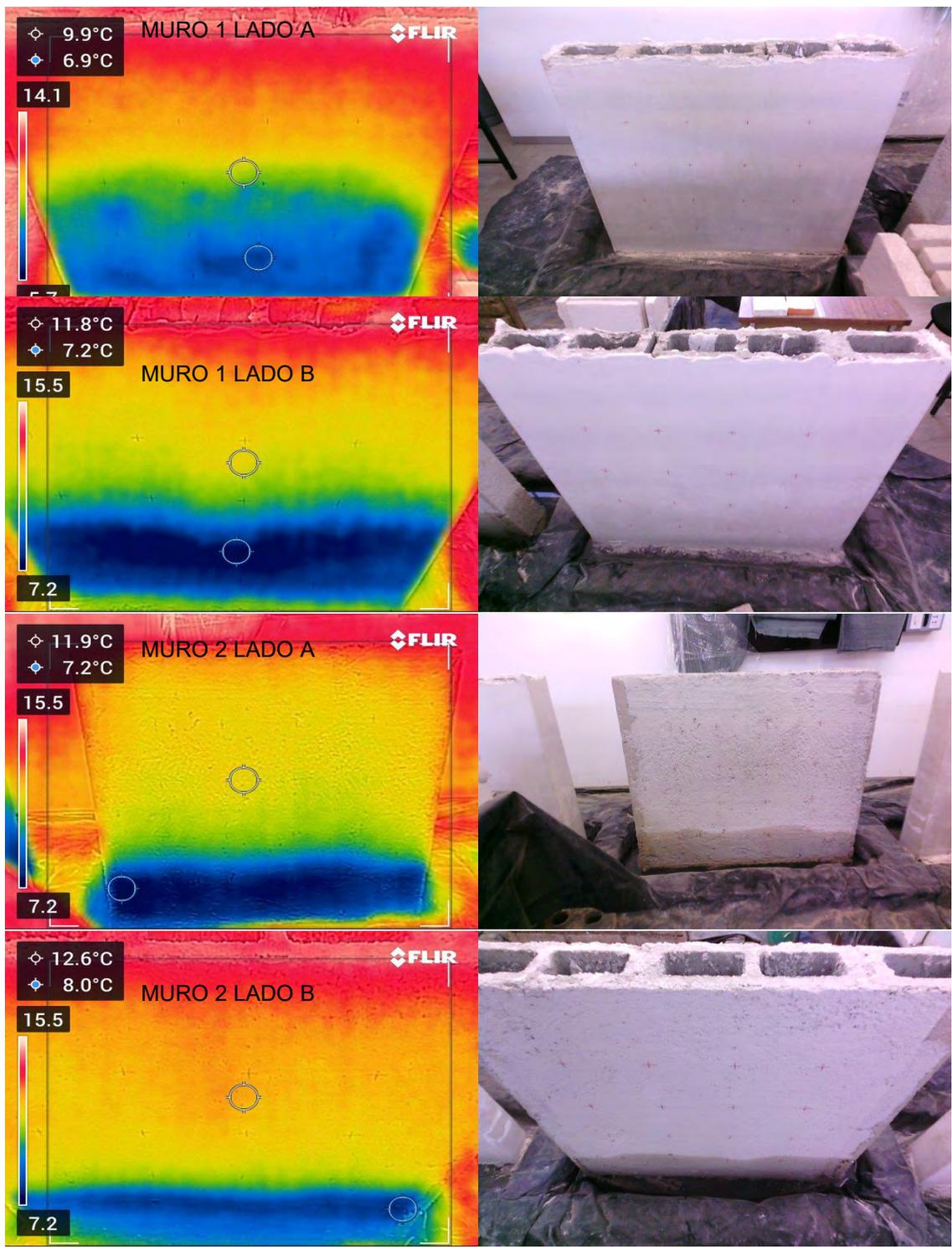


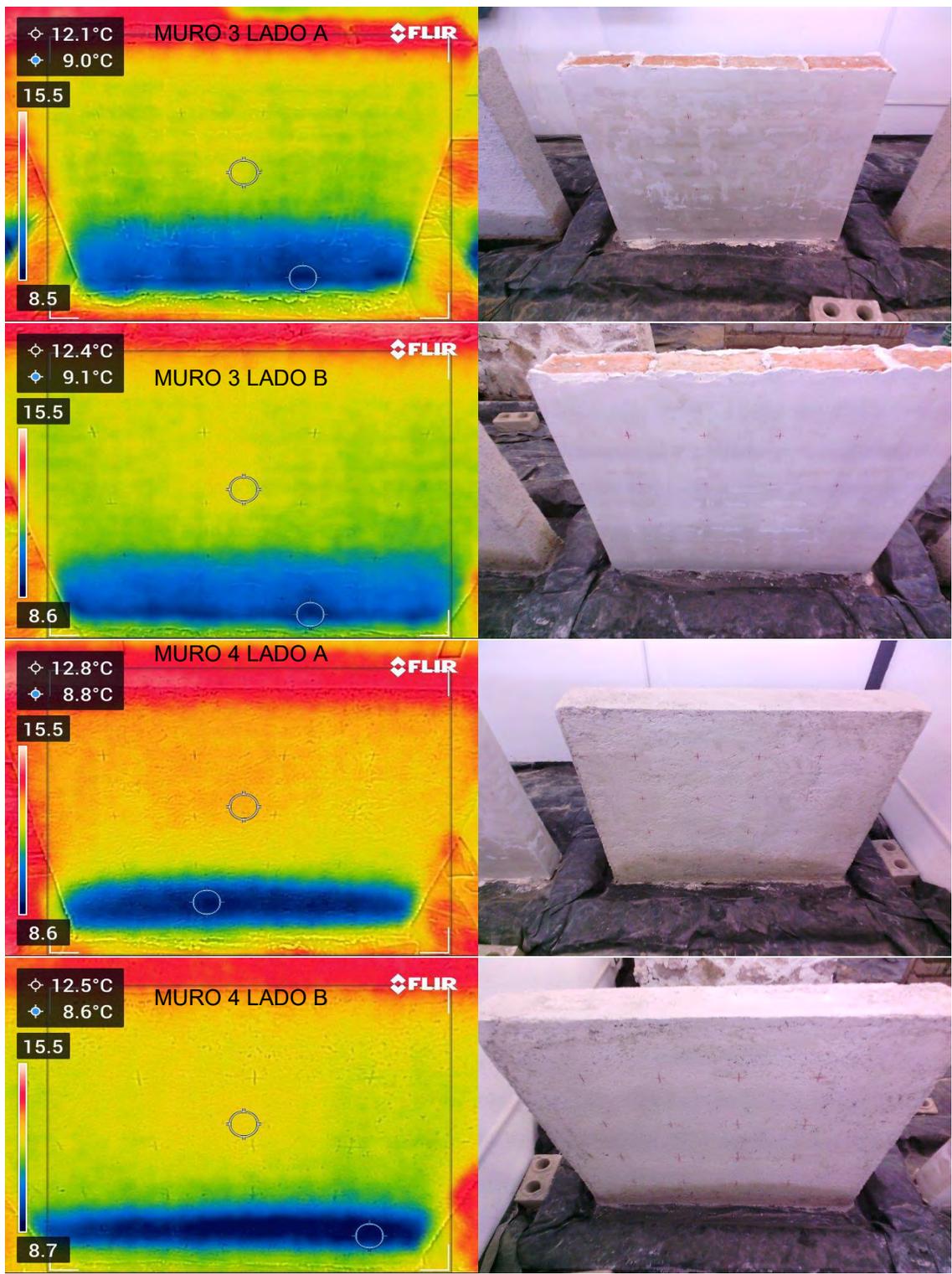




17 de enero de 2023

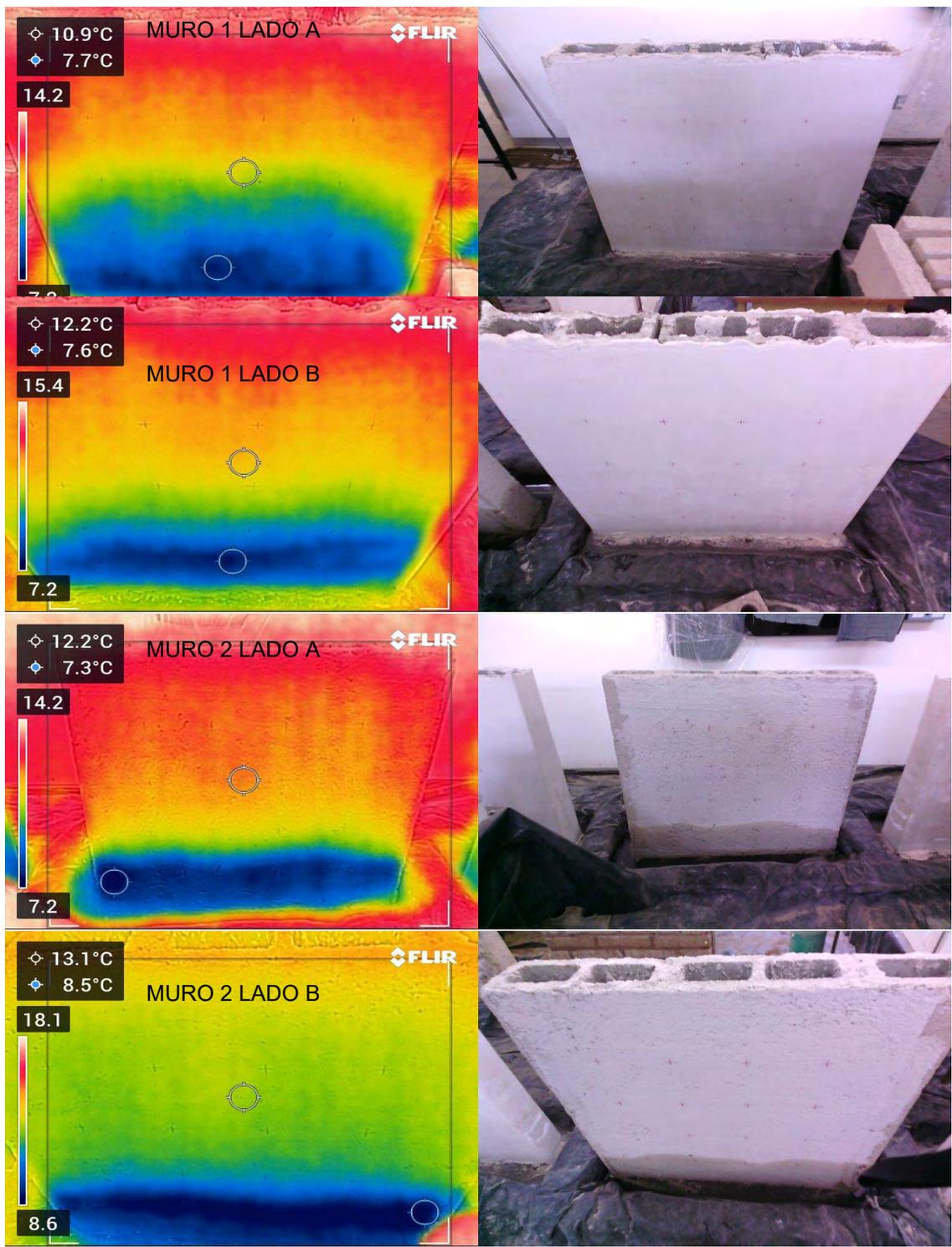


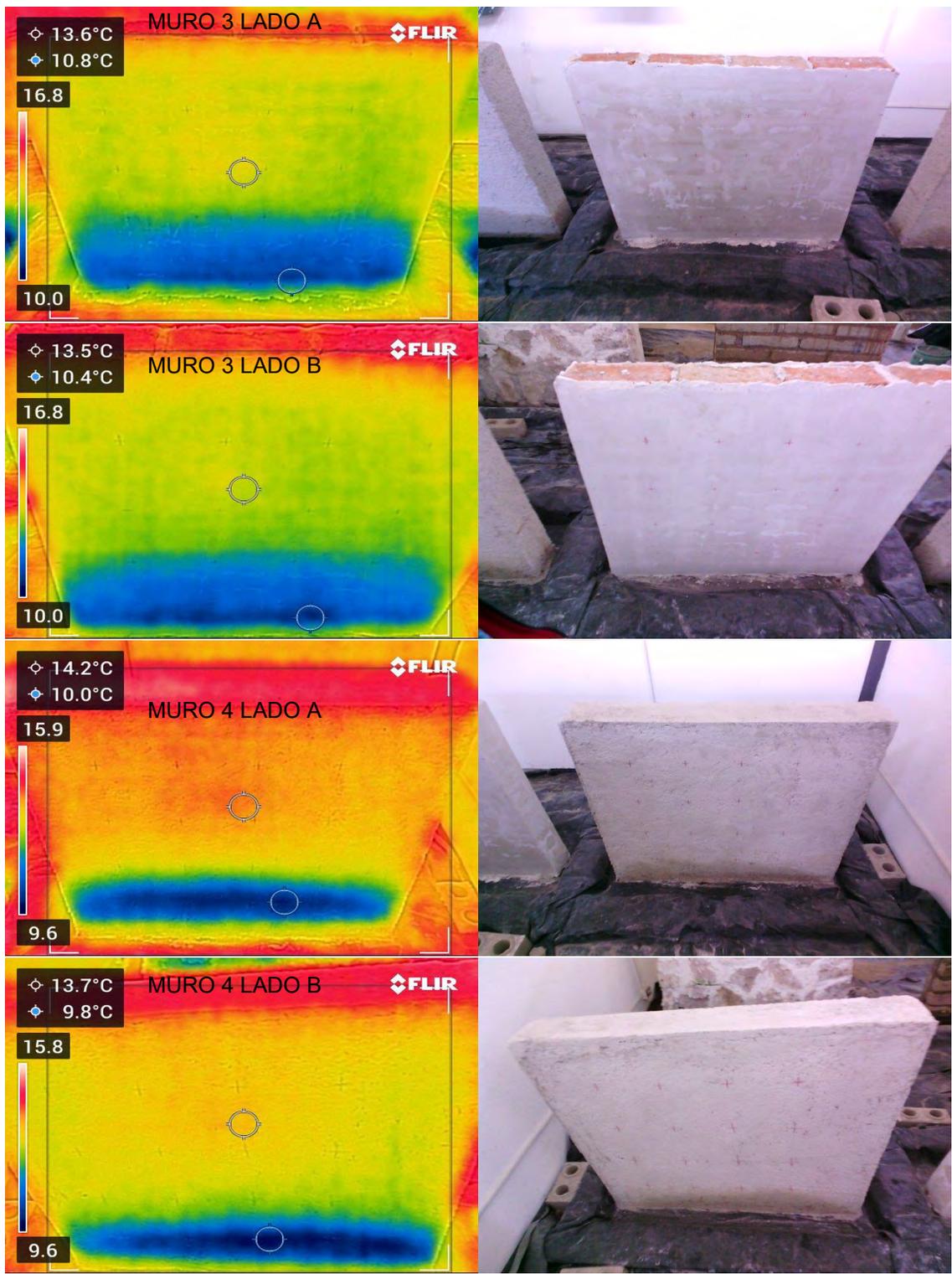




18 de enero de 2023

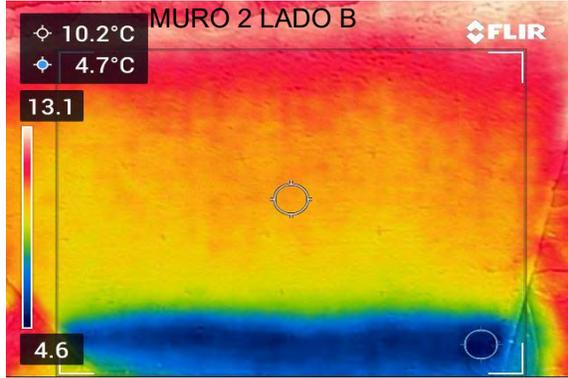
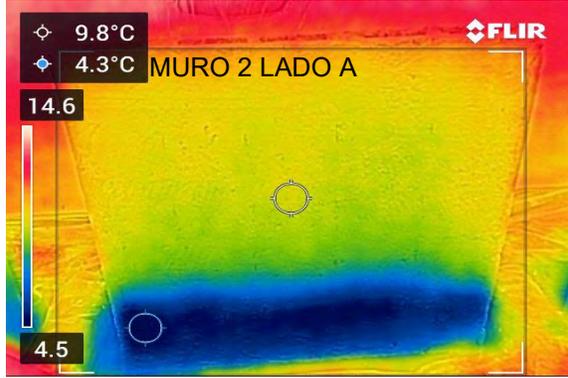
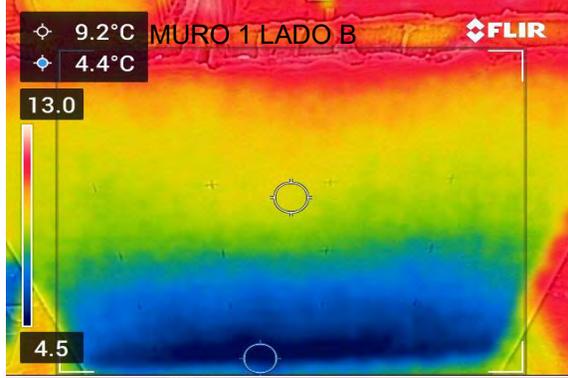
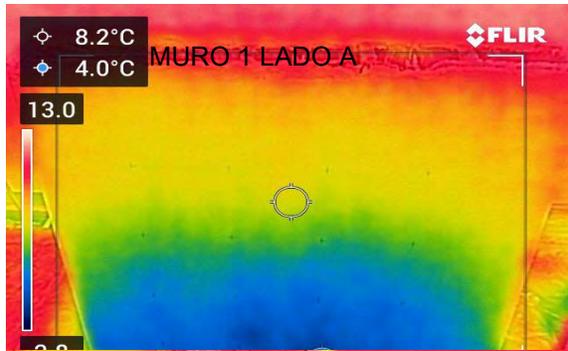


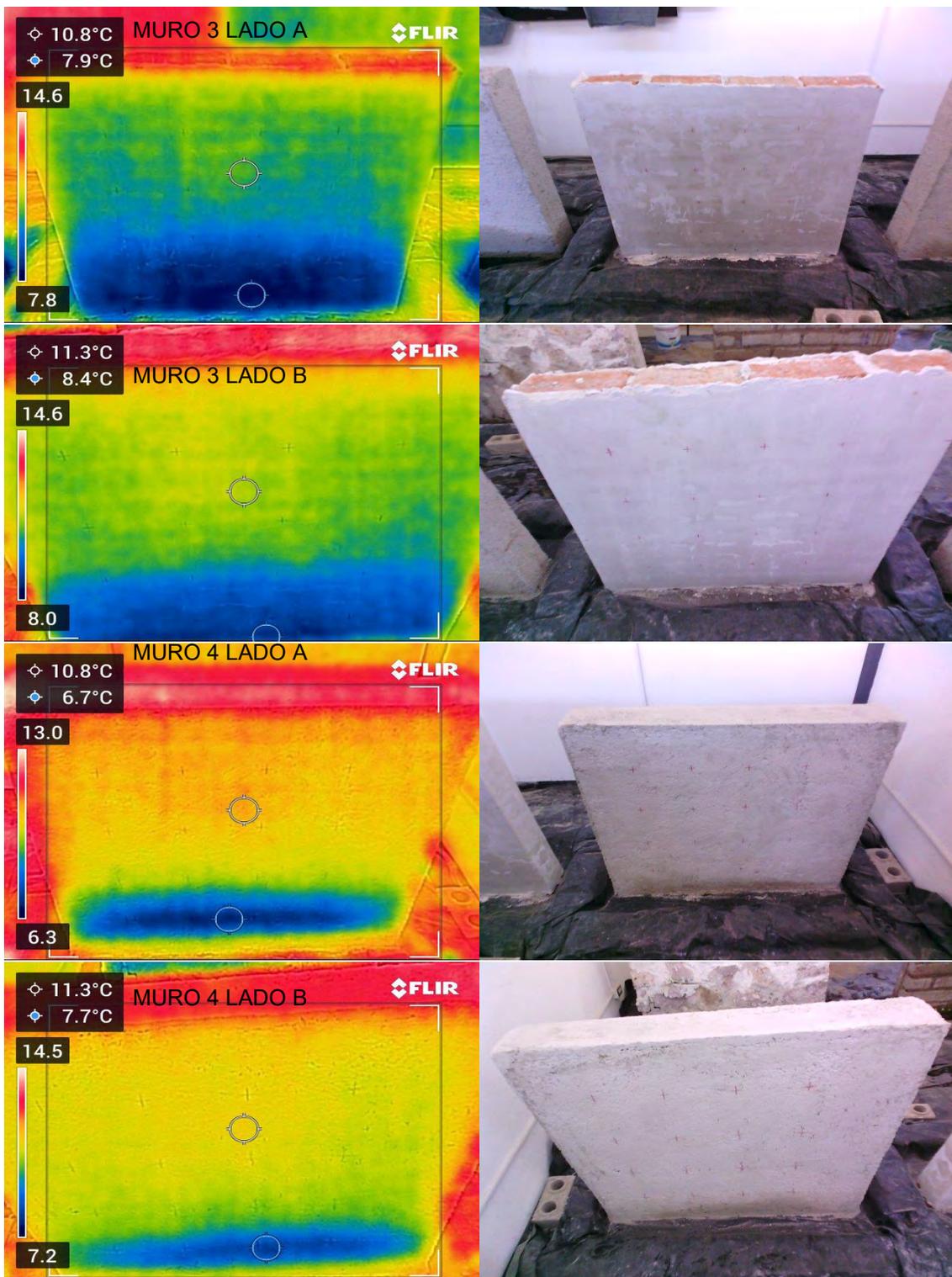




19 de enero de 2023

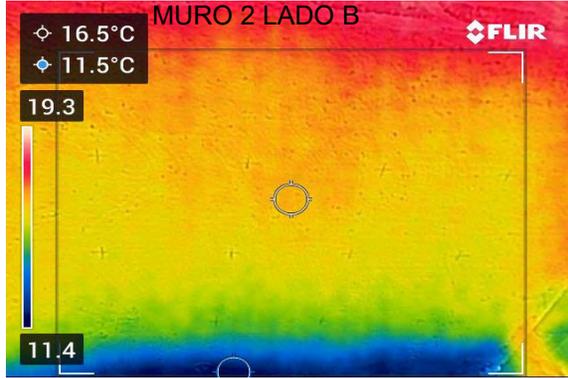
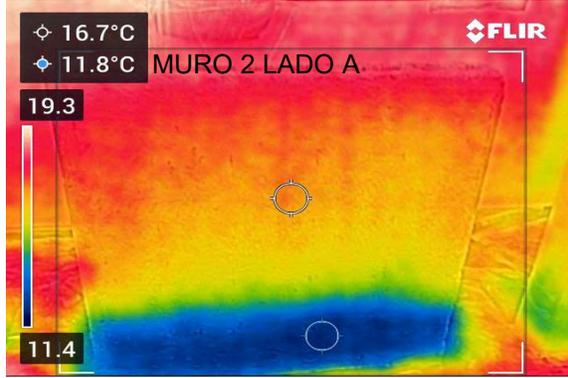
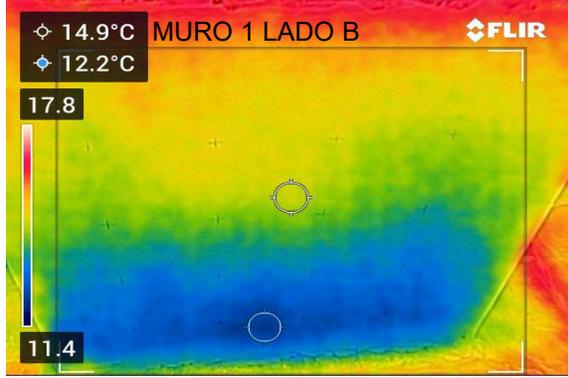
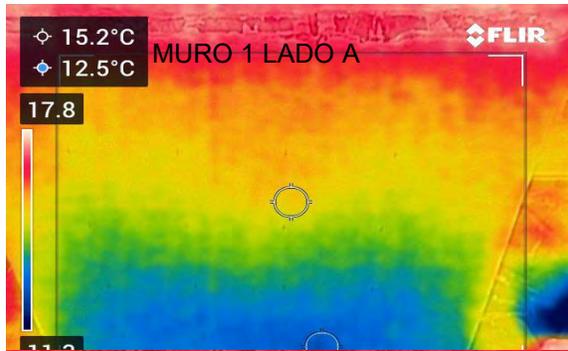


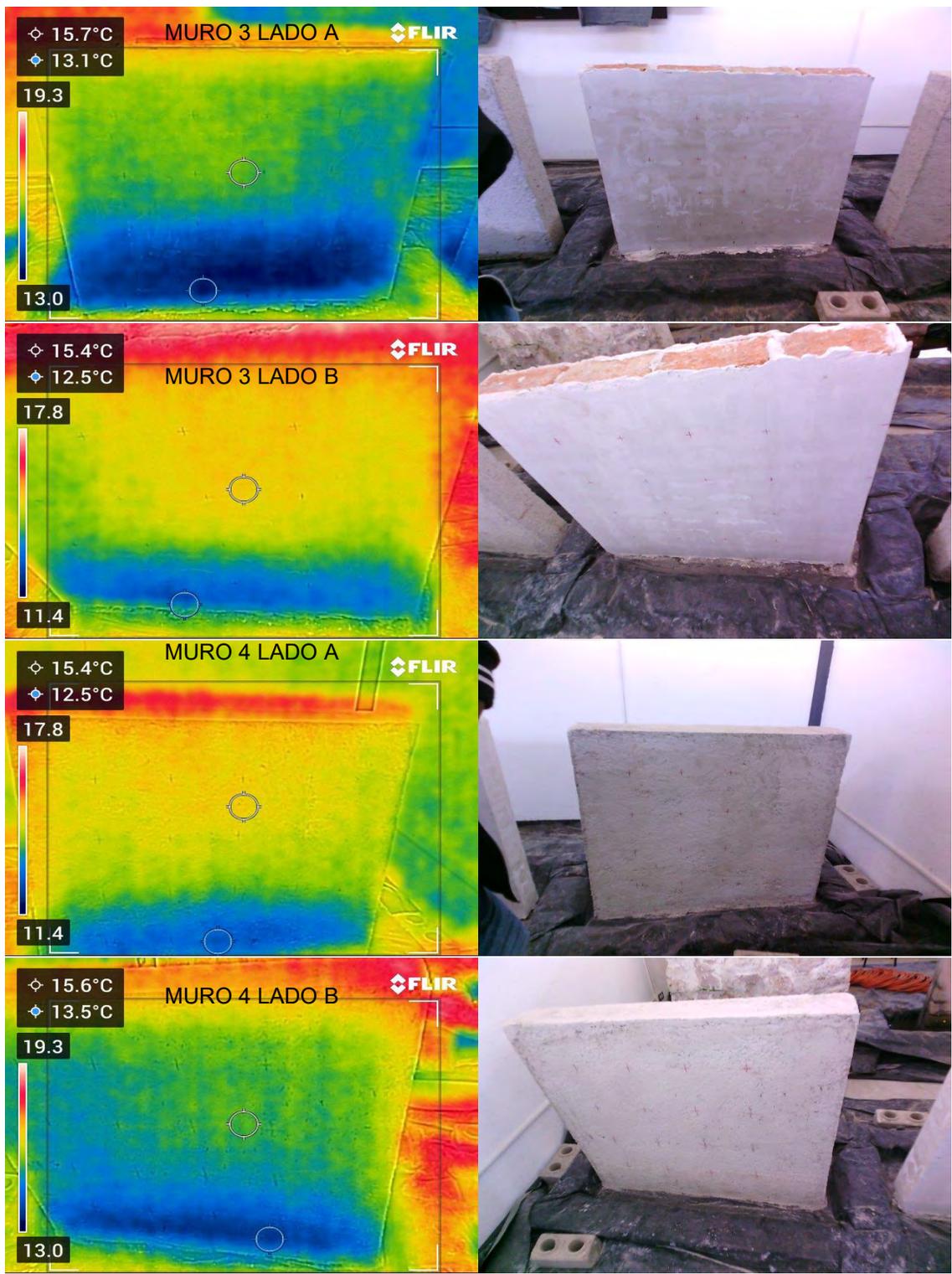




23 de enero de 2023

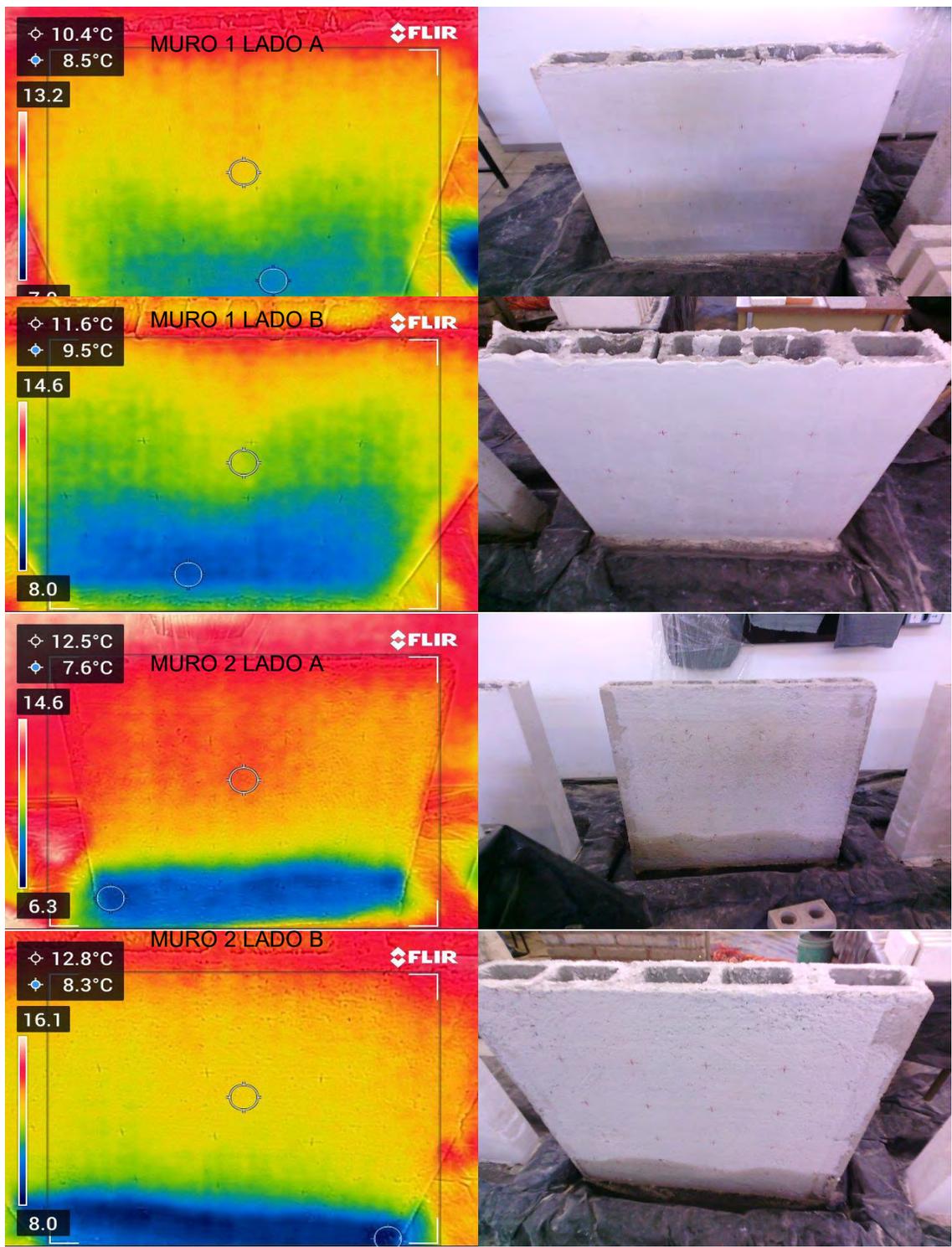


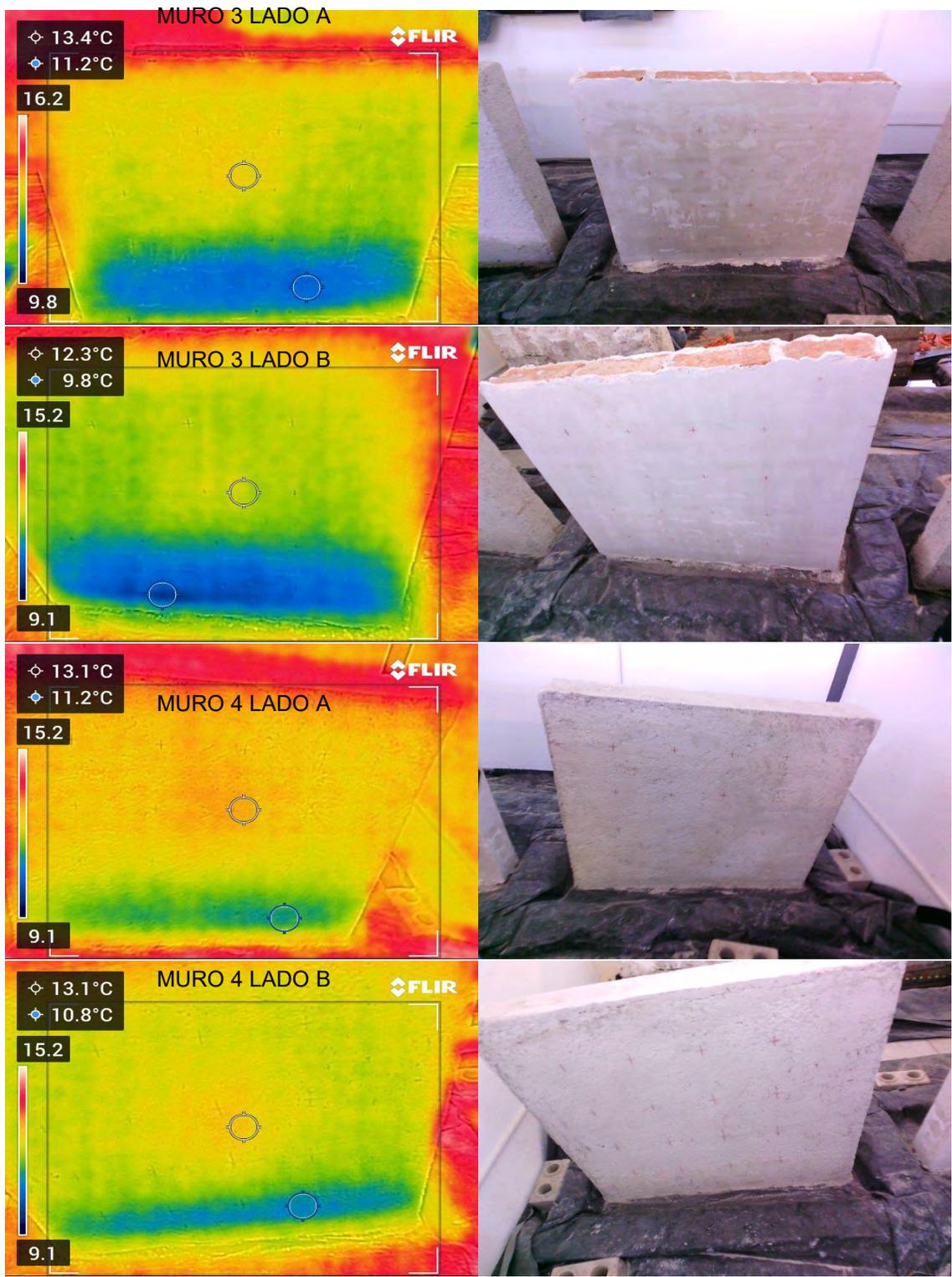




24 de enero de 2023

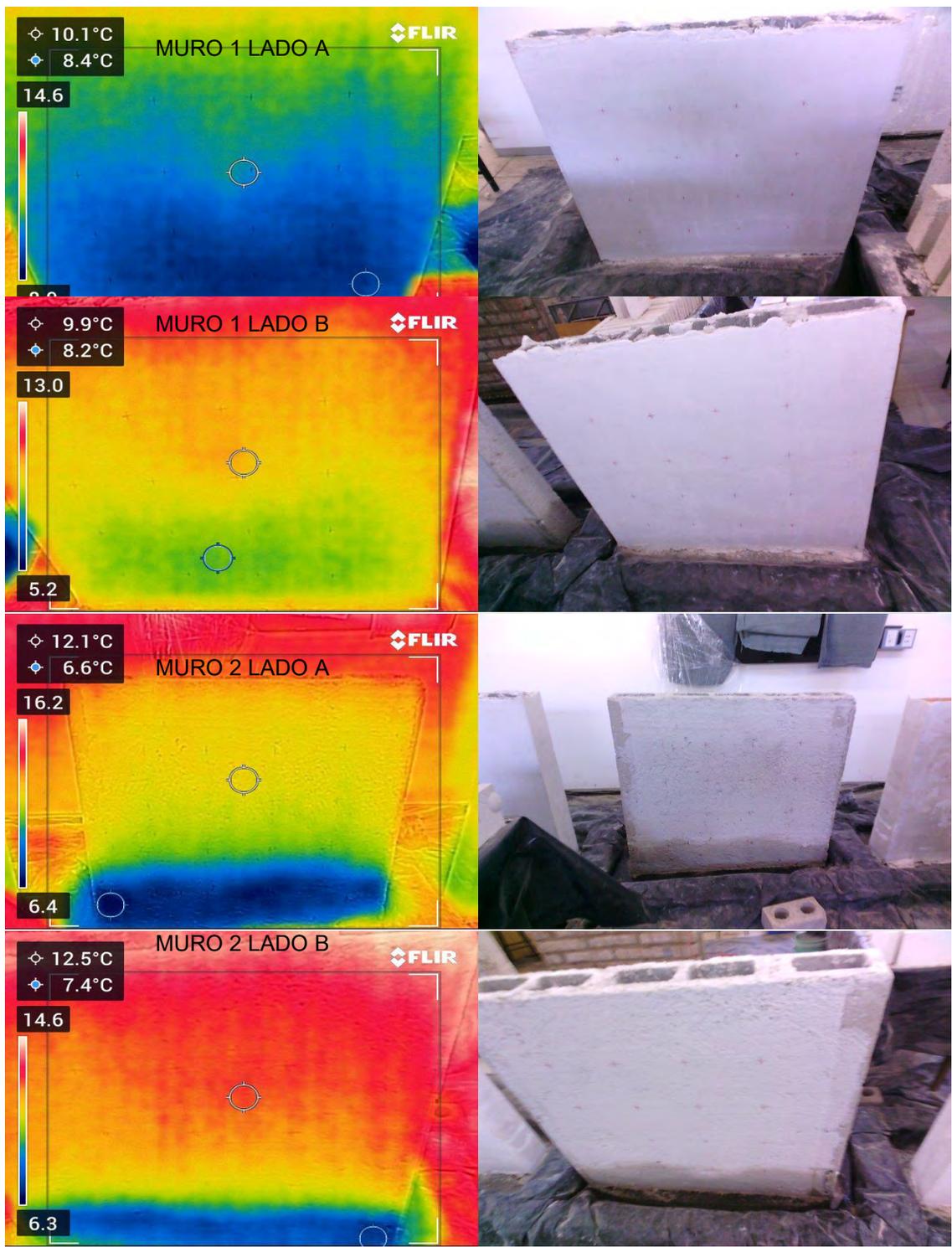


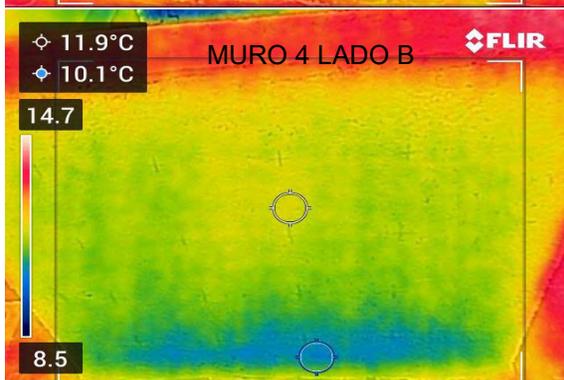
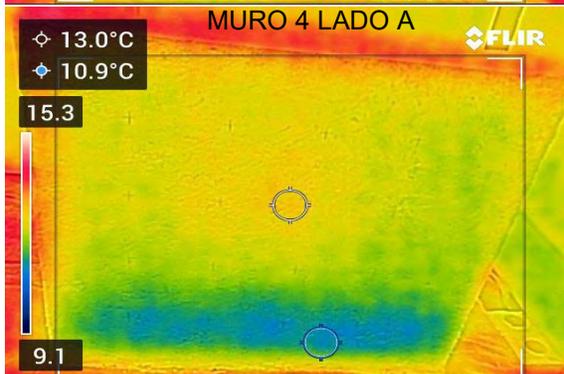
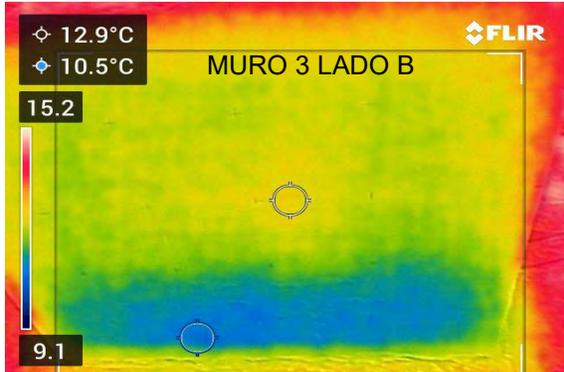
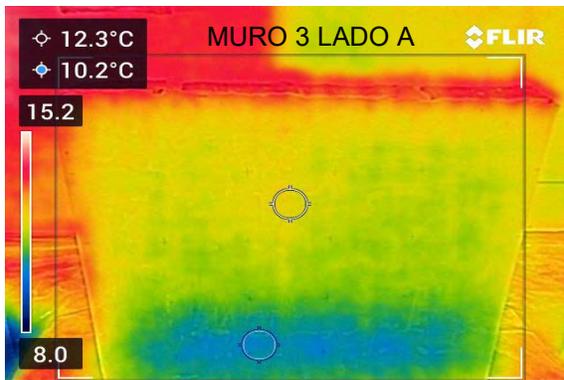




25 de enero de 2023

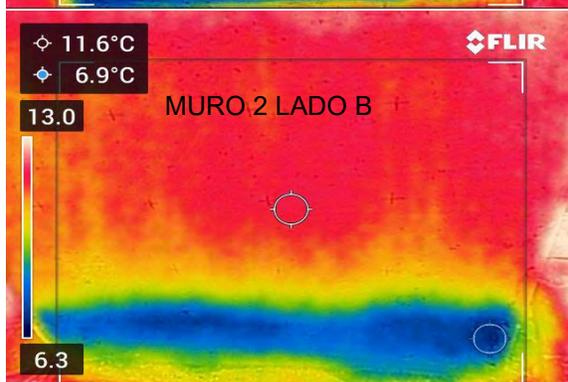
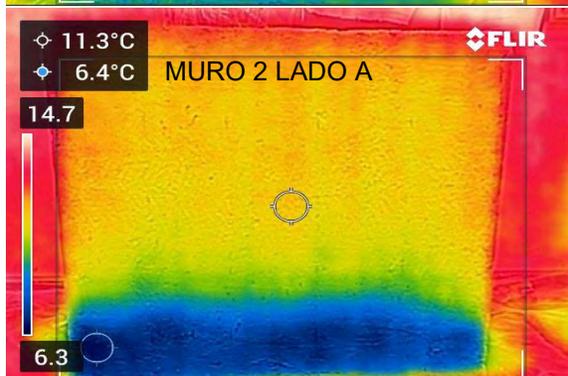
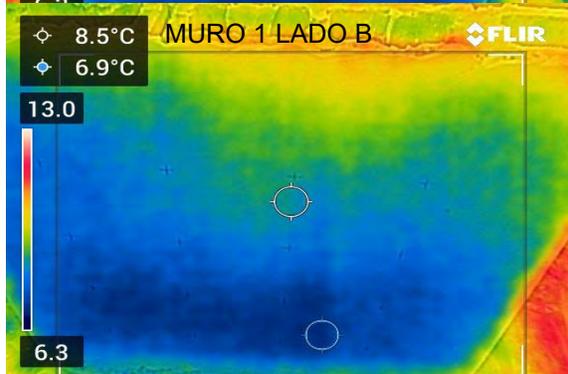
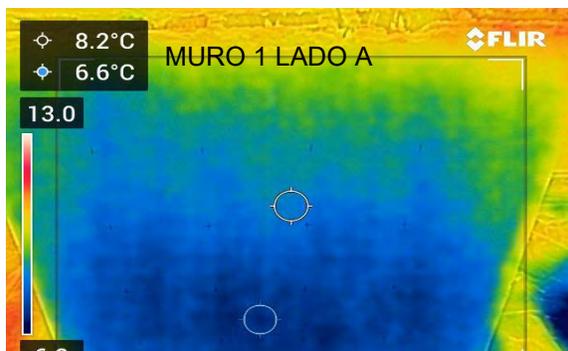


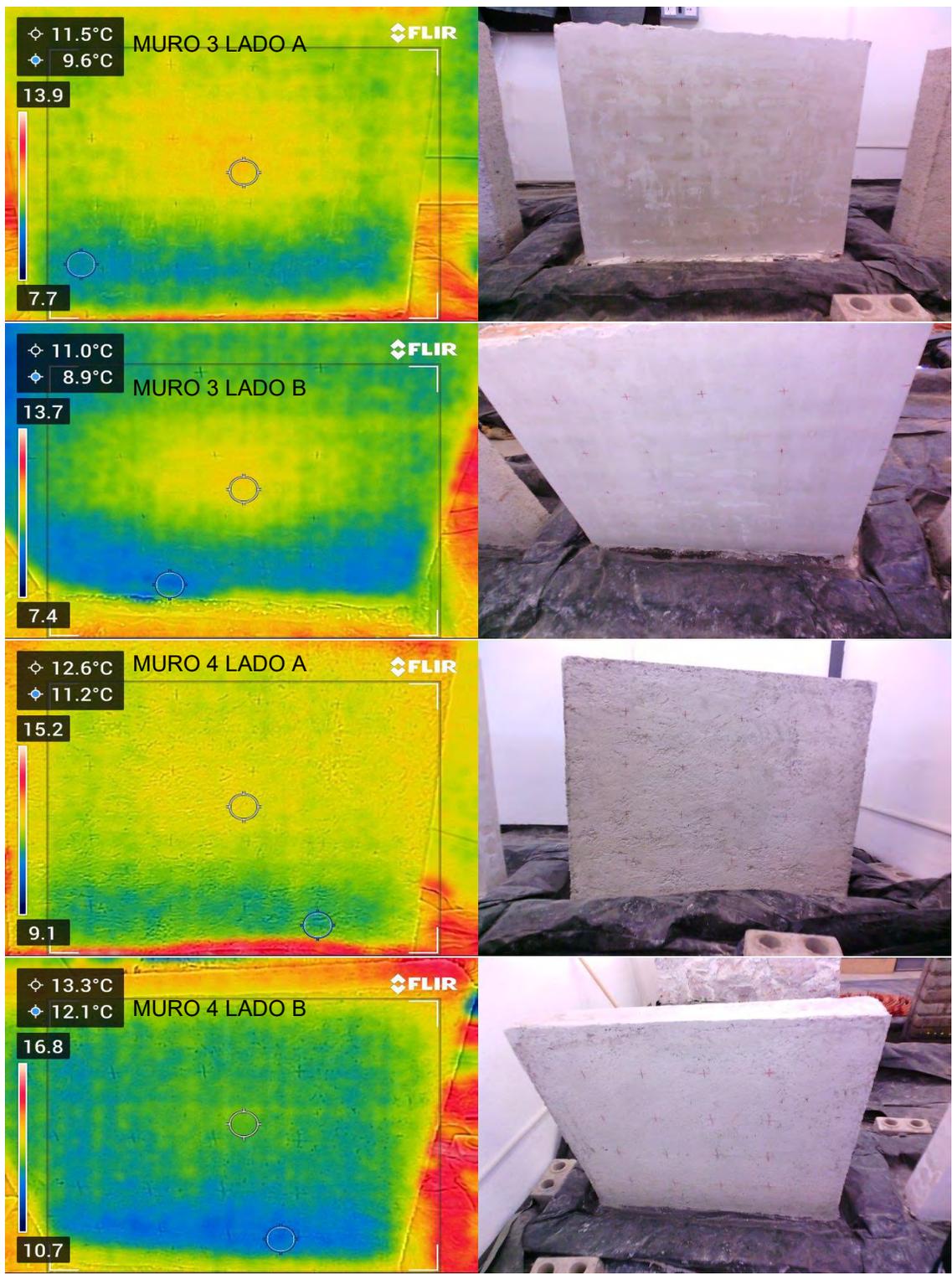




26 de enero de 2023

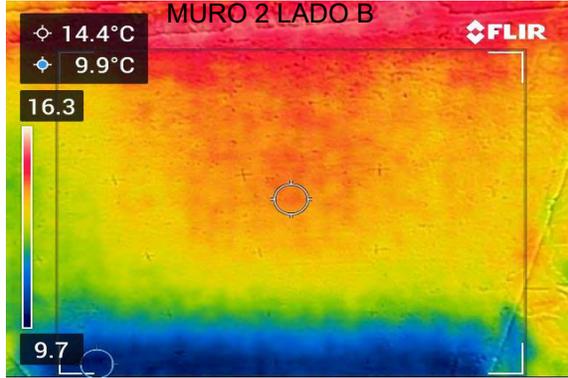
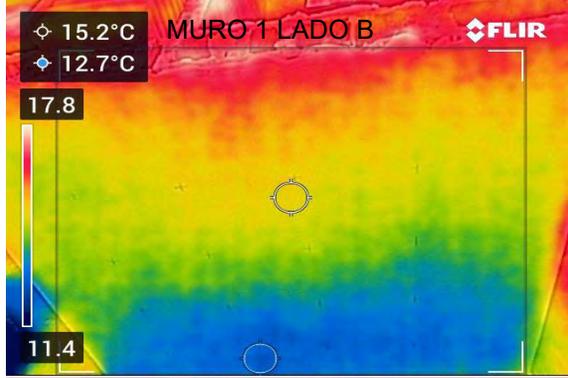
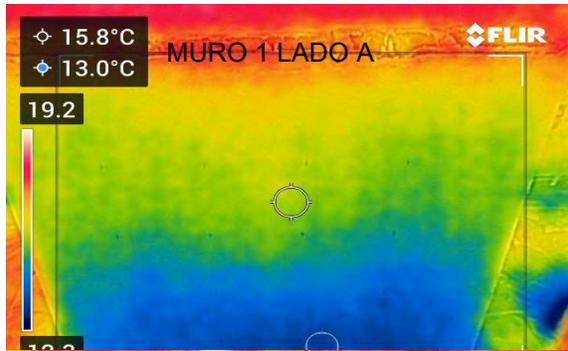


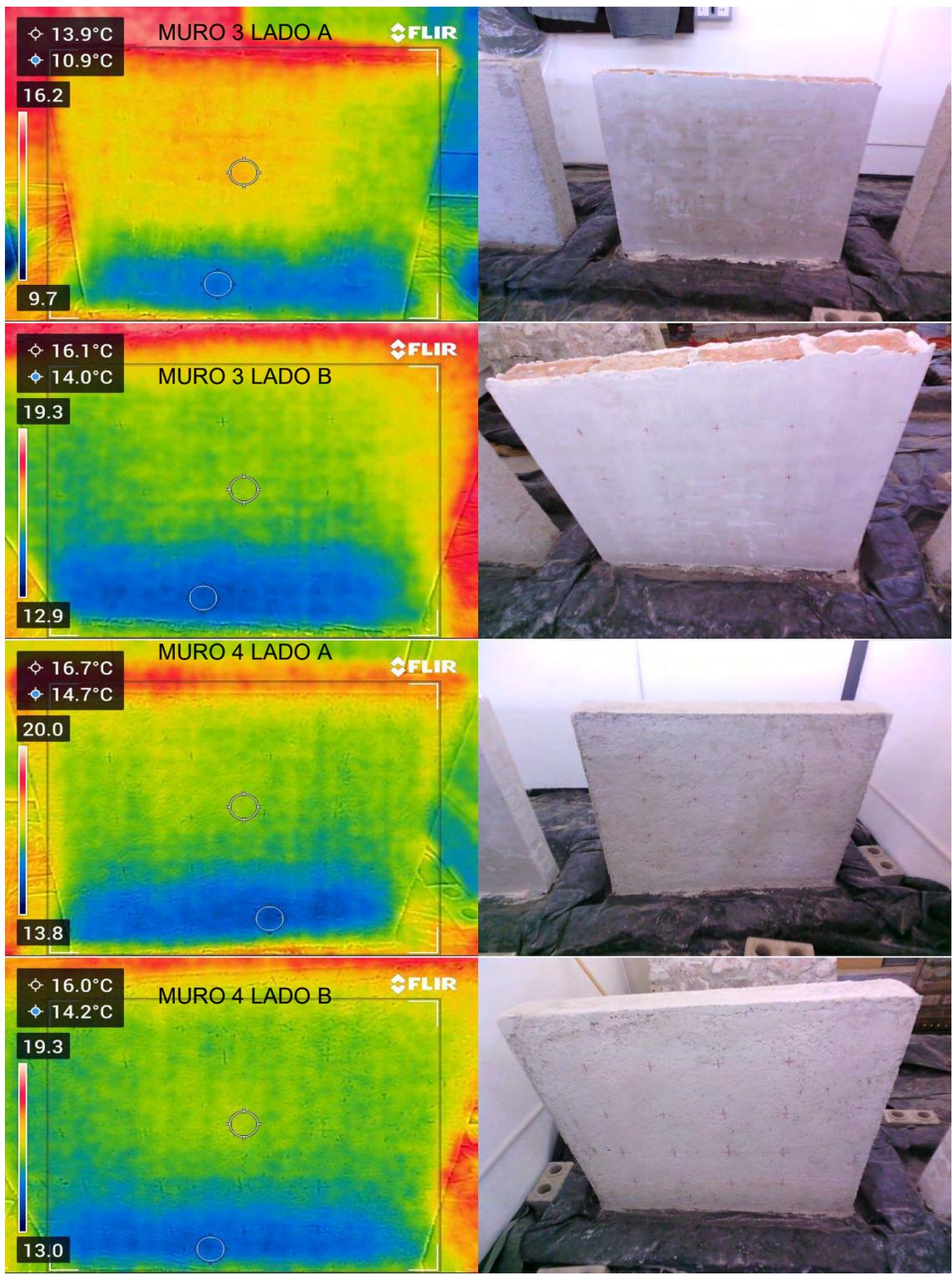




30 de enero de 2023

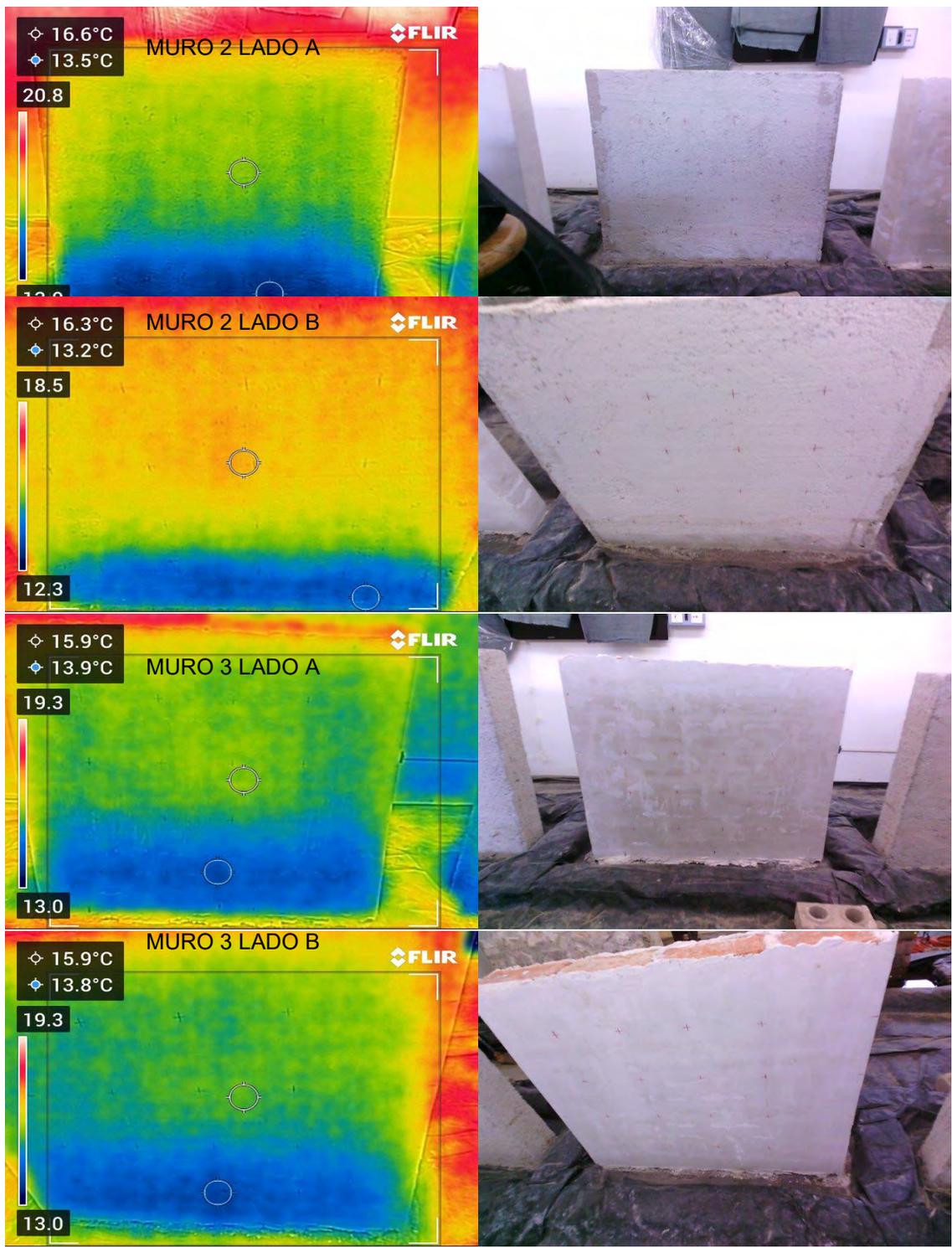






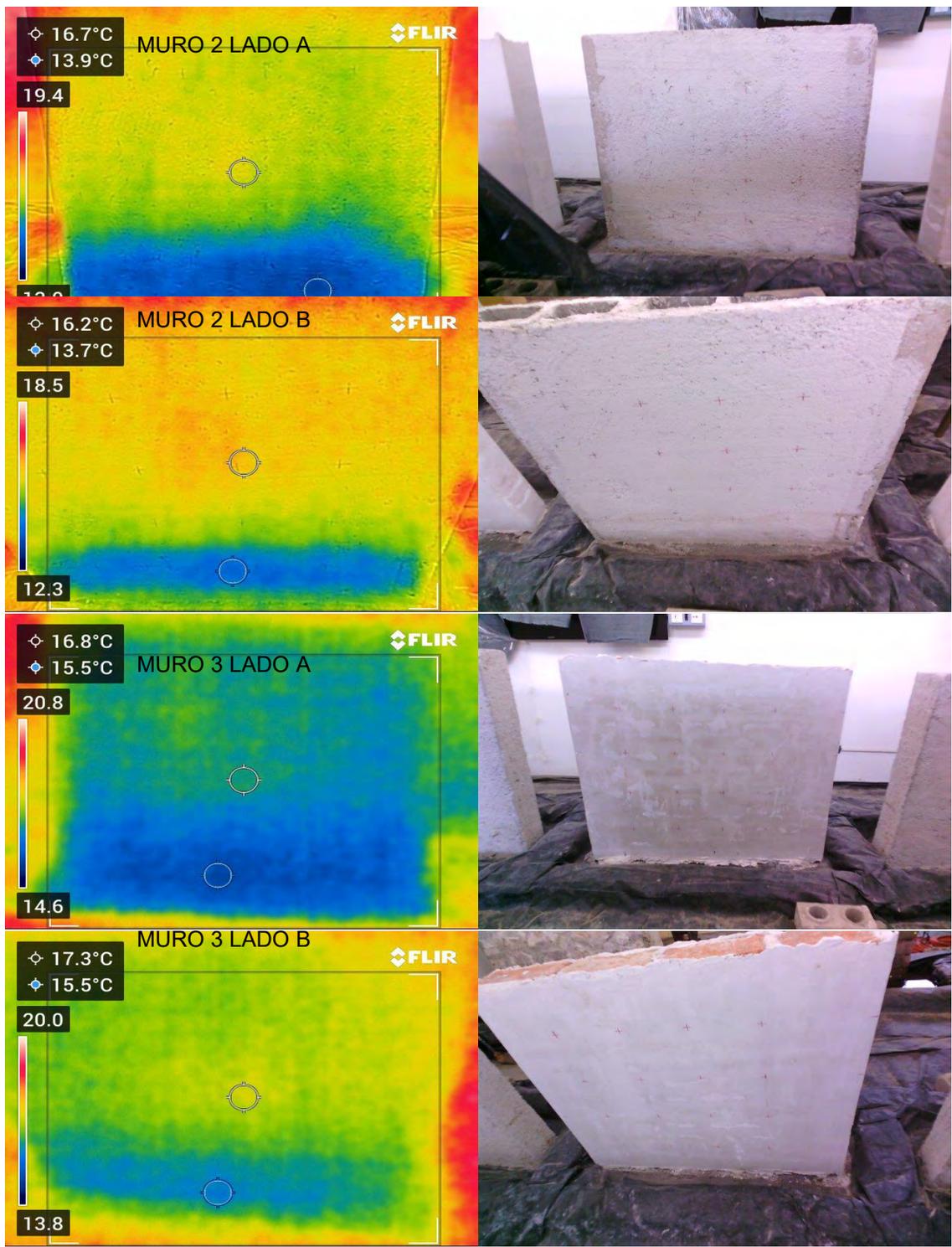
31 de enero de 2023





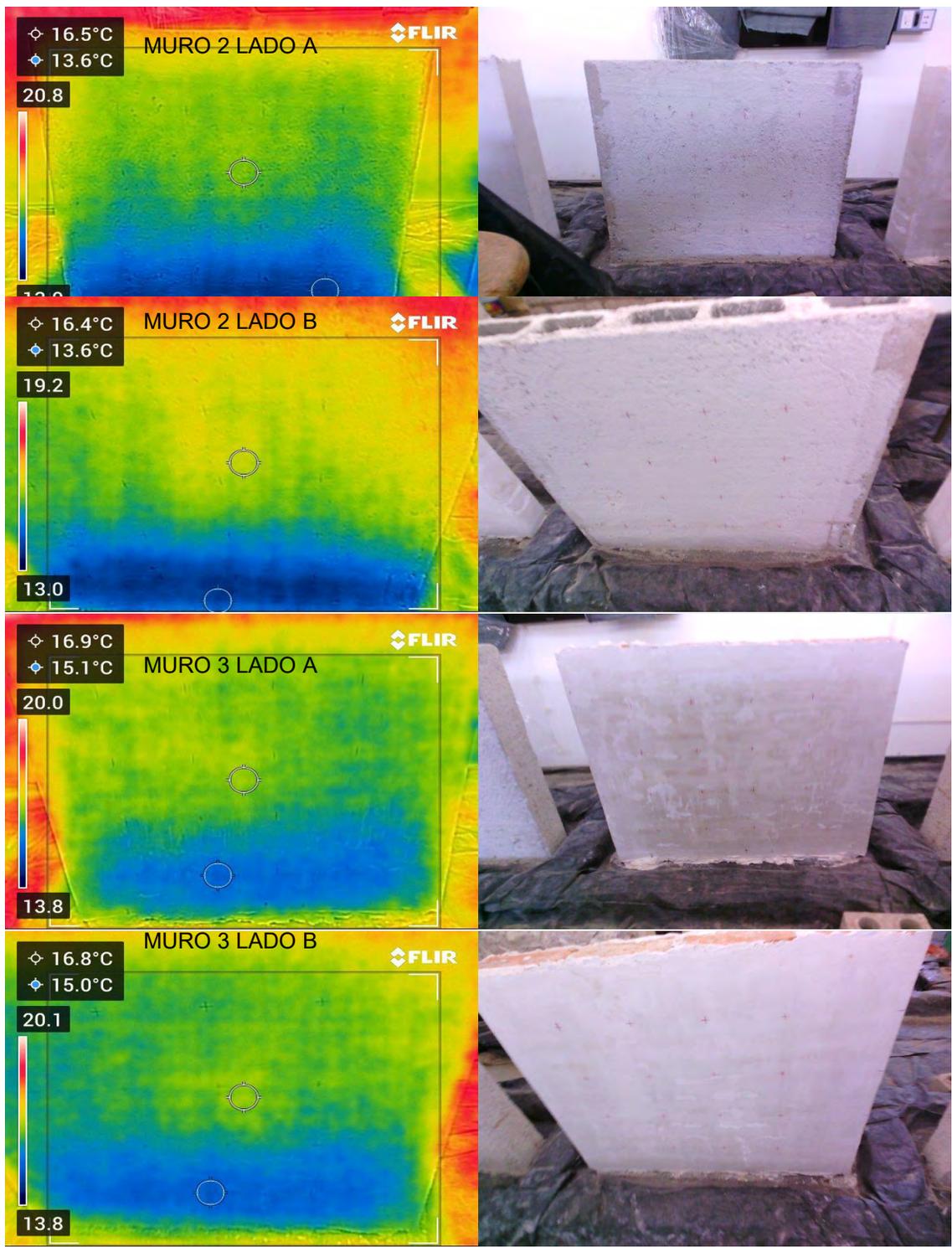
2 de febrero de 2023





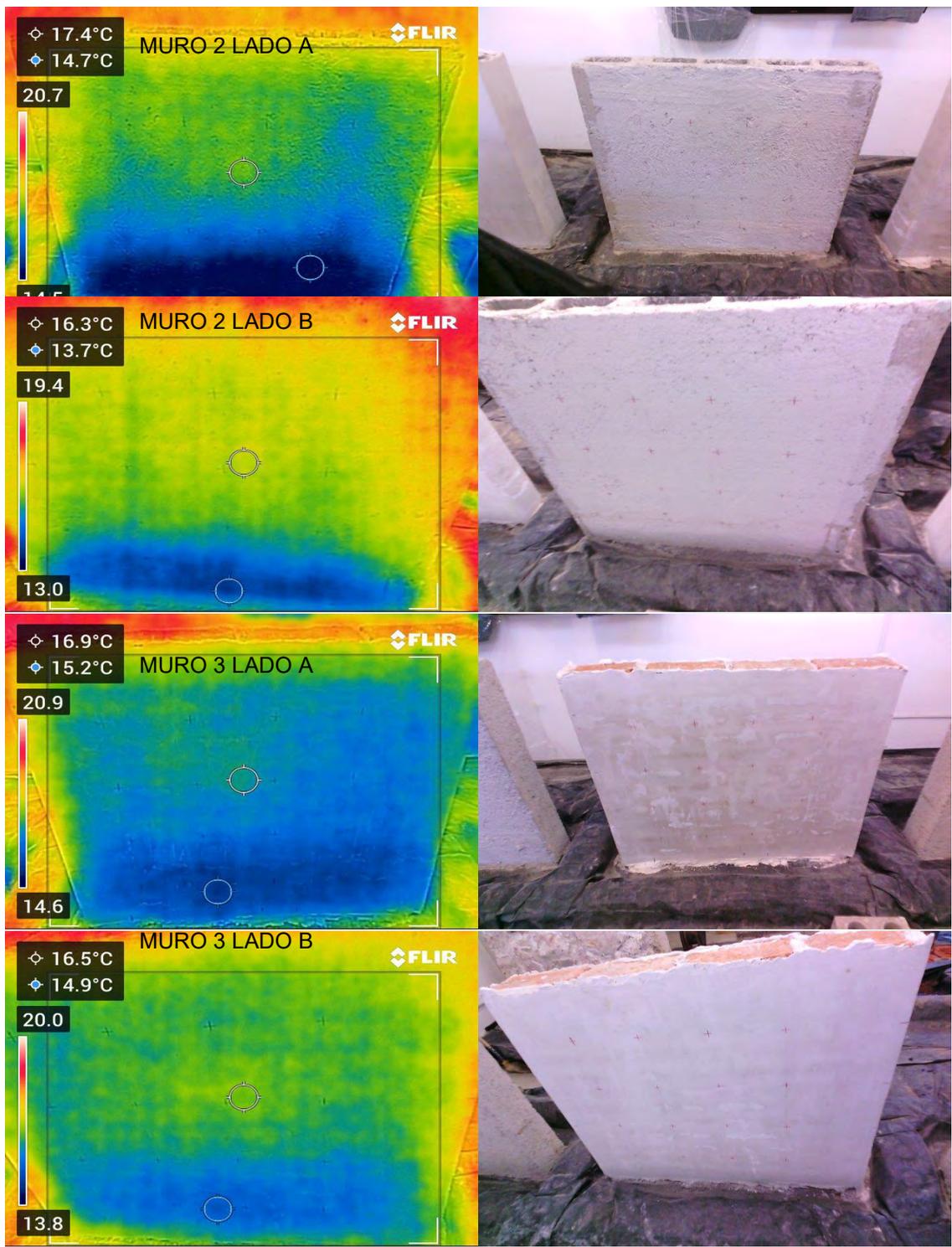
7 de febrero de 2023





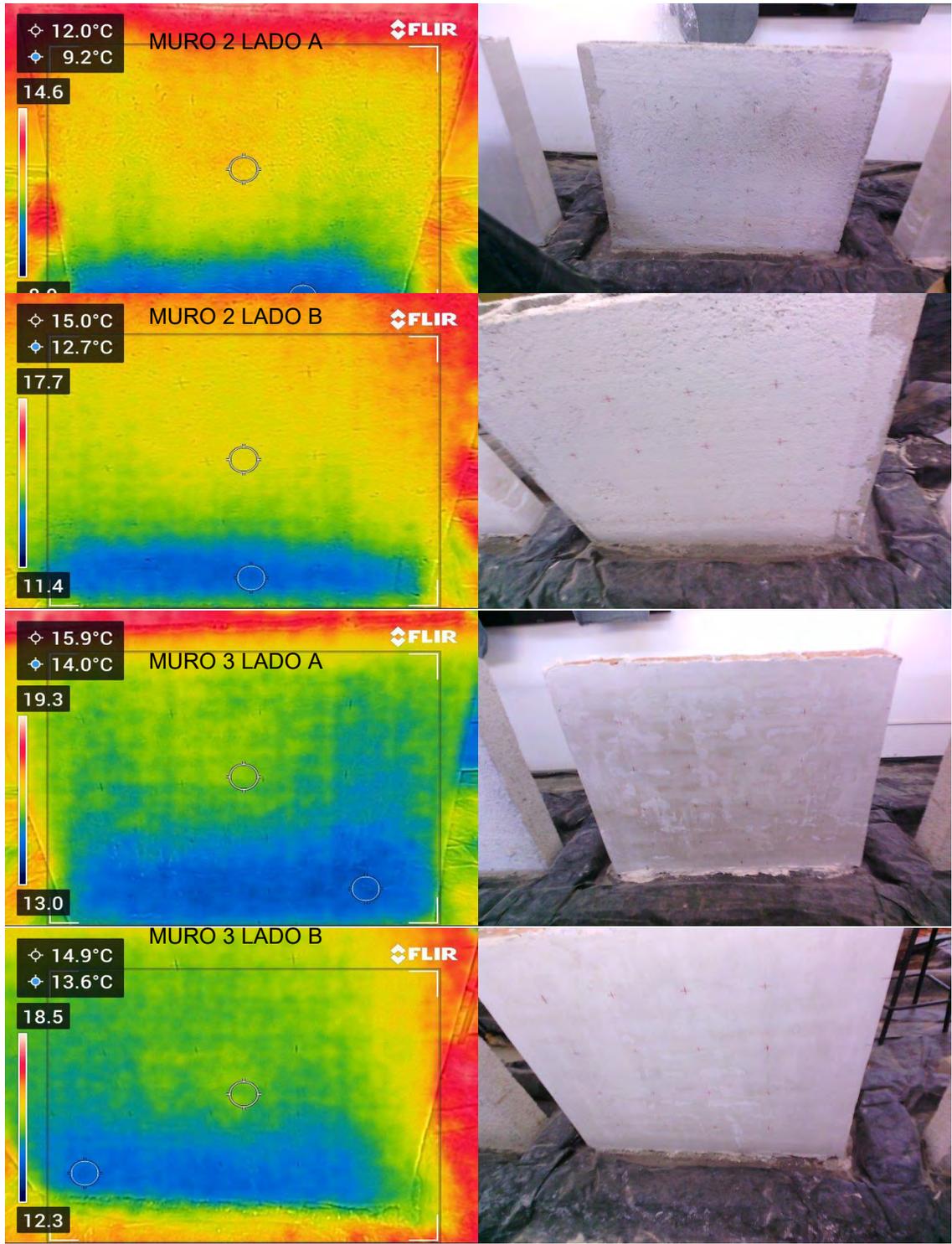
9 de febrero de 2023





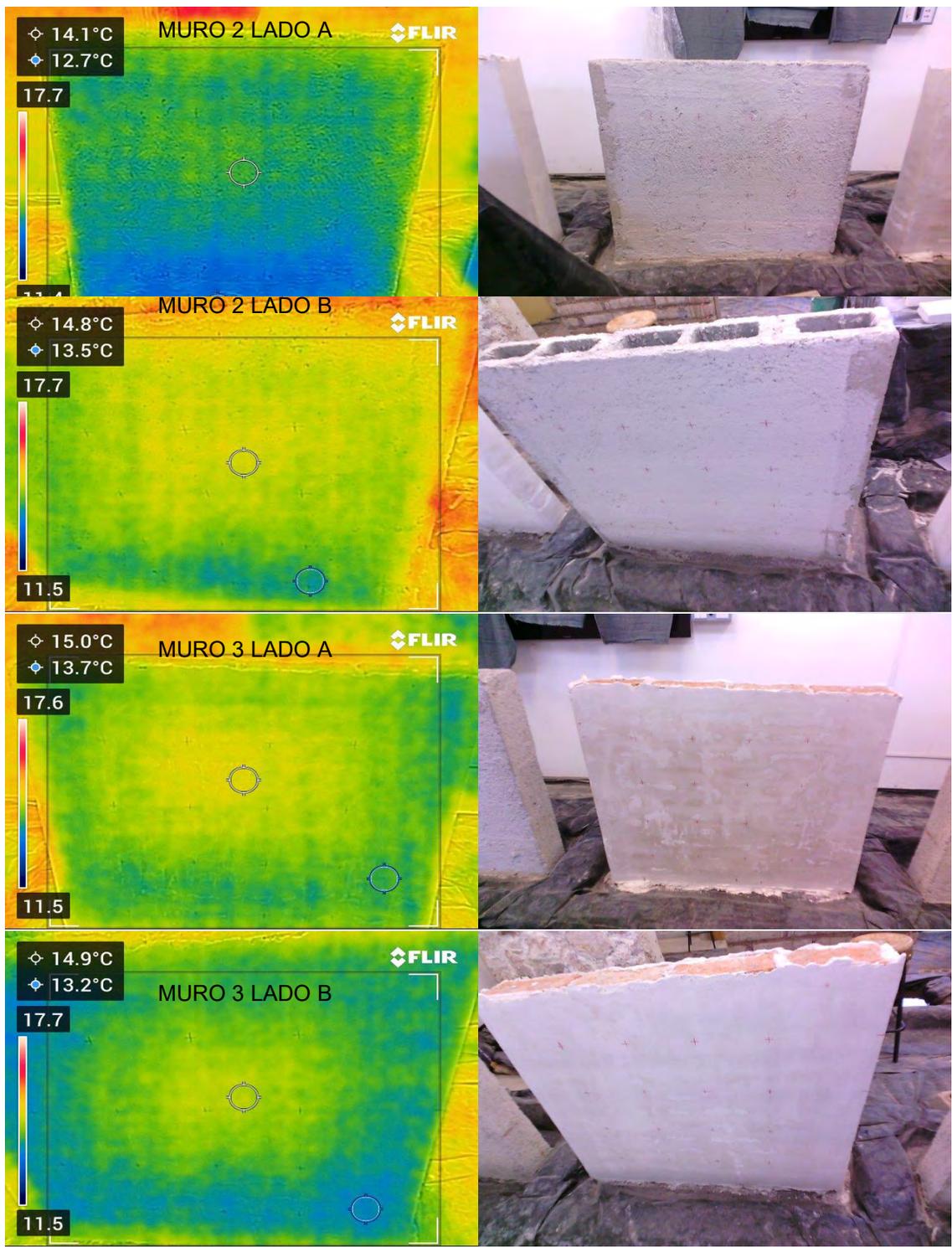
13 de febrero de 2023





17 de febrero de 2023

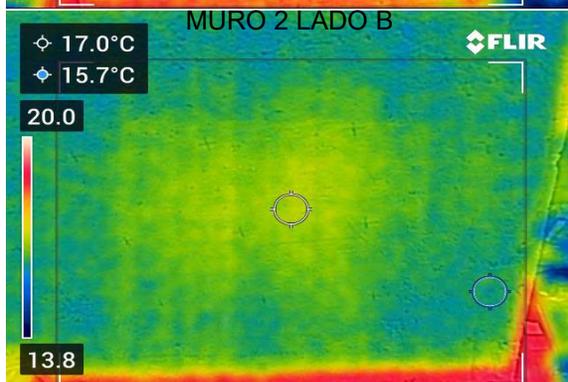
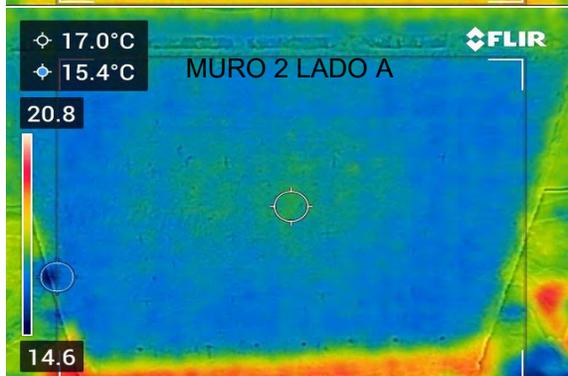
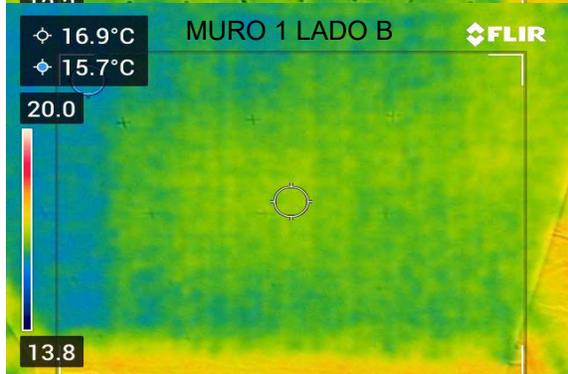
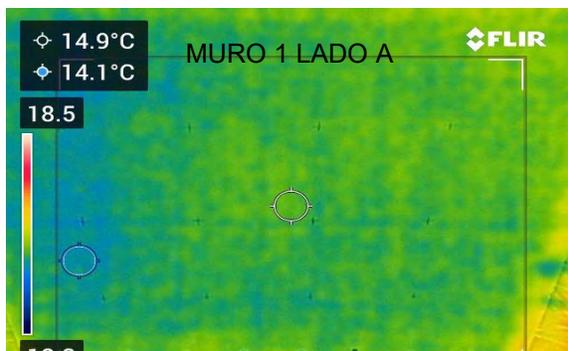


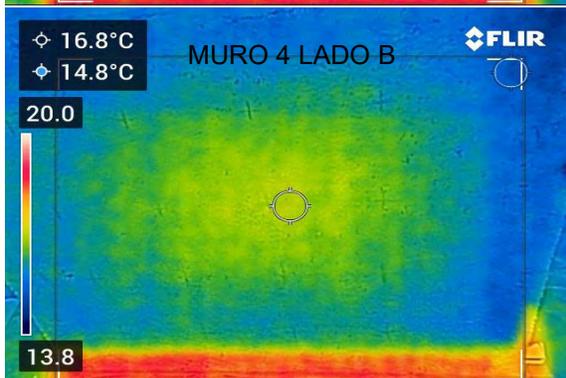
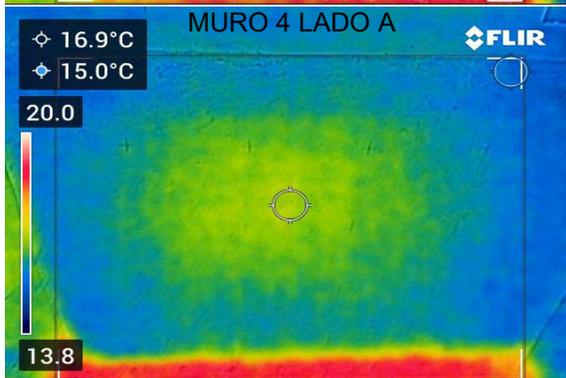
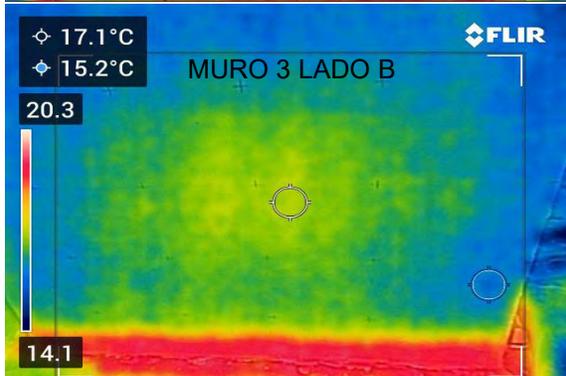
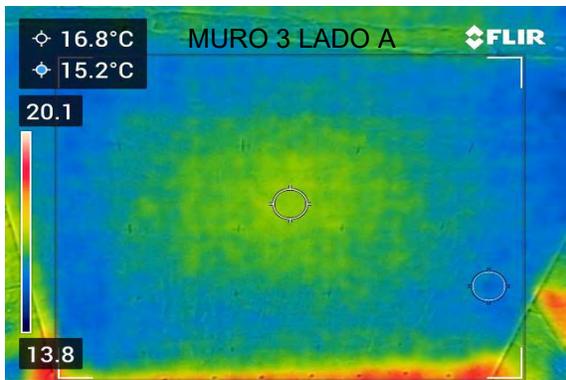


Segunda parte de la campaña experimental

1 de marzo de 2023

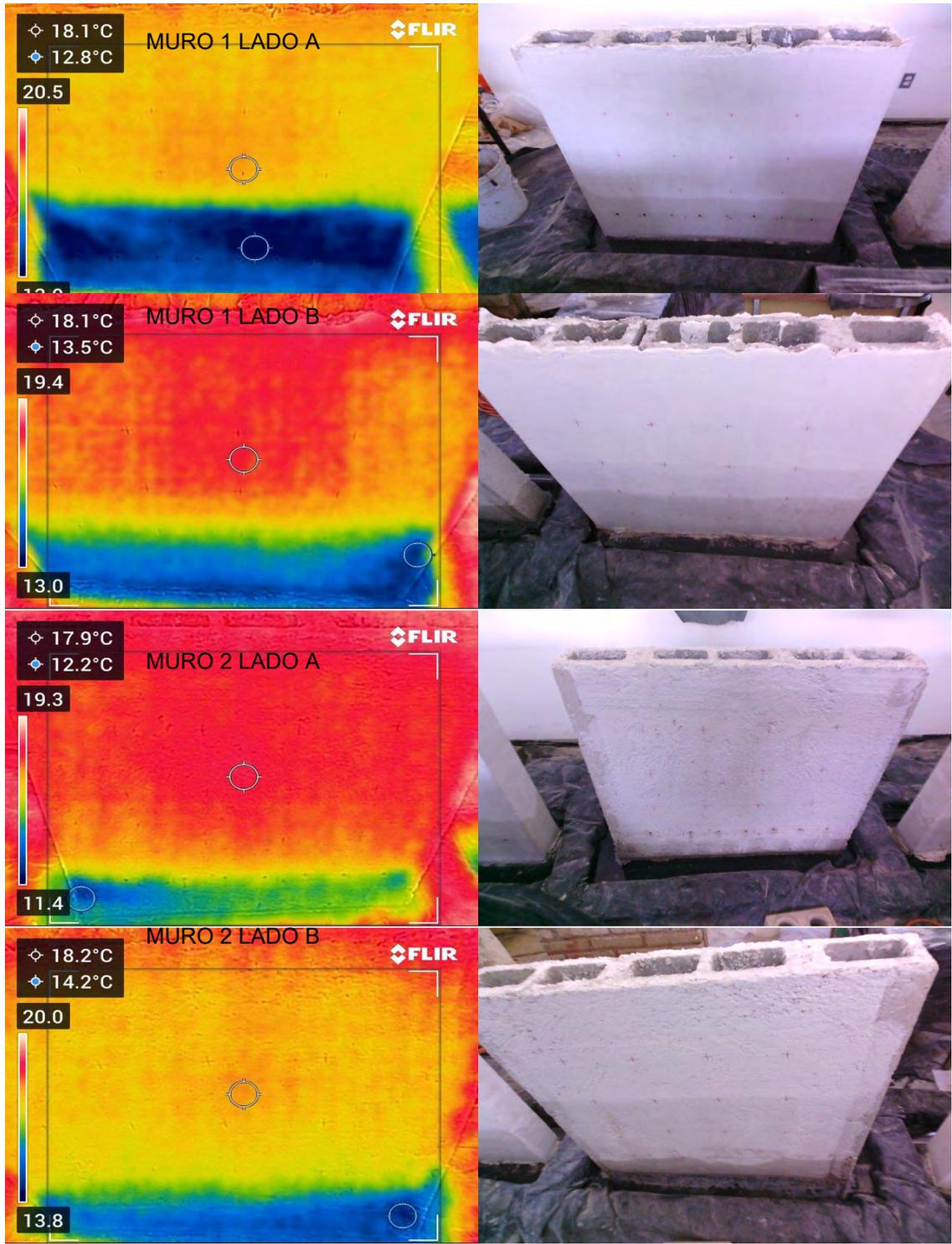


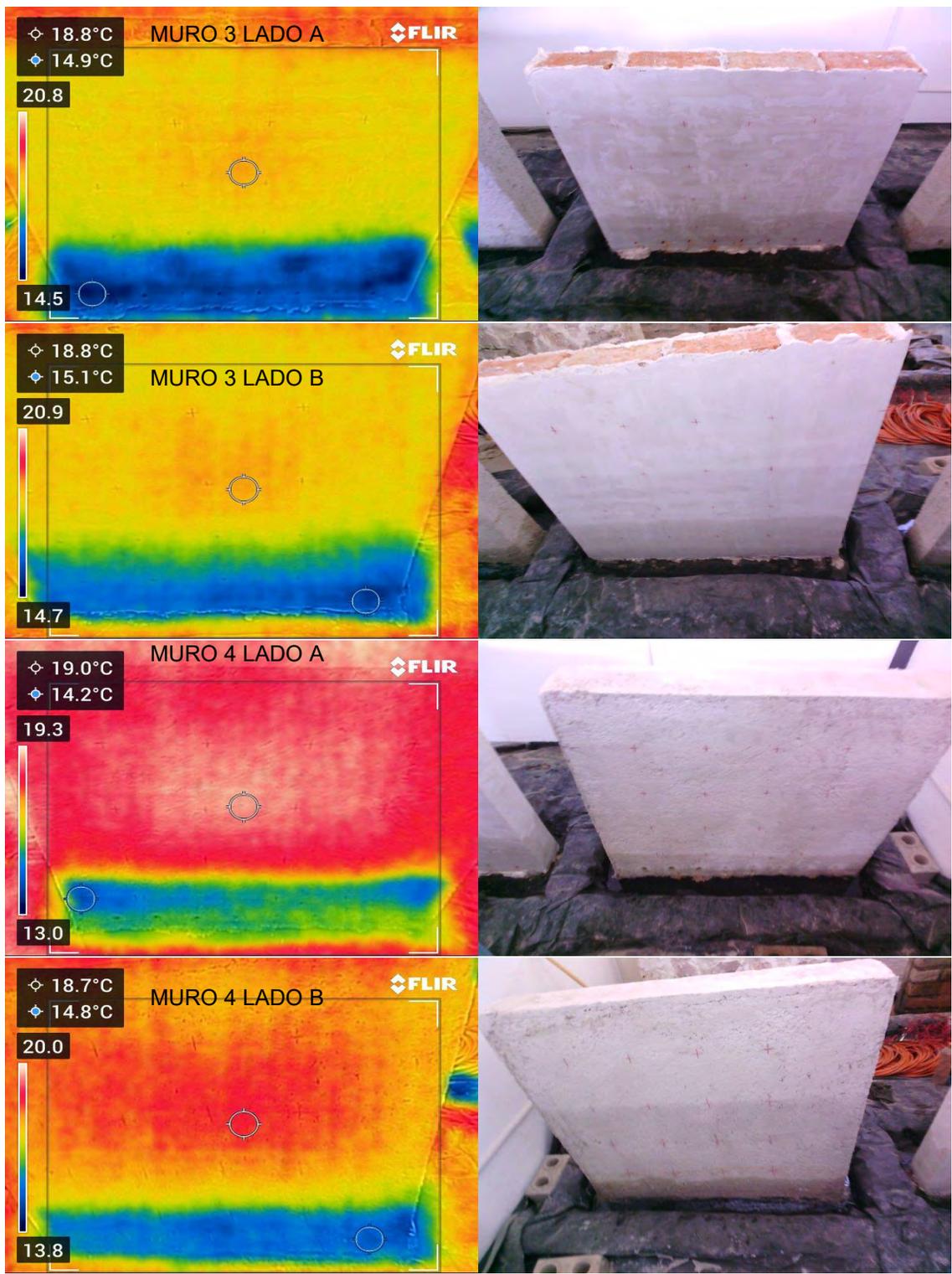




2 de marzo de 2023

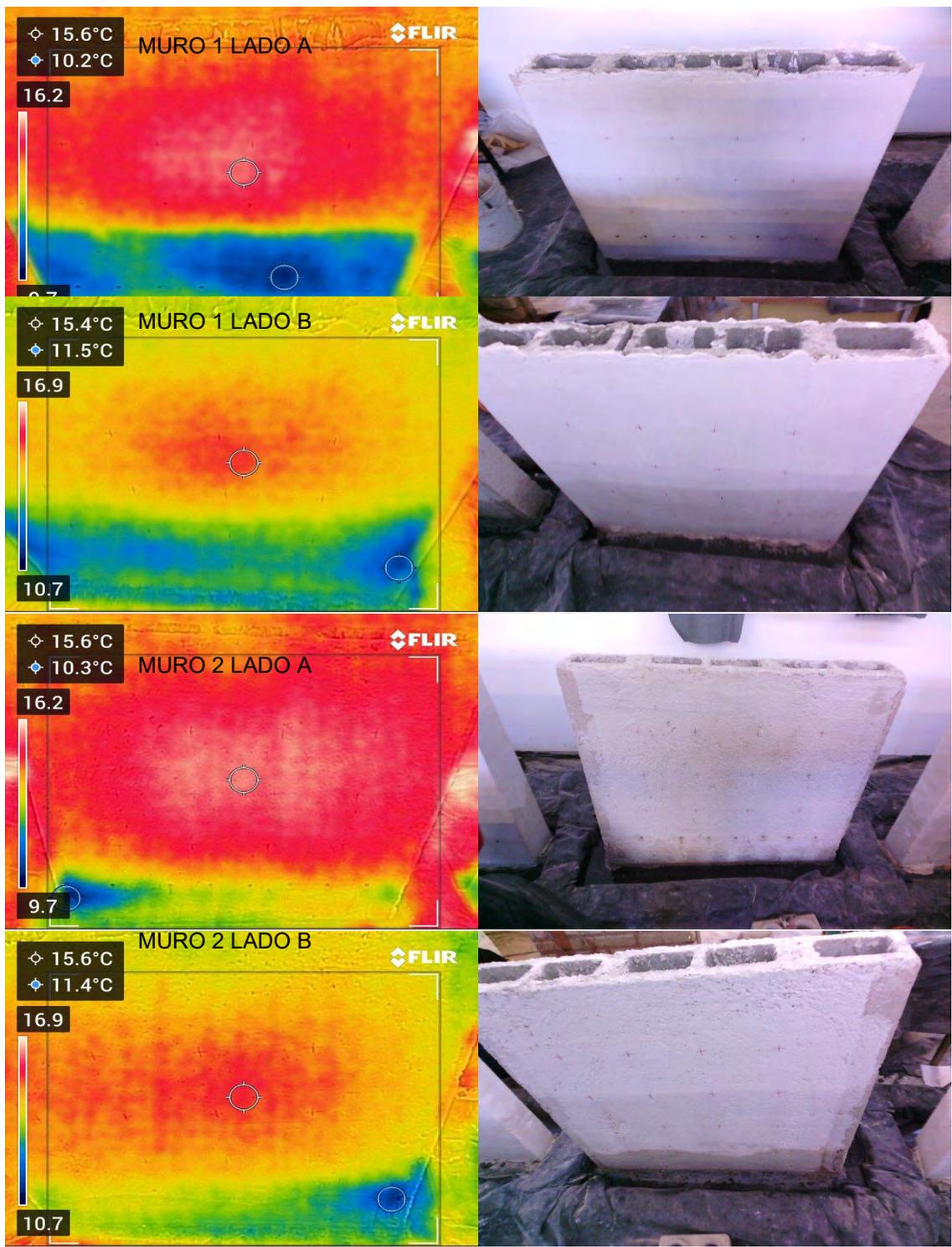


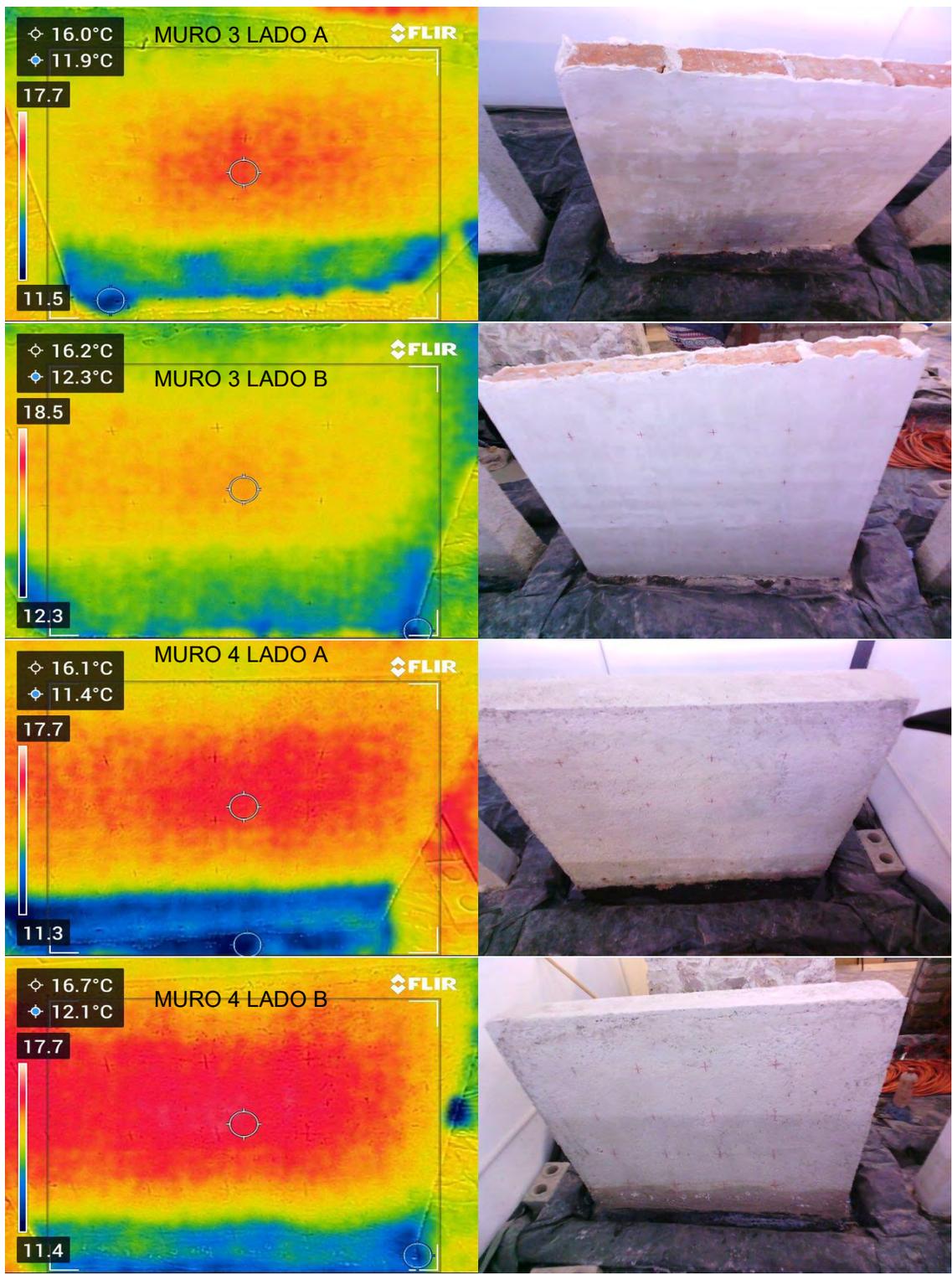




3 de marzo de 2023

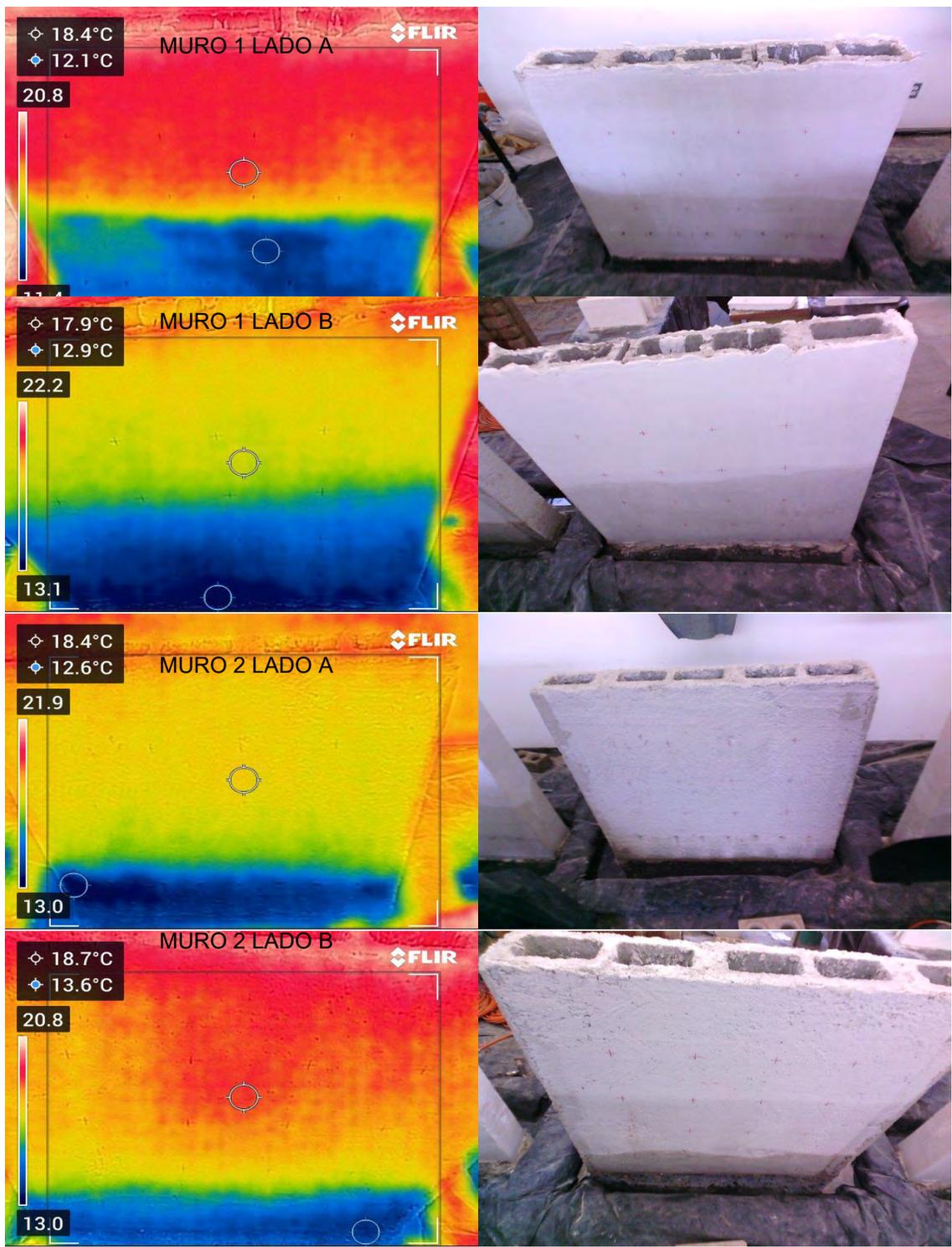


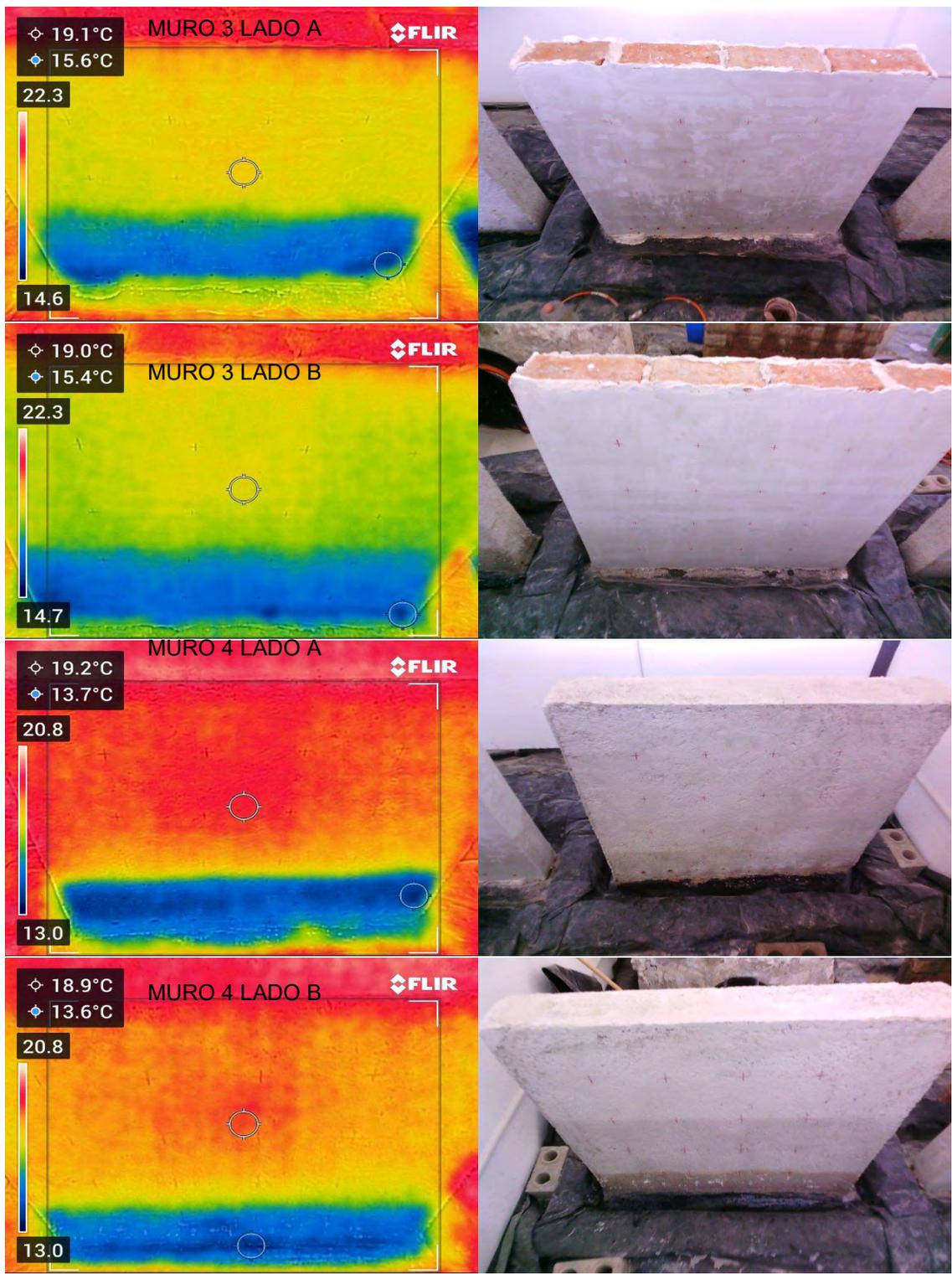




4 de marzo de 2023

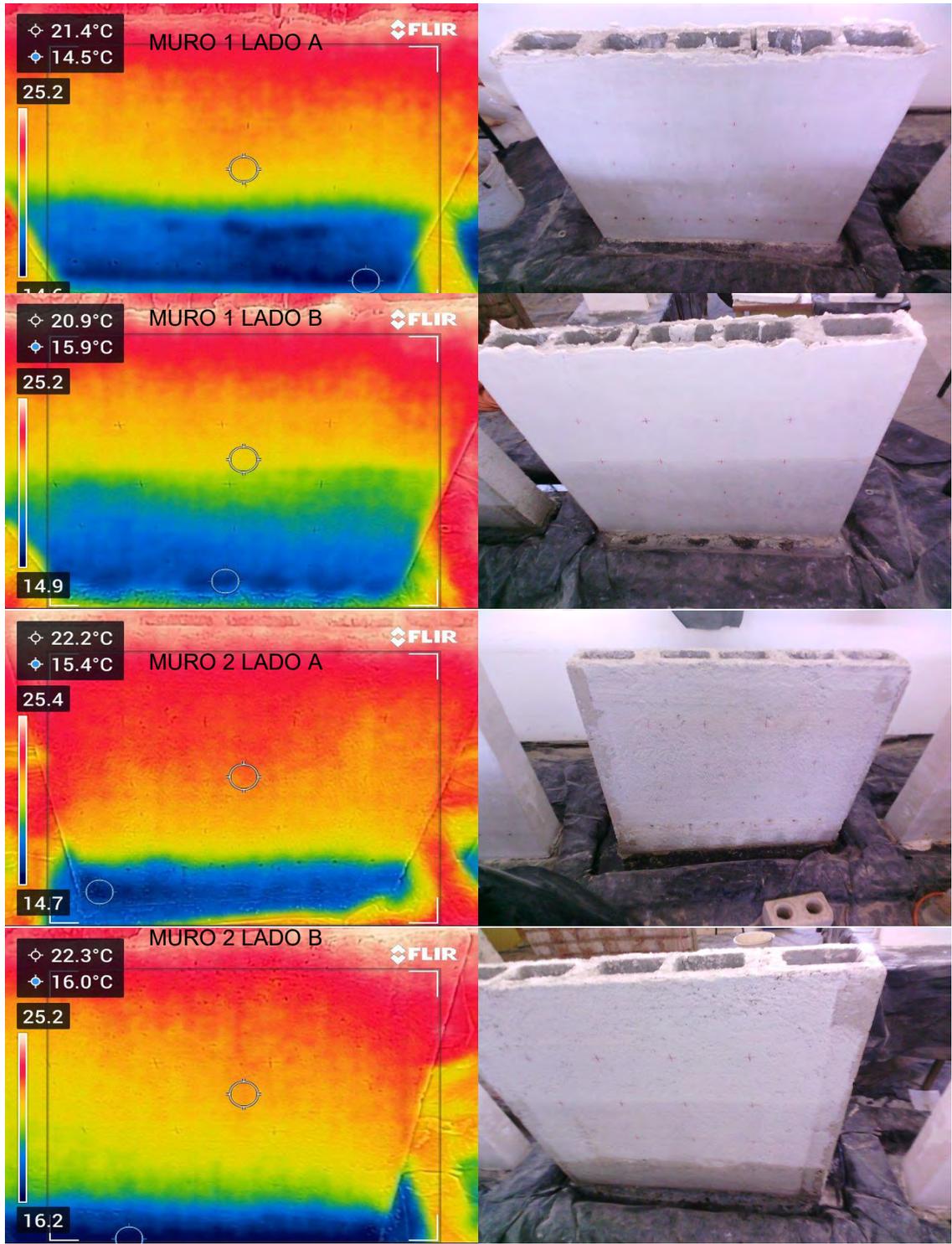


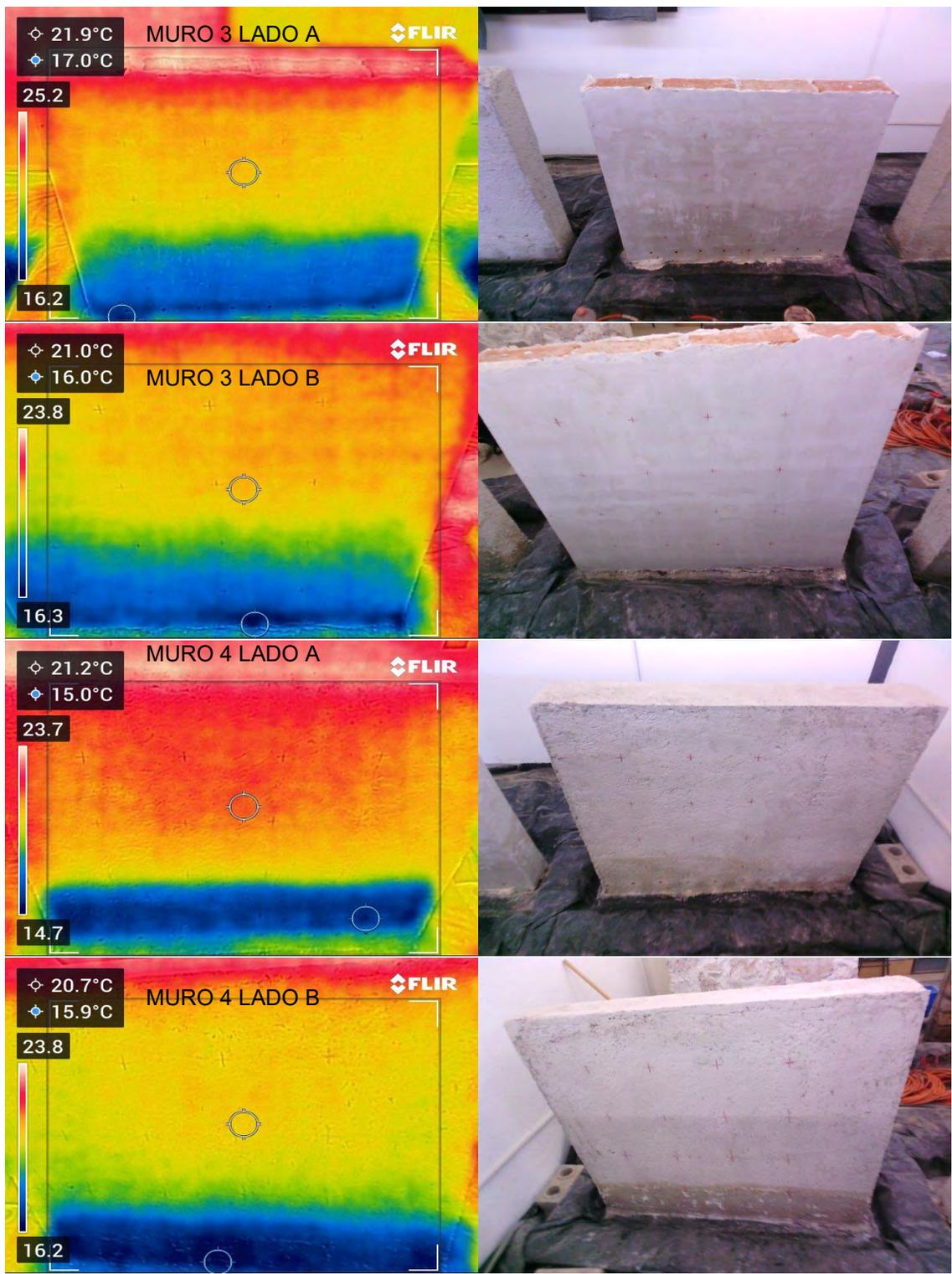




6 de marzo de 2023

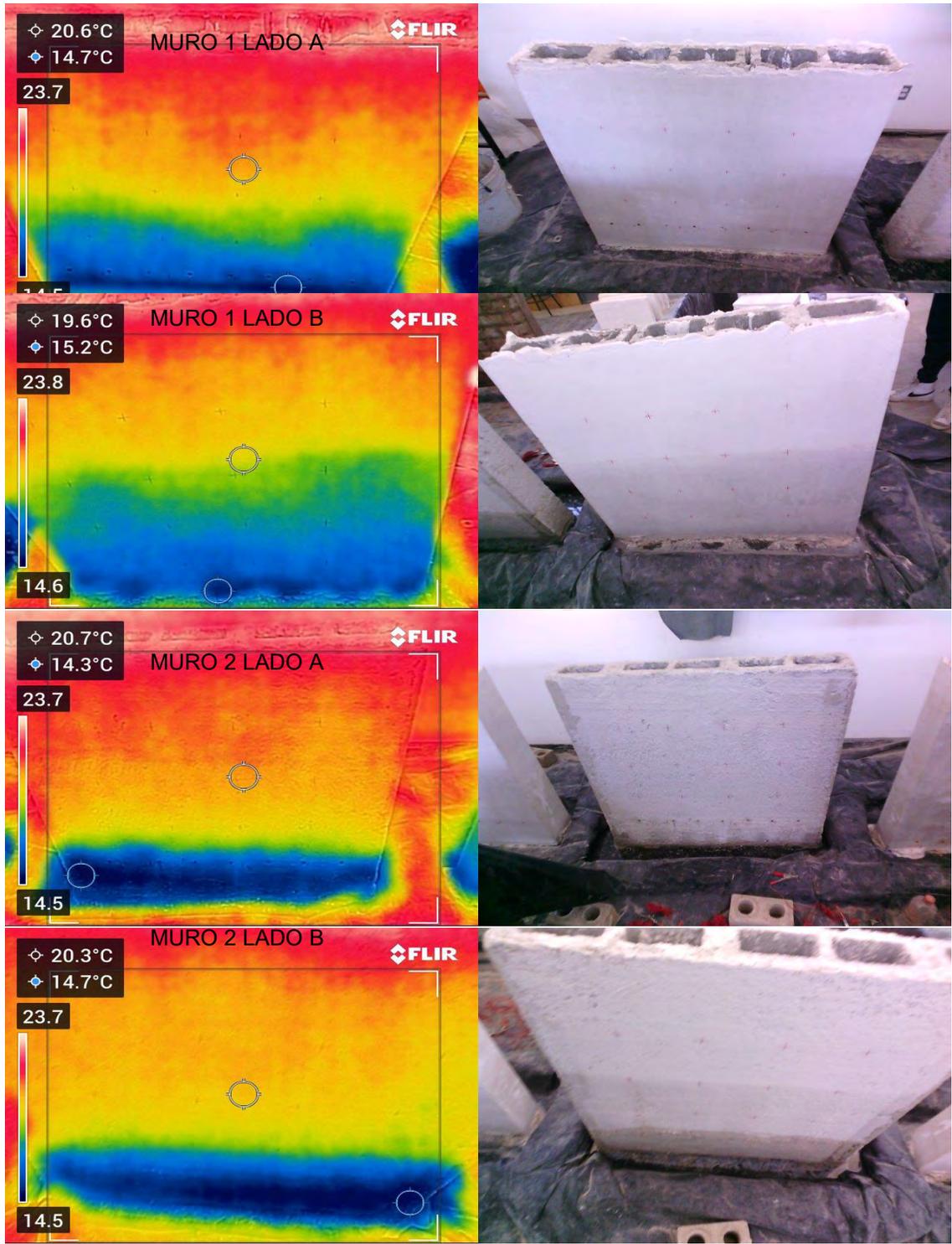


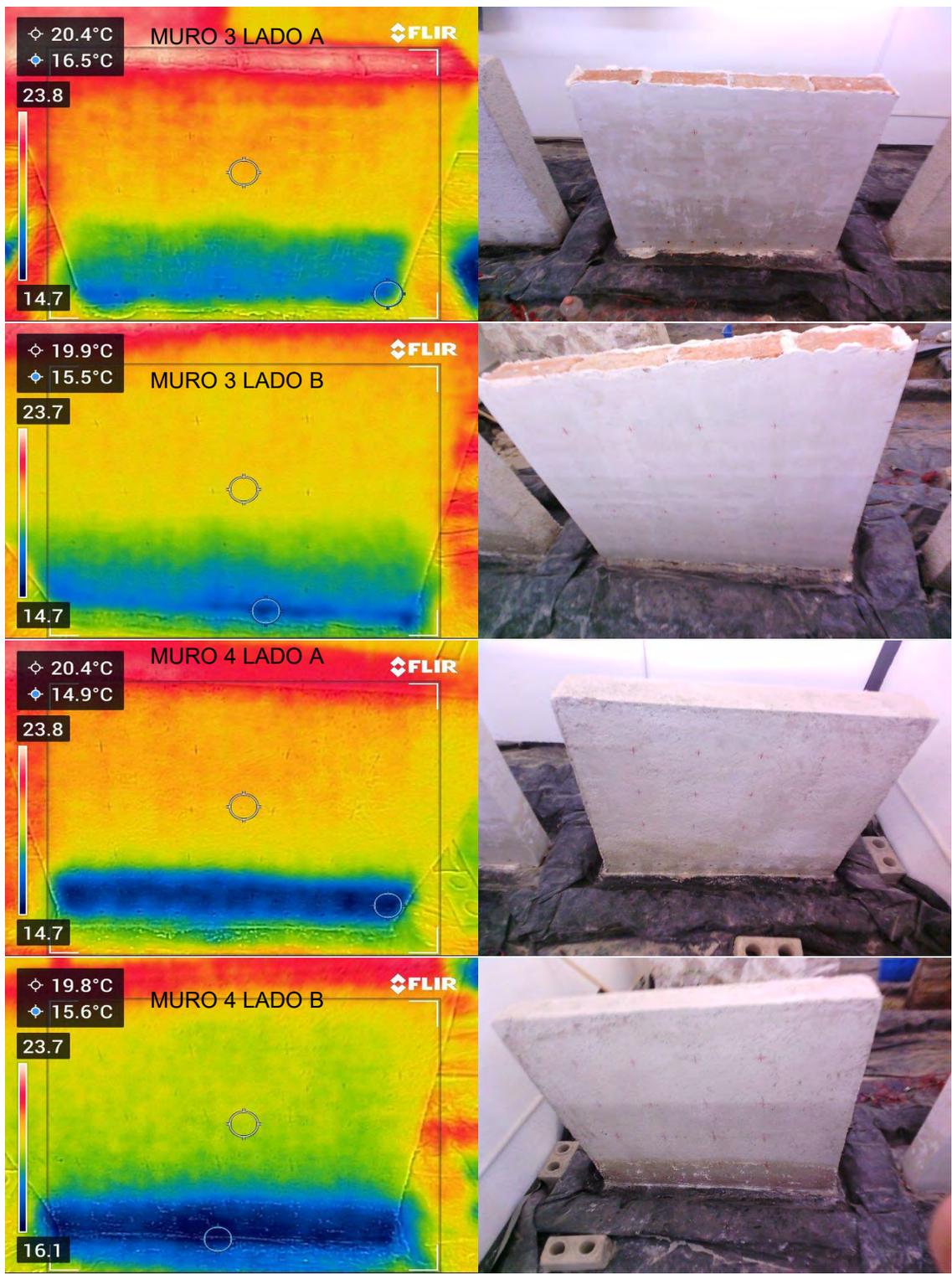




7 de marzo de 2023

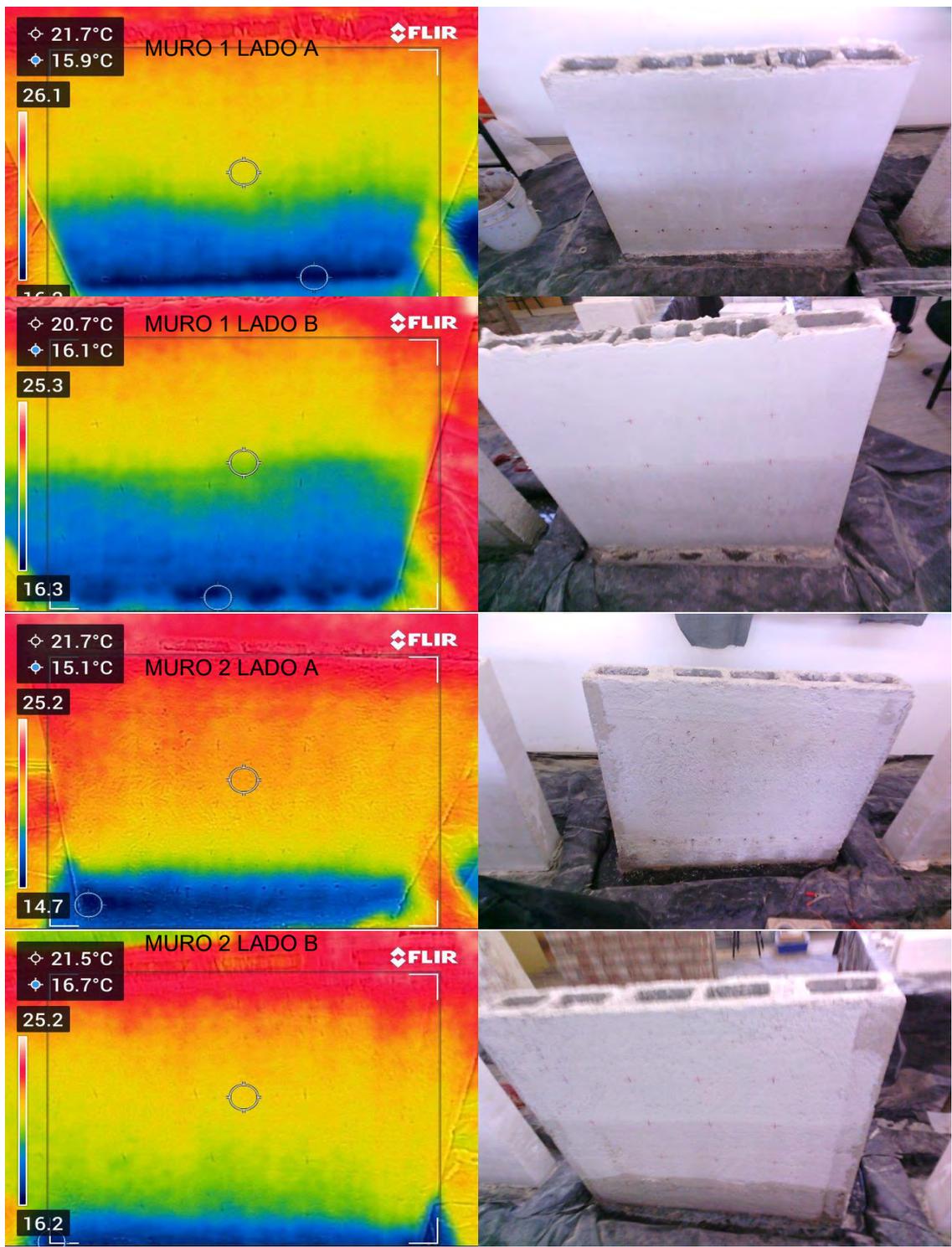


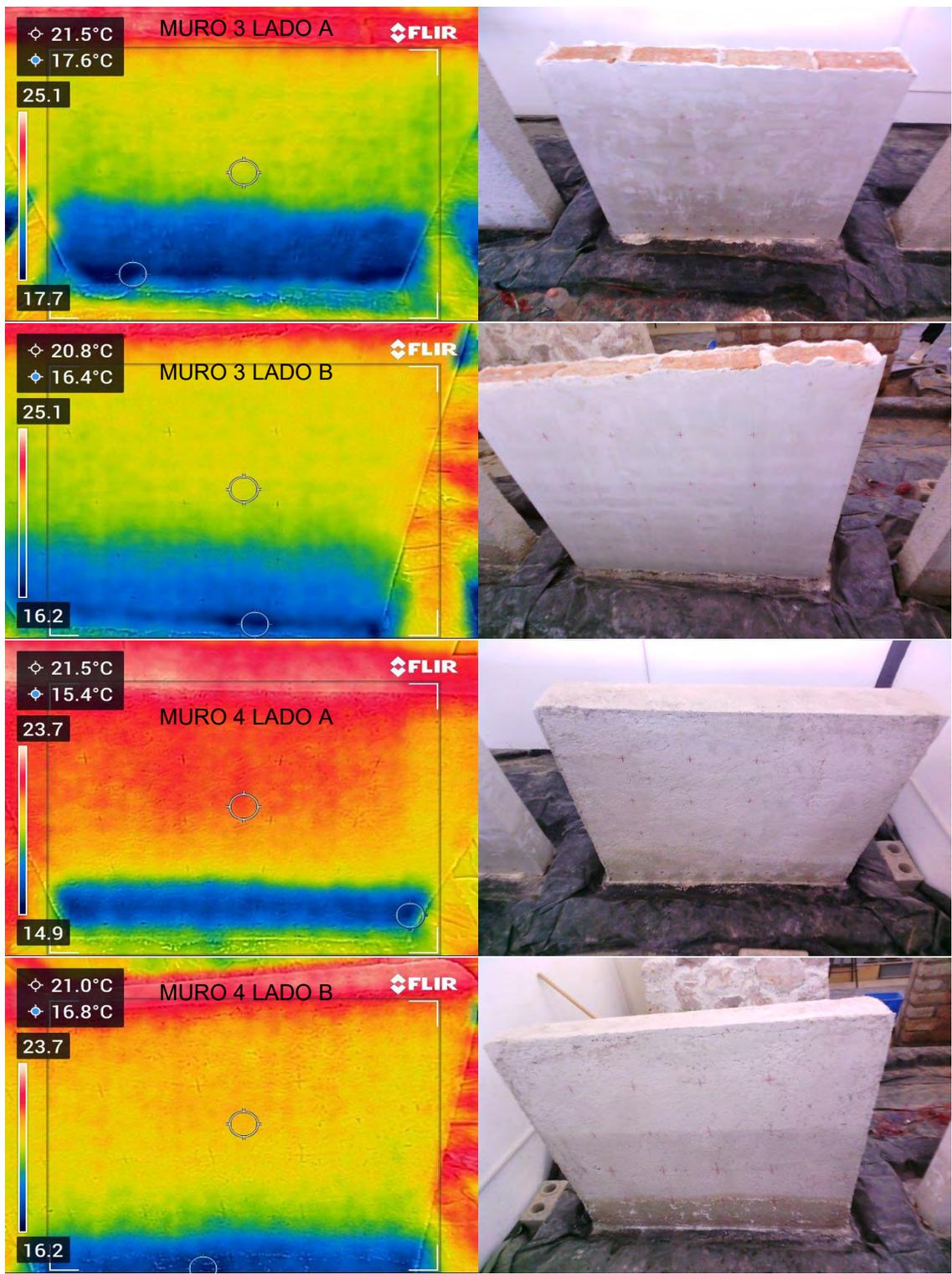




8 de marzo de 2023

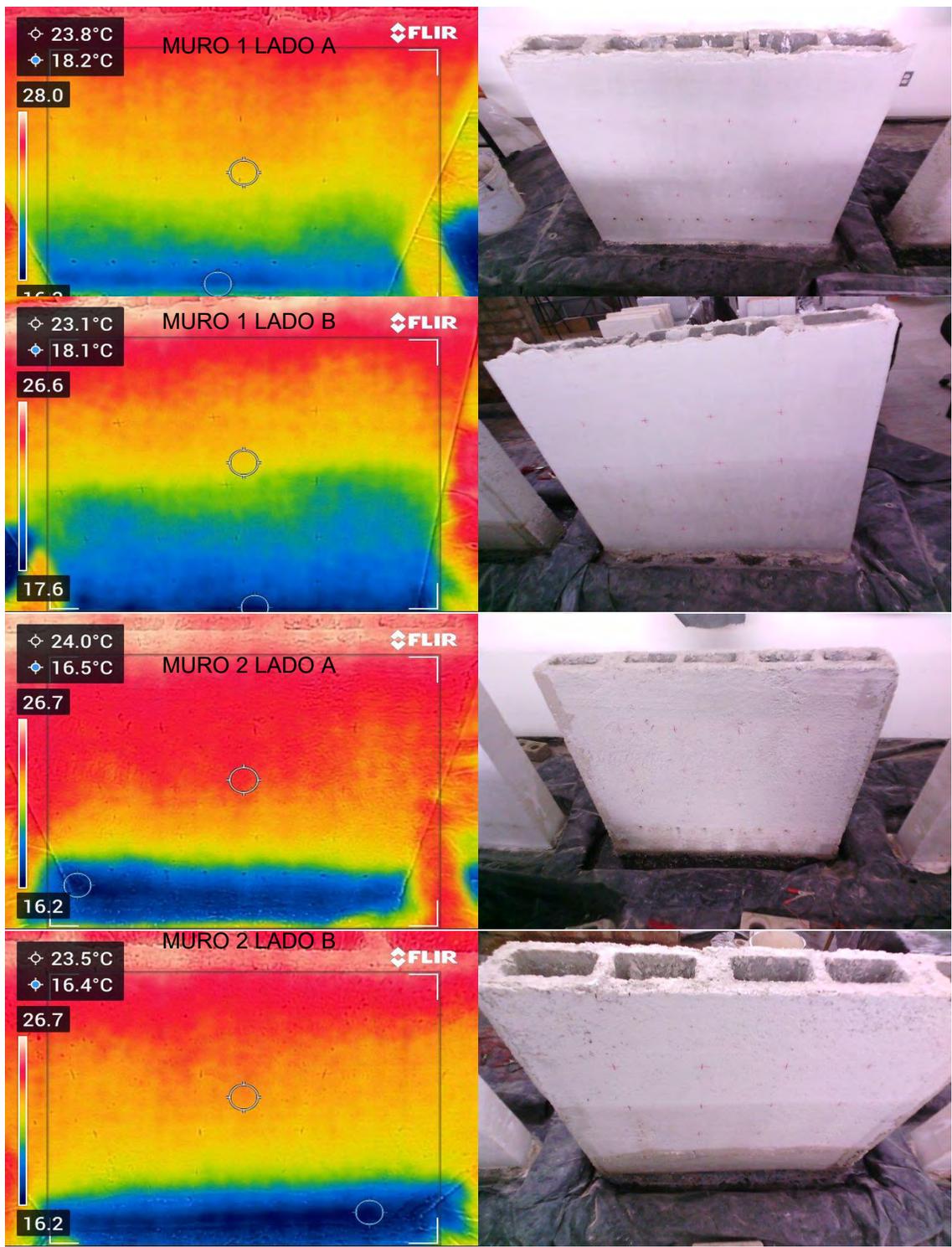


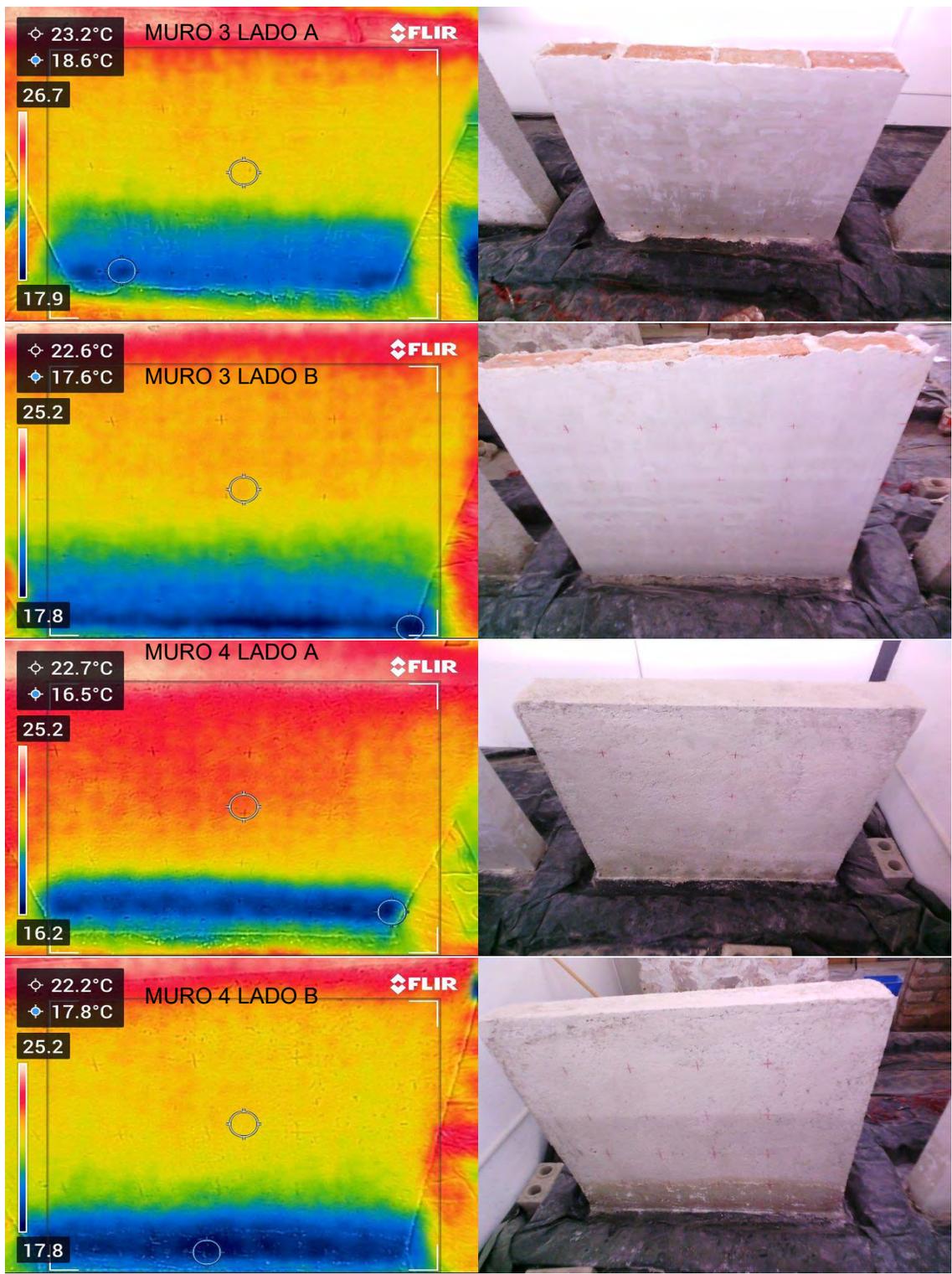




9 de marzo de 2023

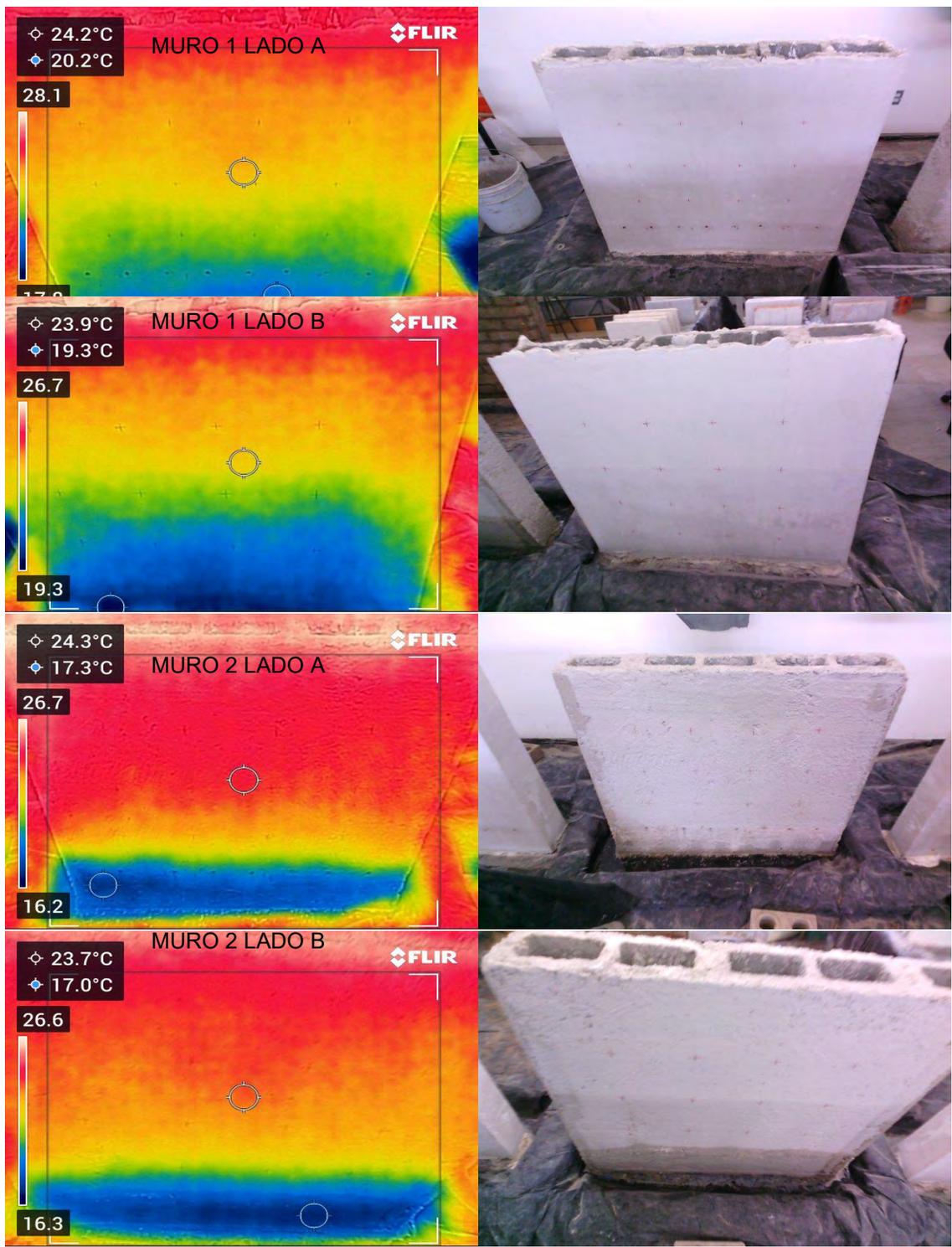


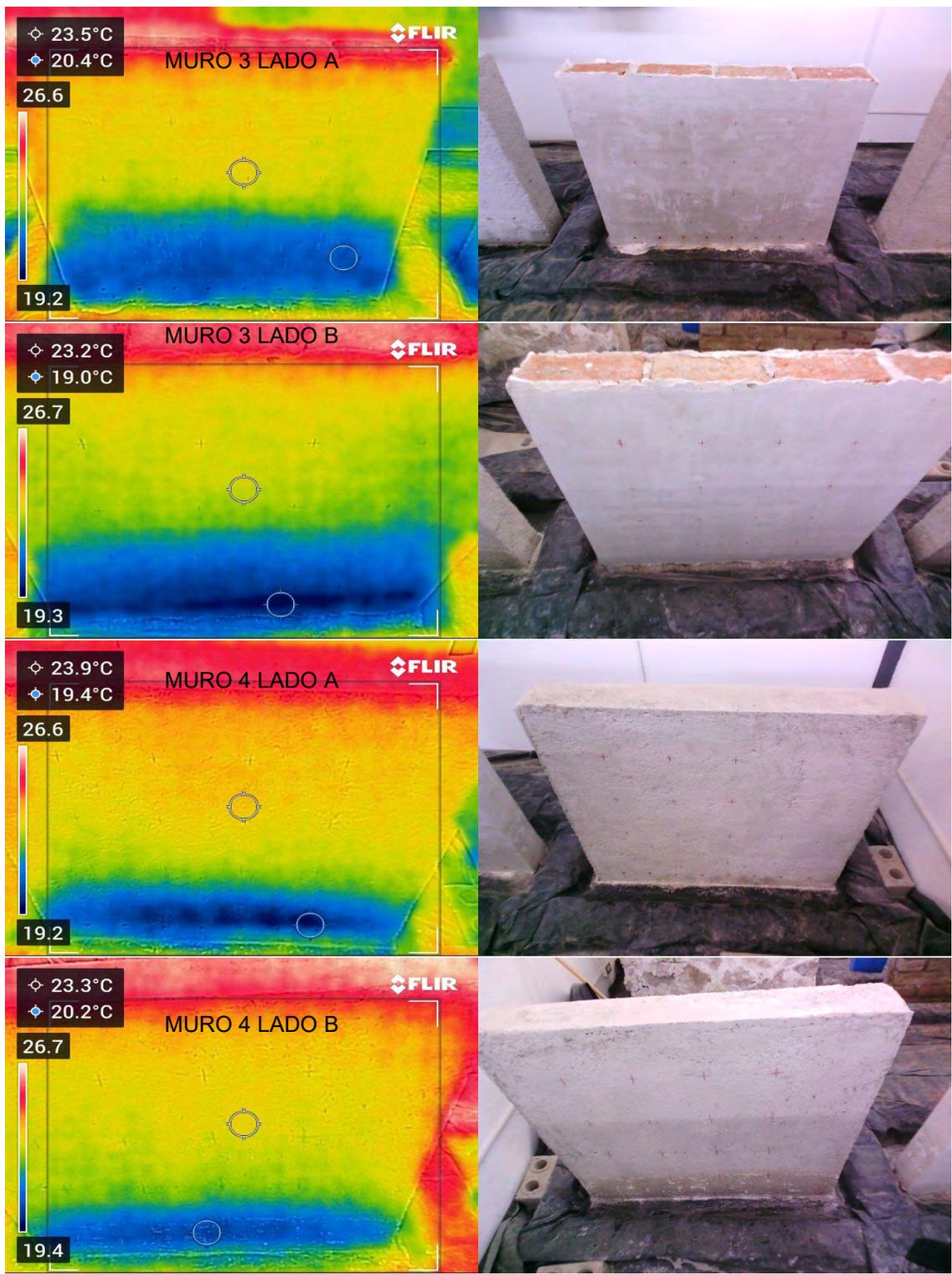




13 de marzo de 2023

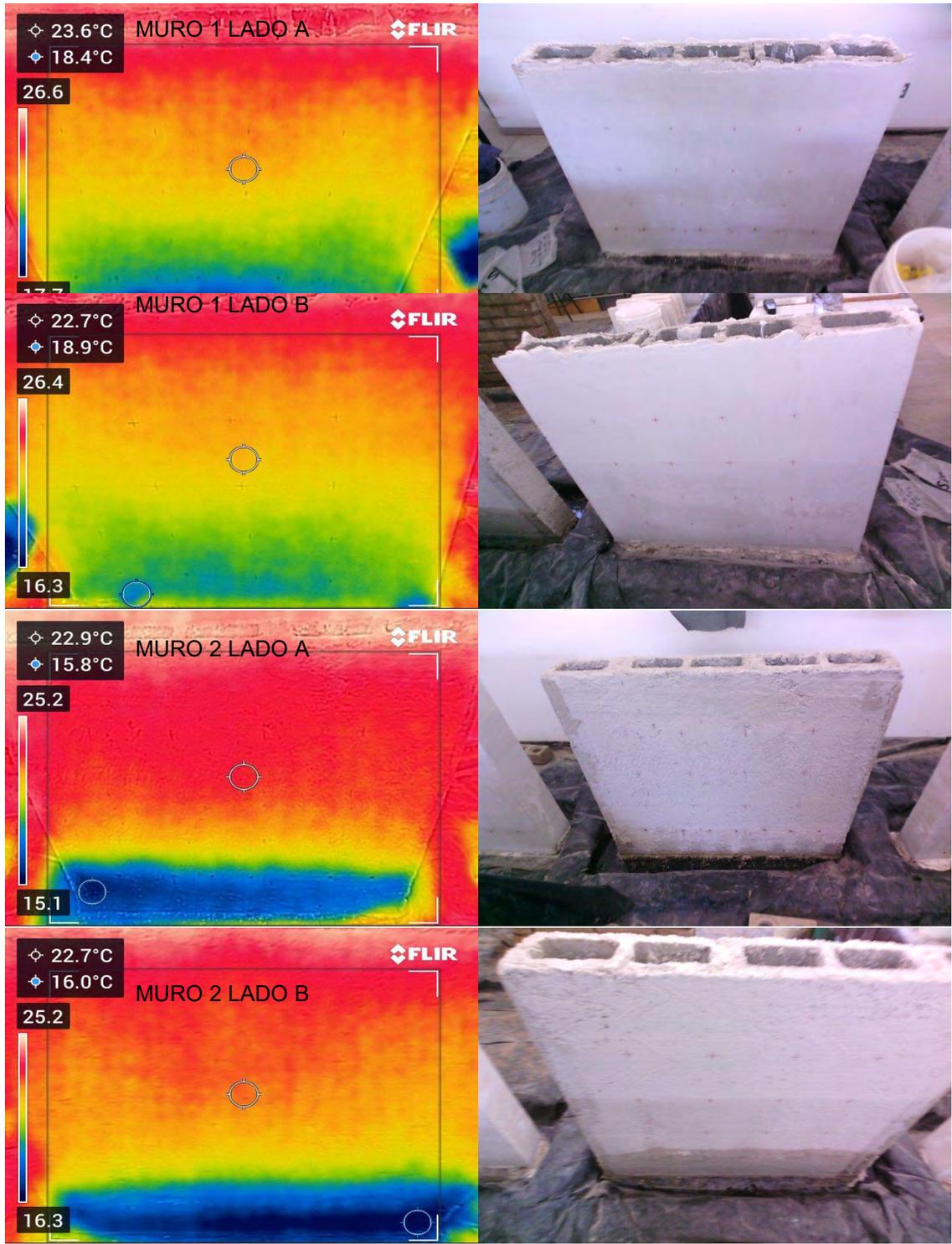


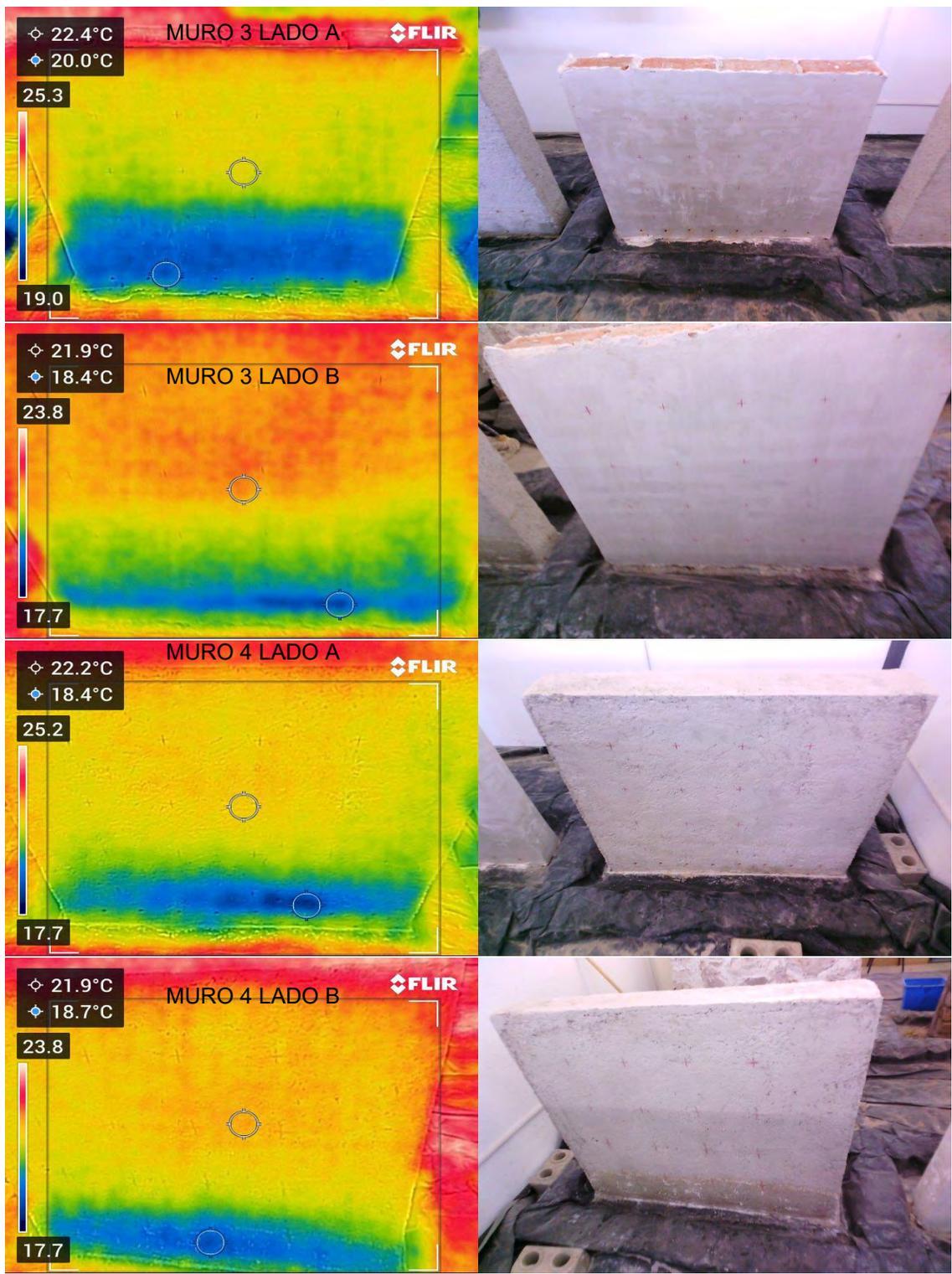




14 de marzo de 2023

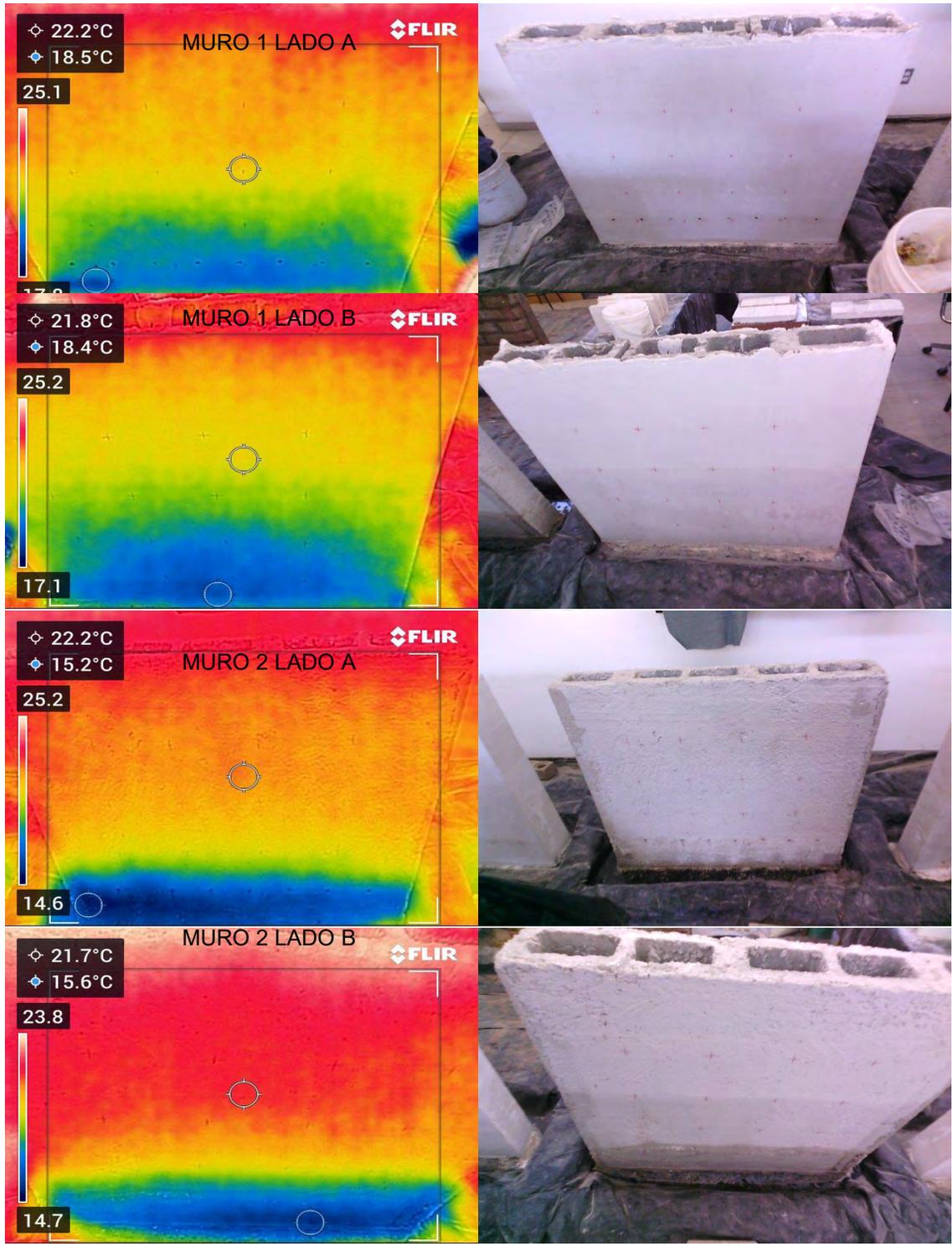


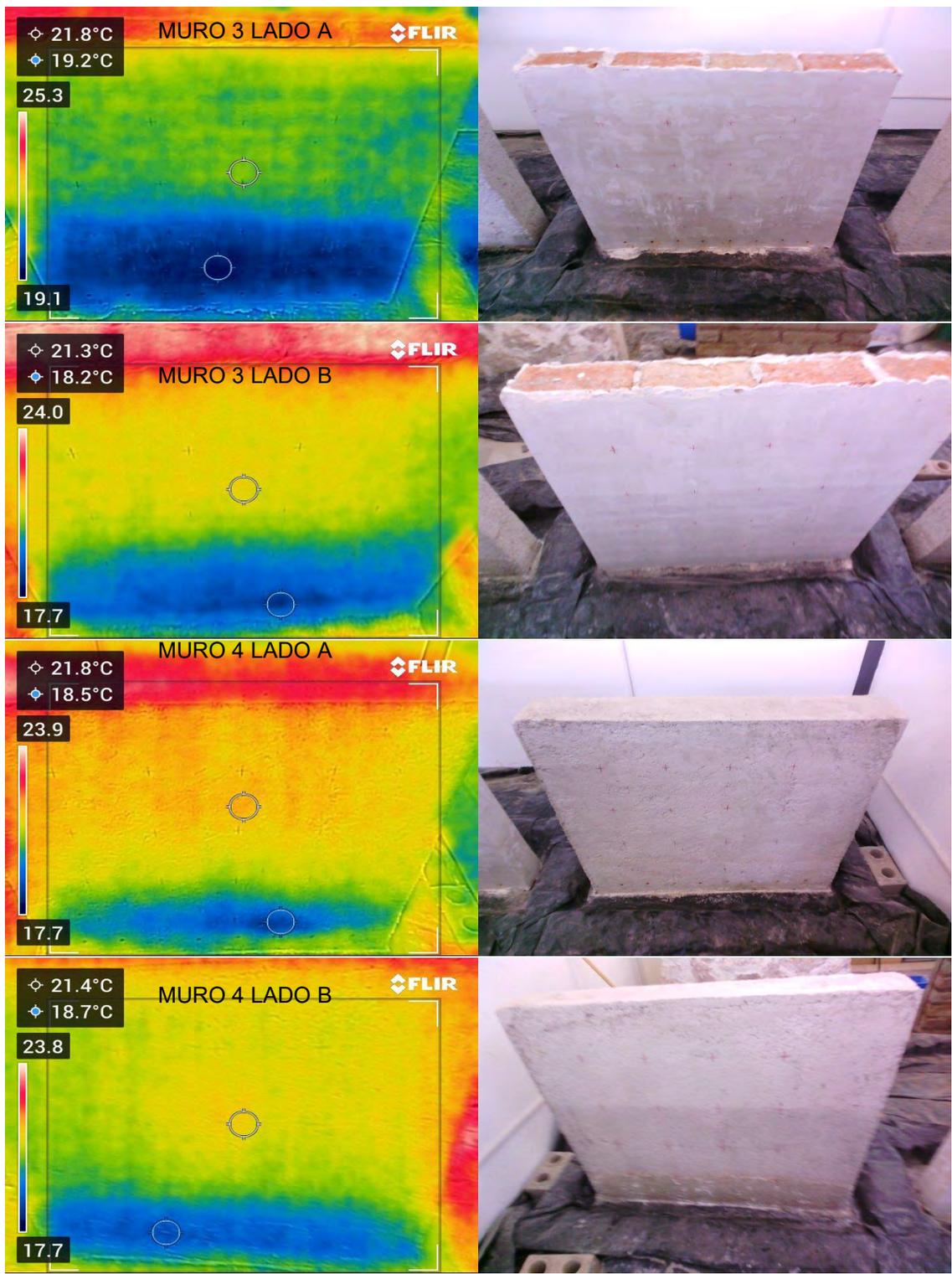




15 de marzo de 2023

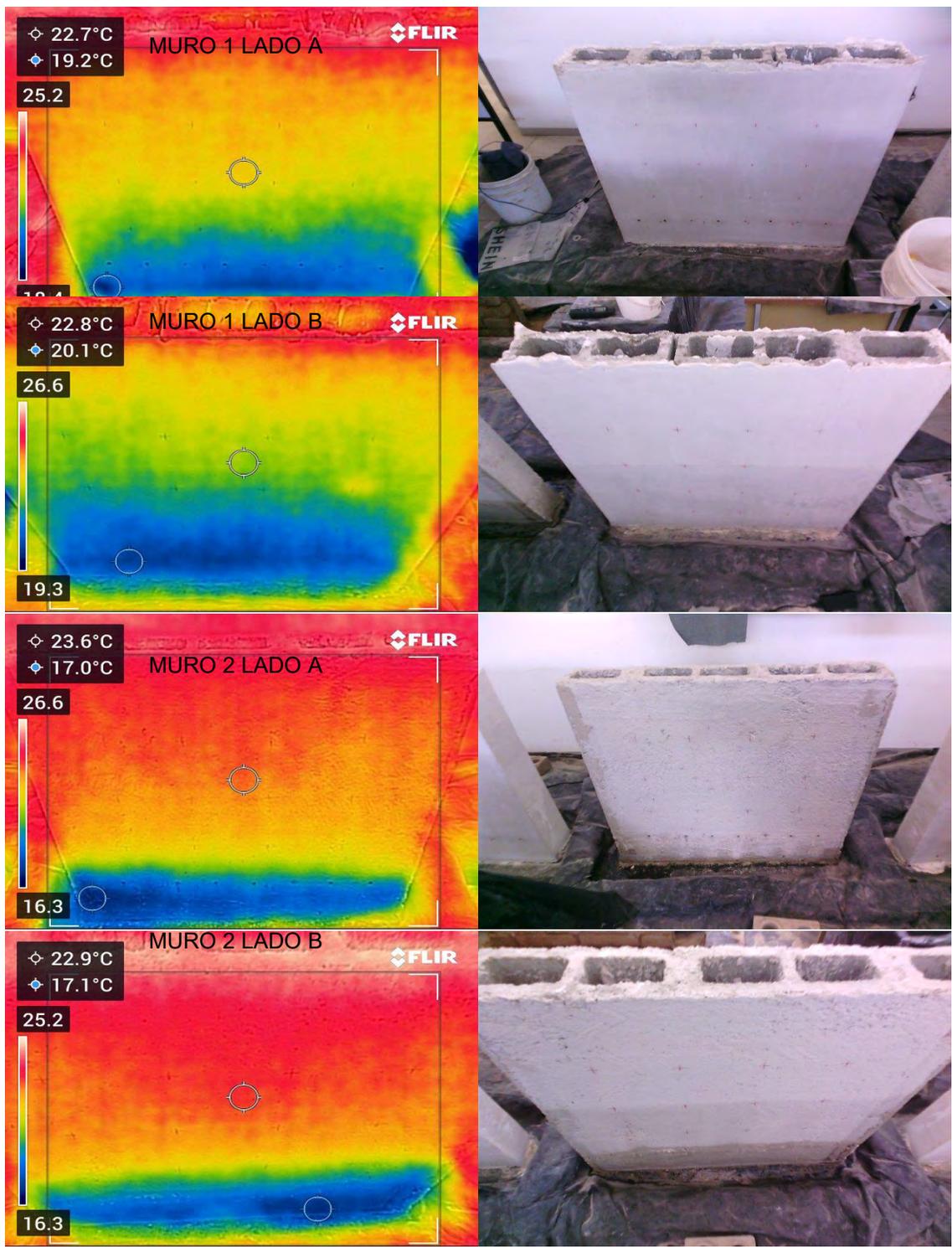


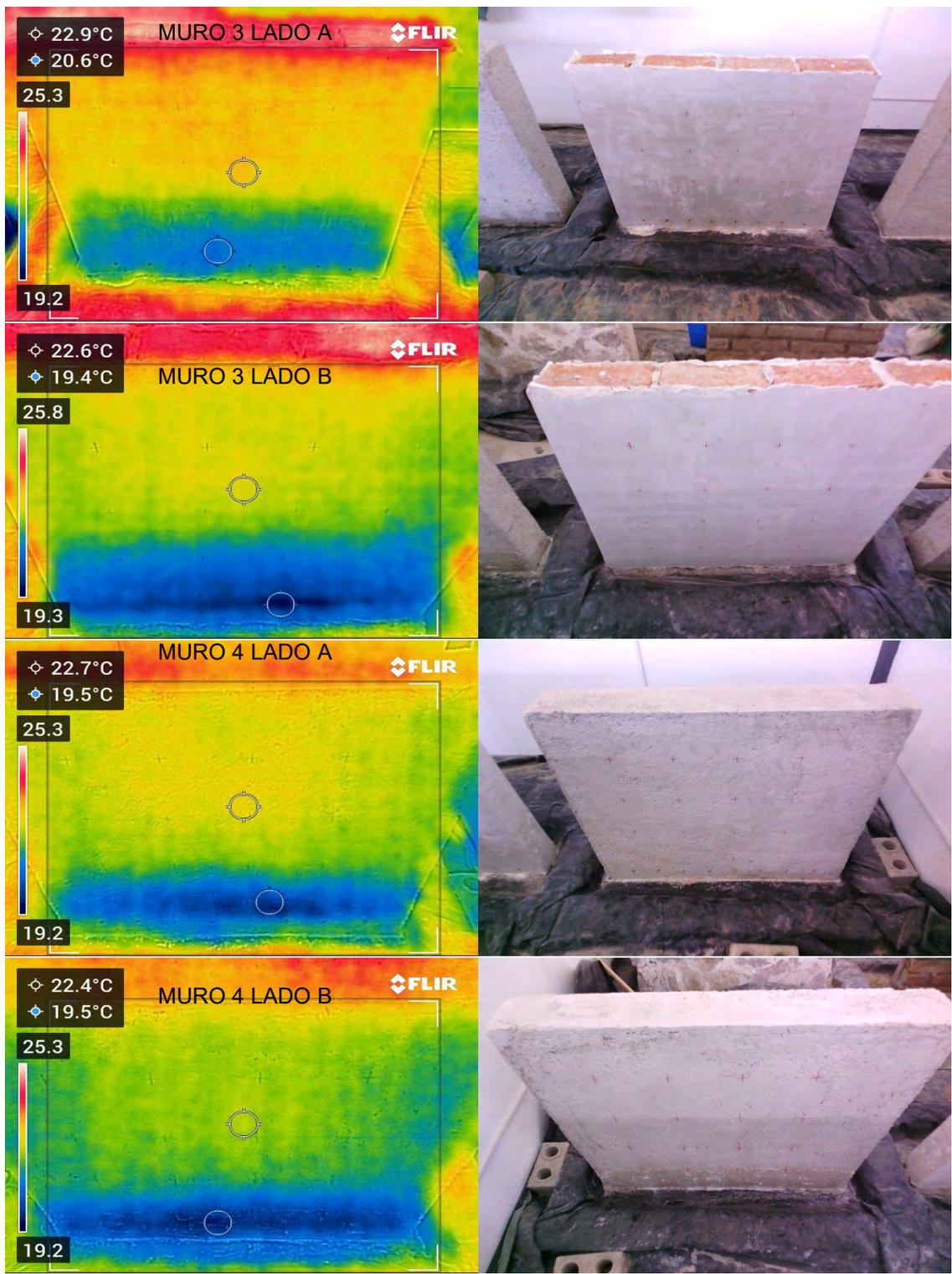




16 de marzo de 2023

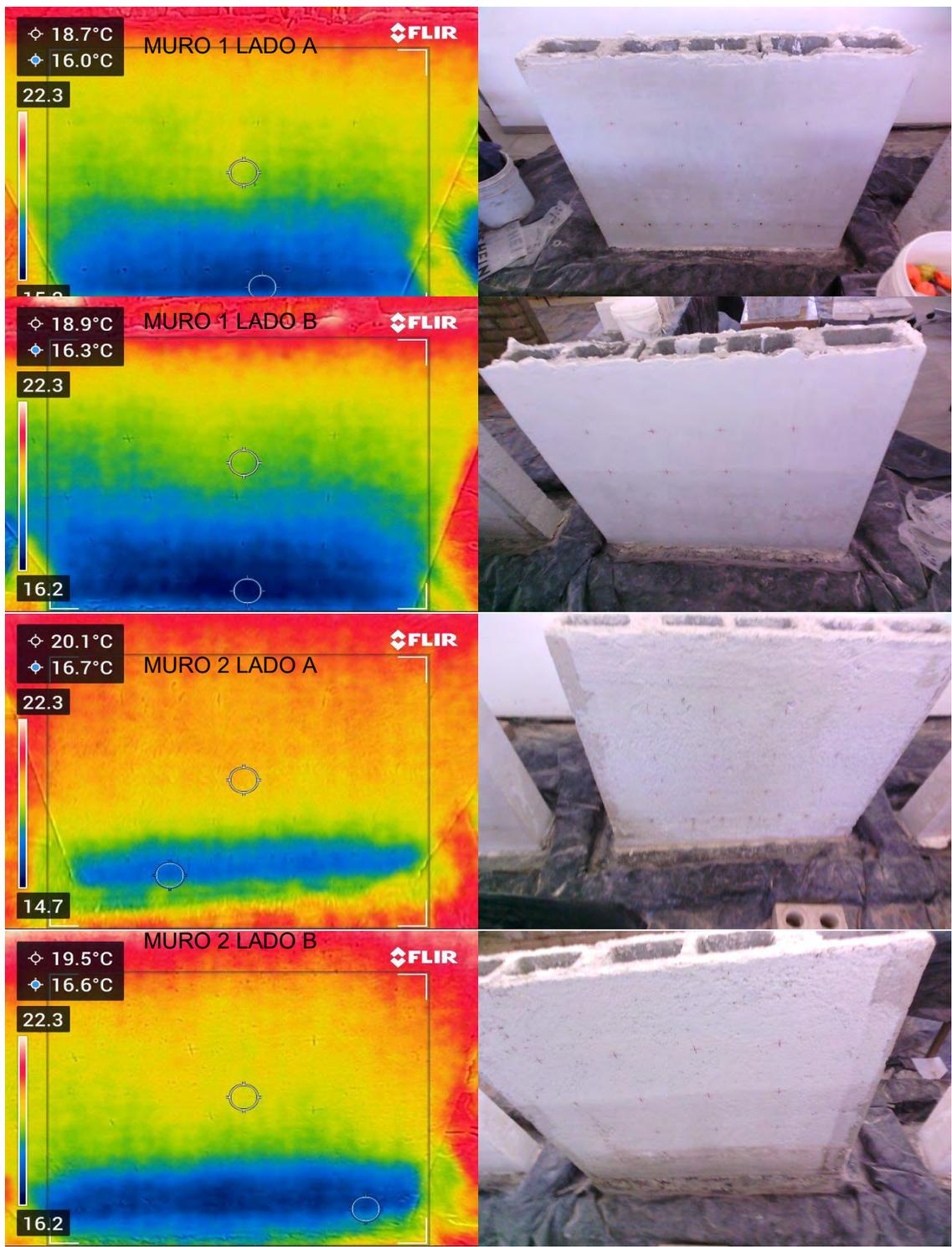


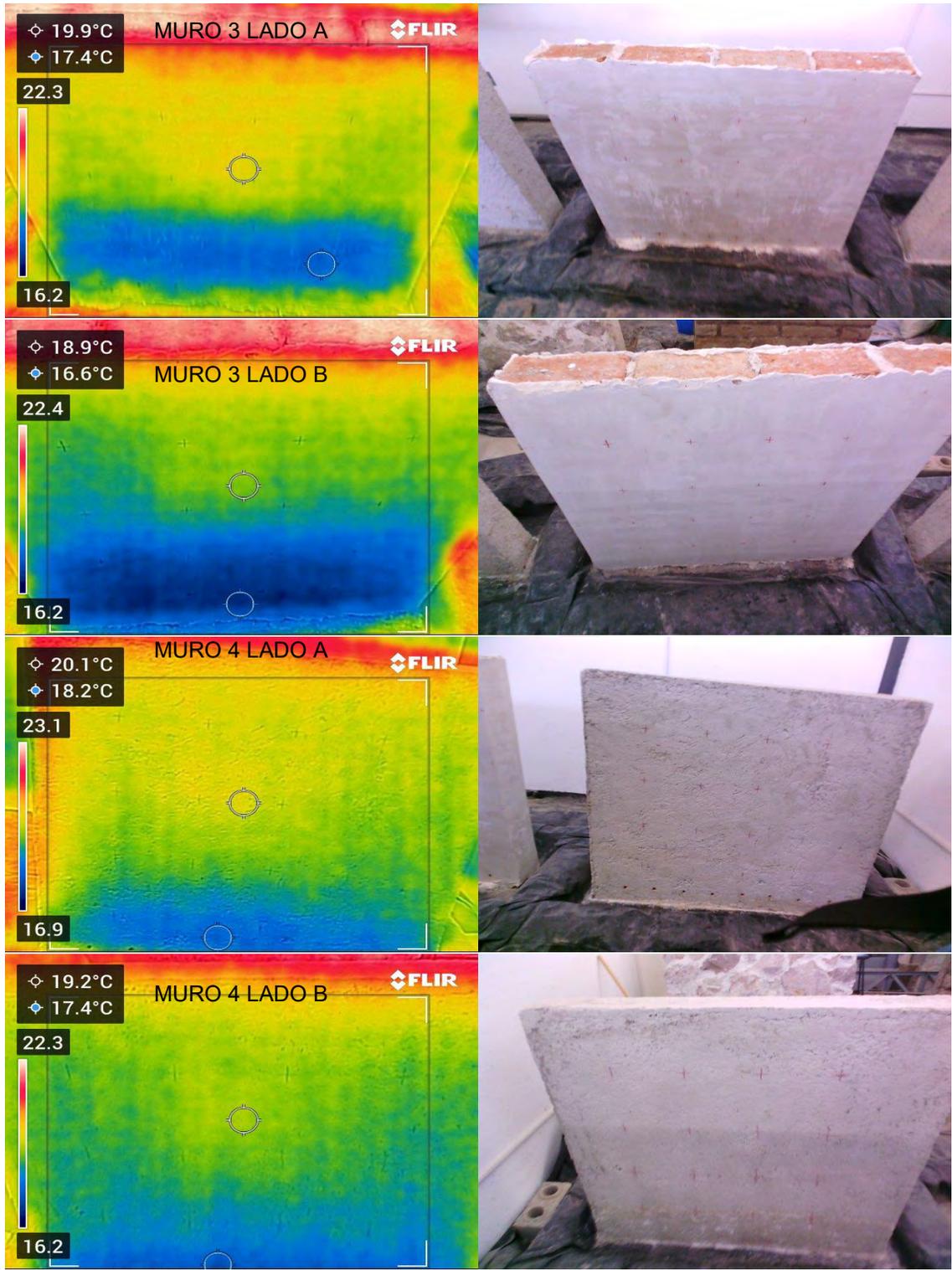




21 de marzo de 2023

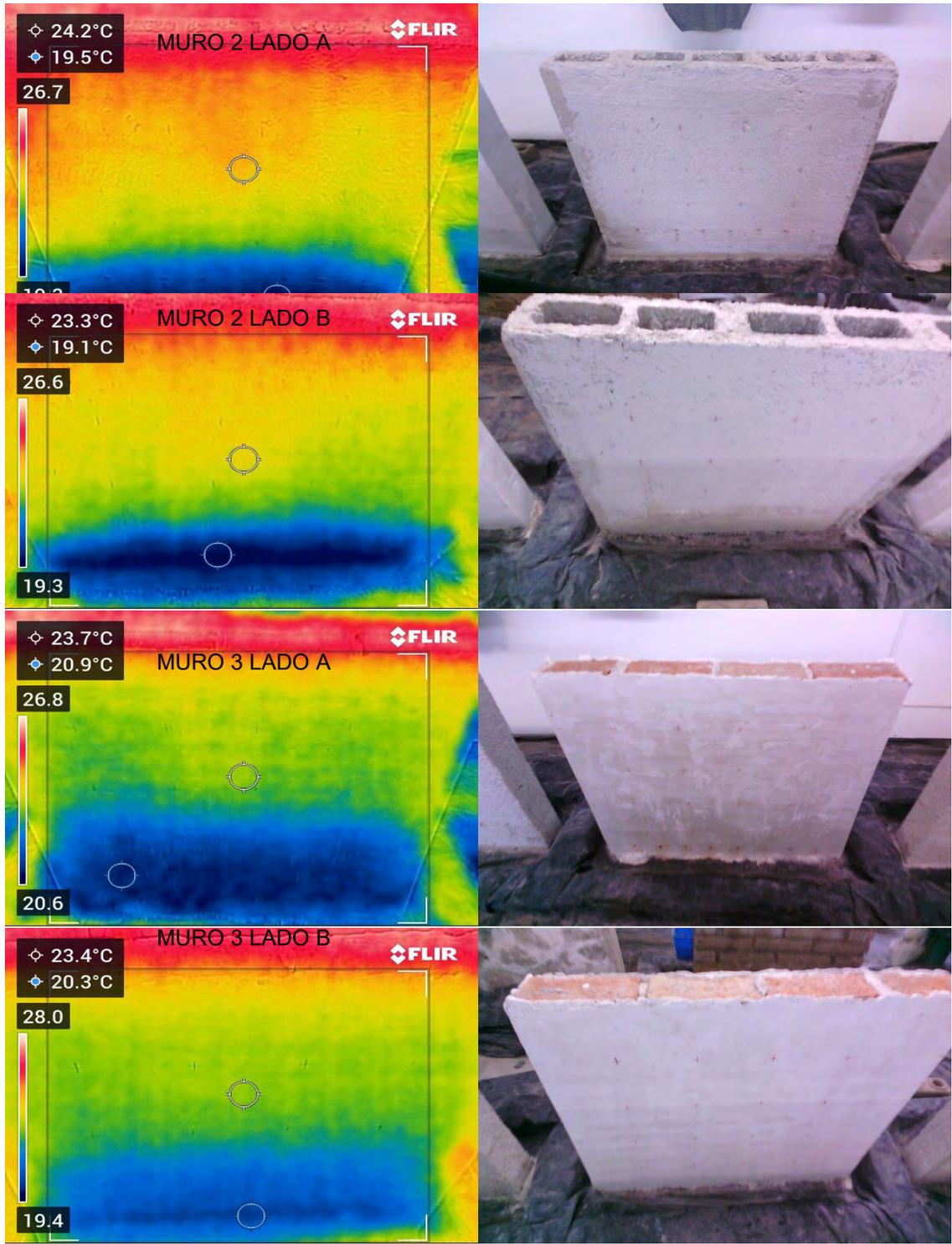






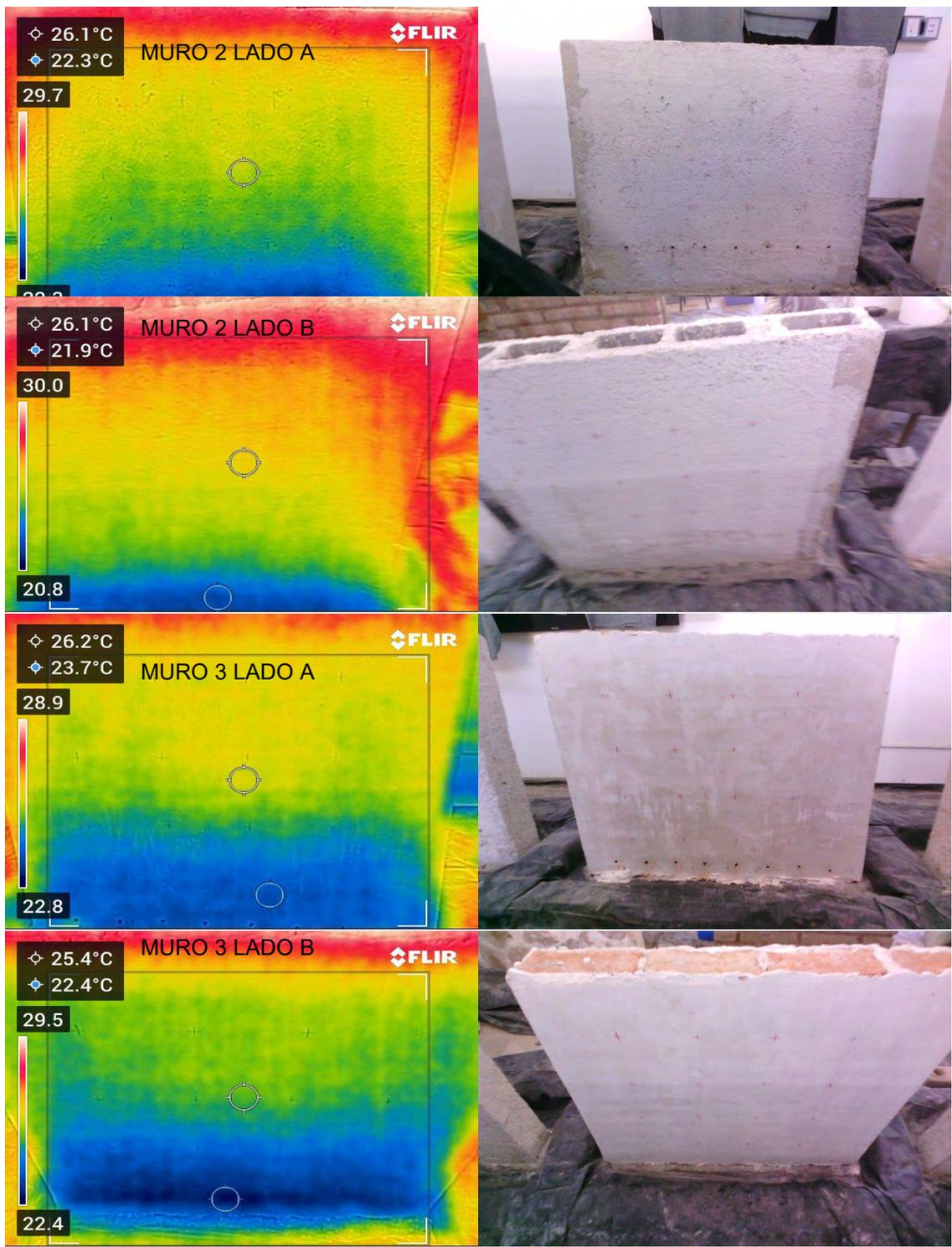
23 de marzo de 2023





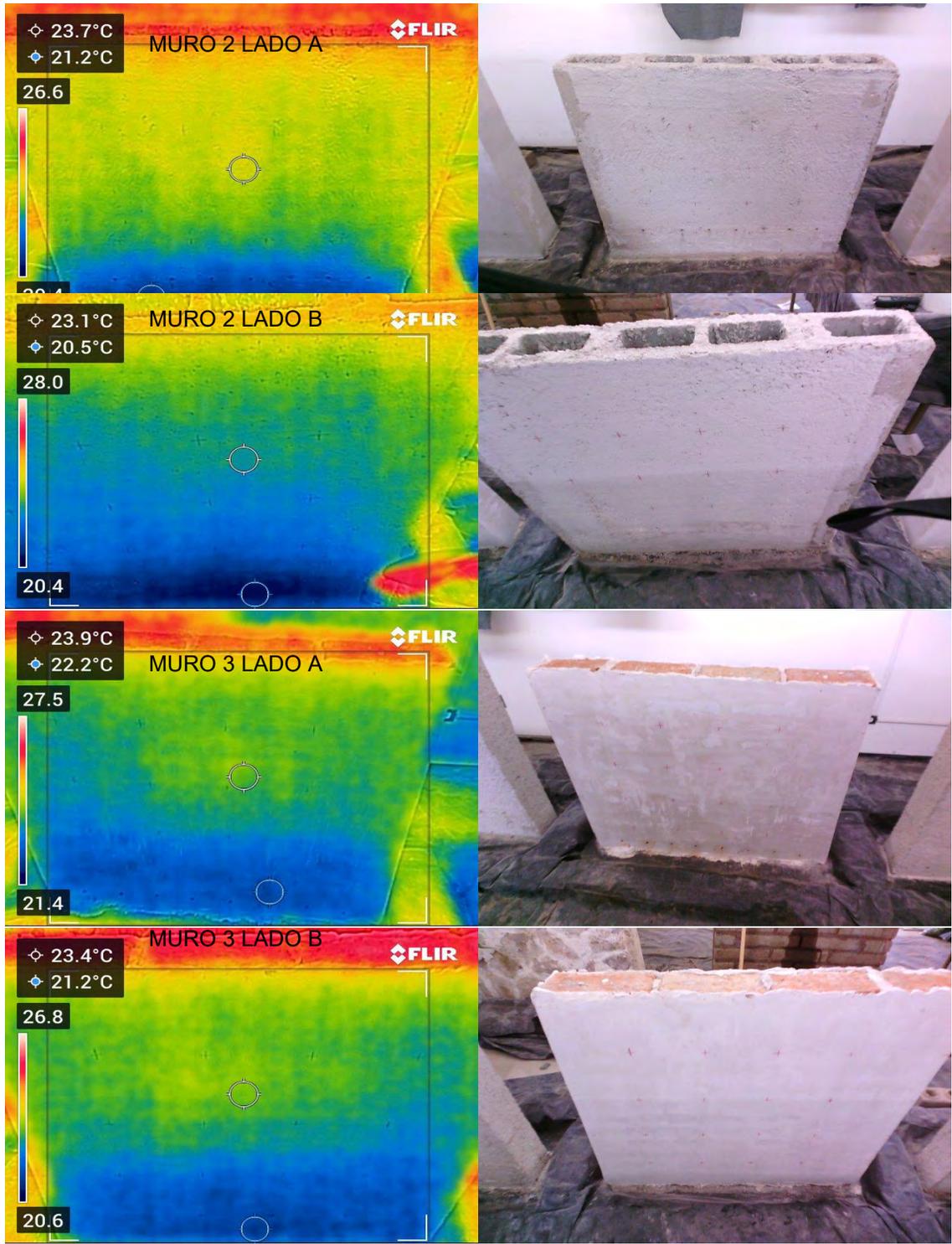
28 de marzo de 2023





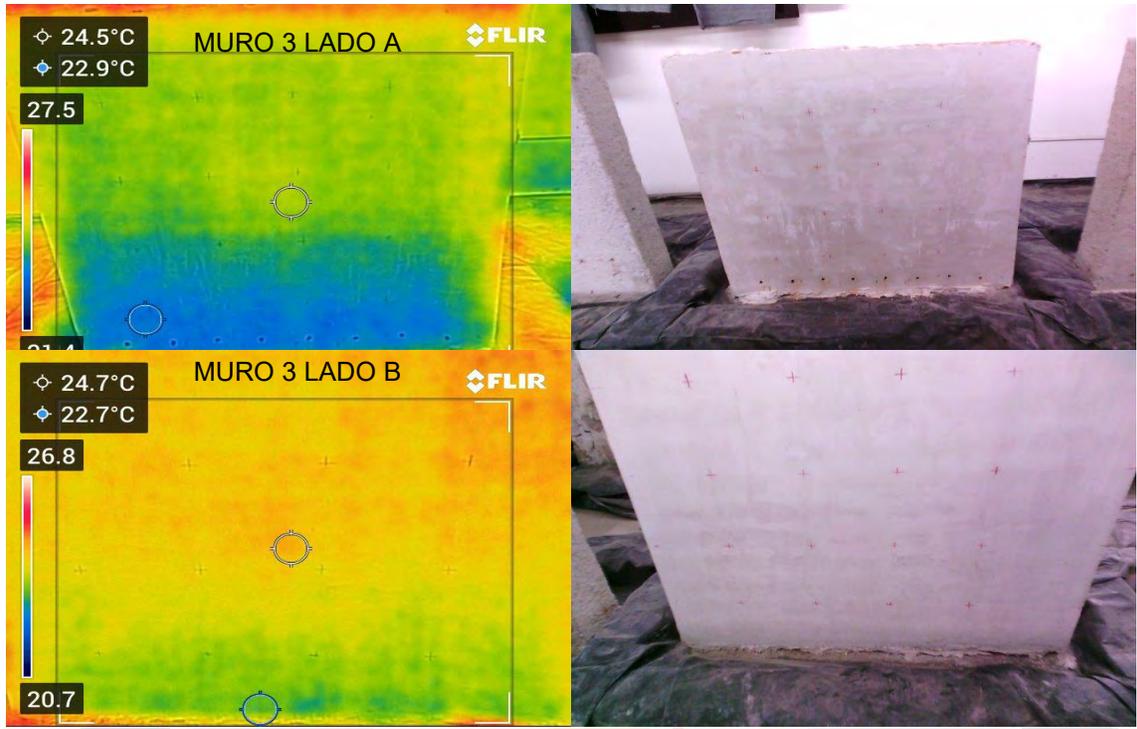
30 de marzo de 2023





4 de abril de 2023

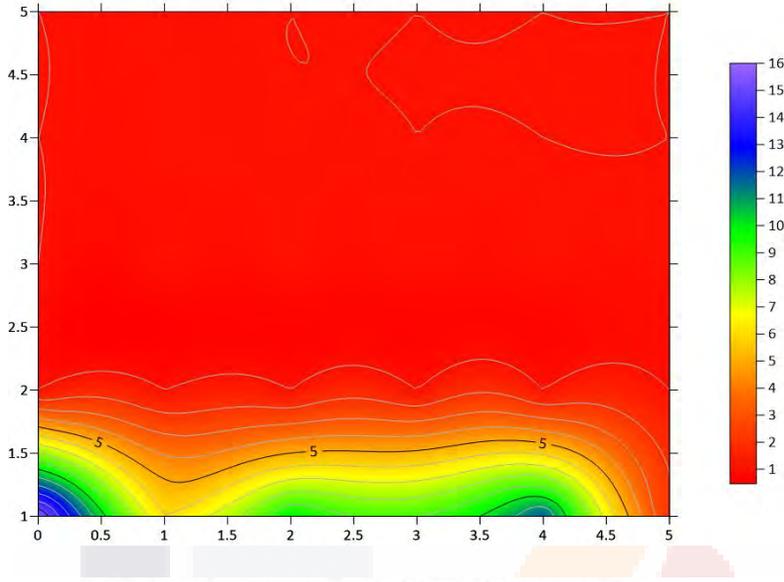




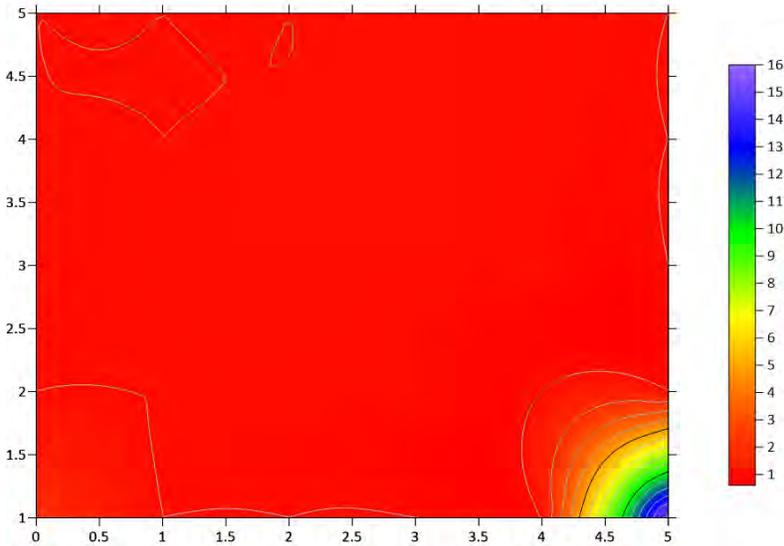
Primera parte de la campaña



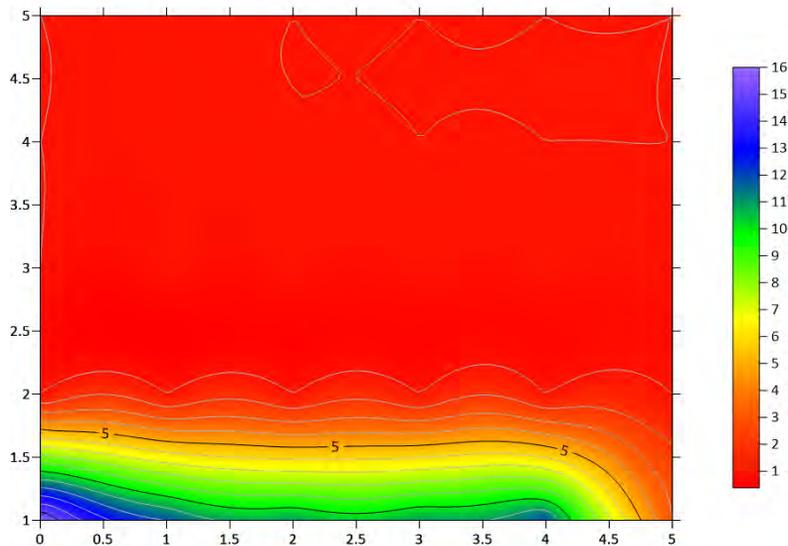
13:30 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO A



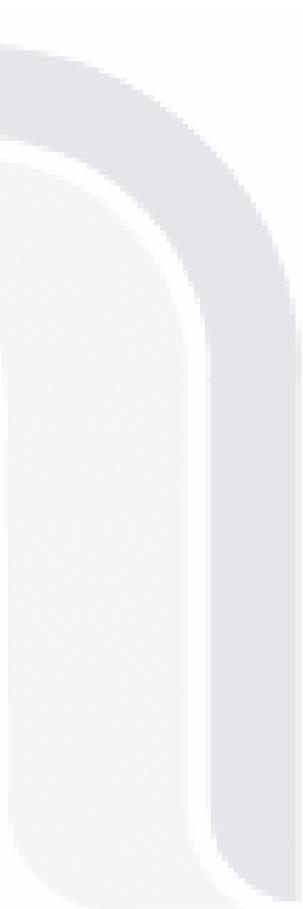
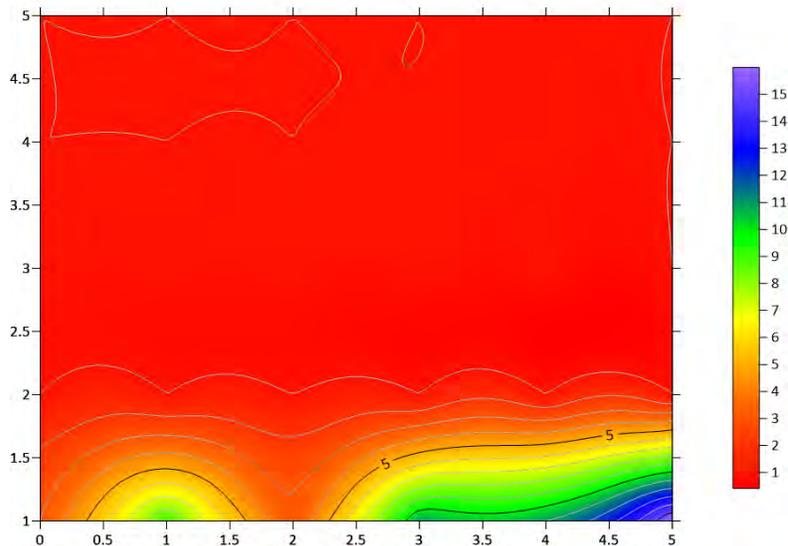
13:30 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO B



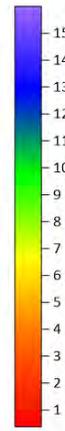
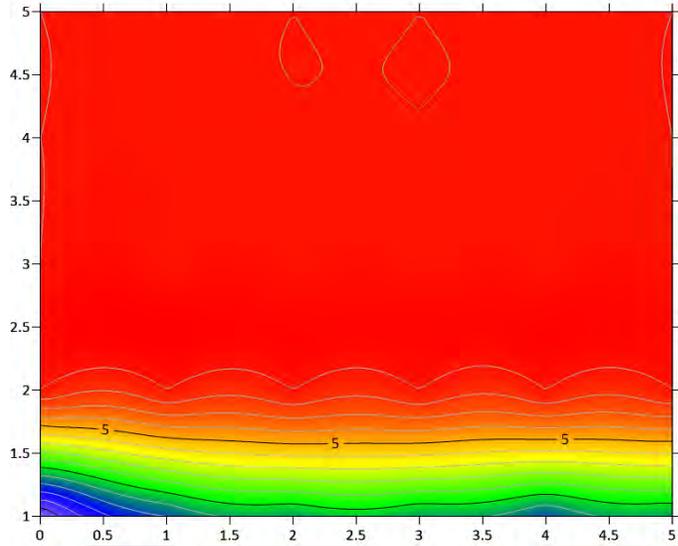
14:30 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO A



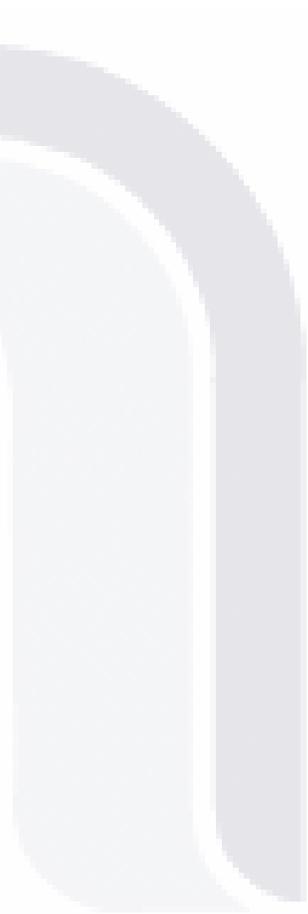
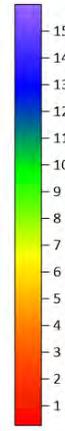
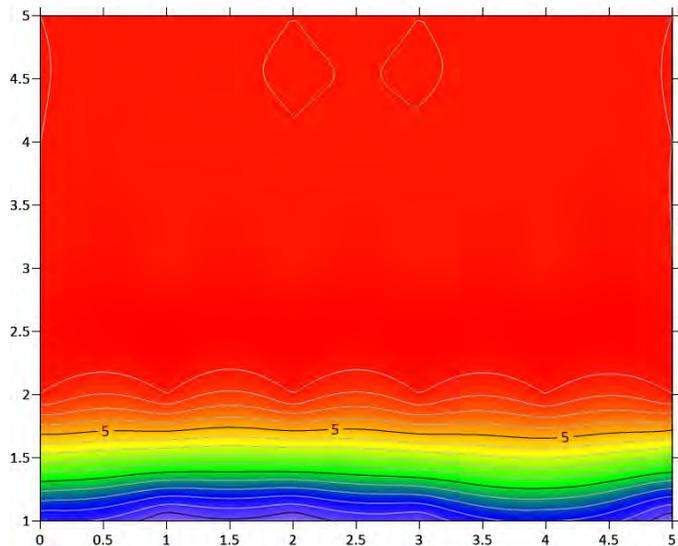
14:30 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO B



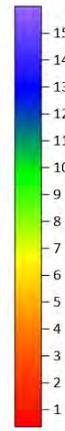
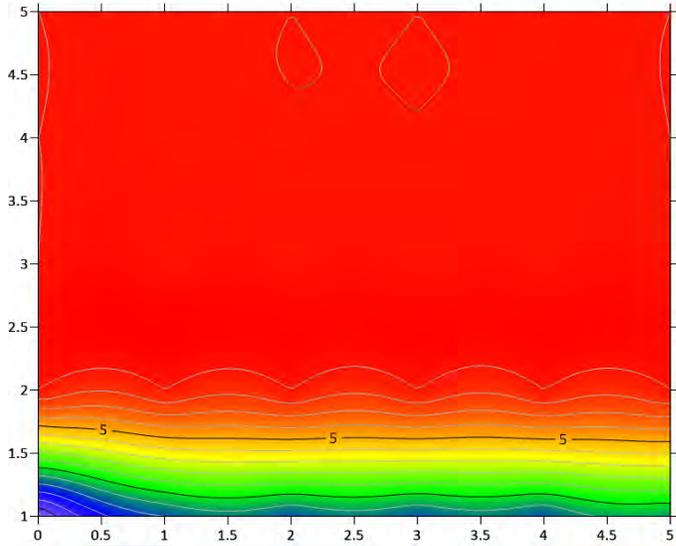
16:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO A



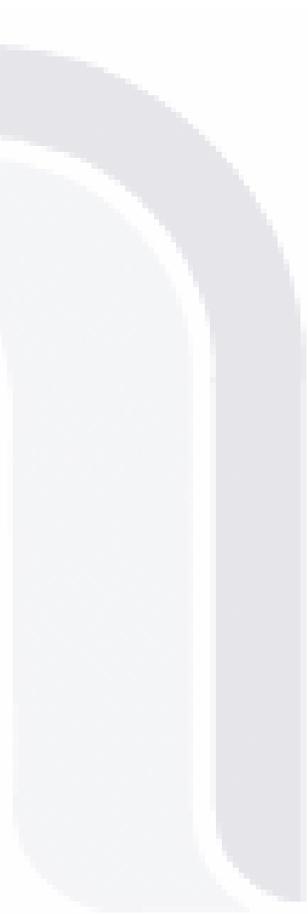
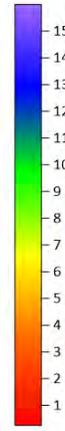
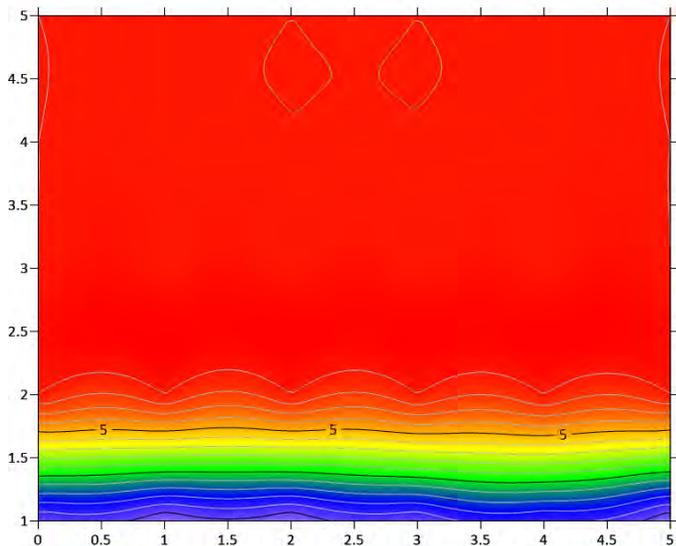
16:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO B



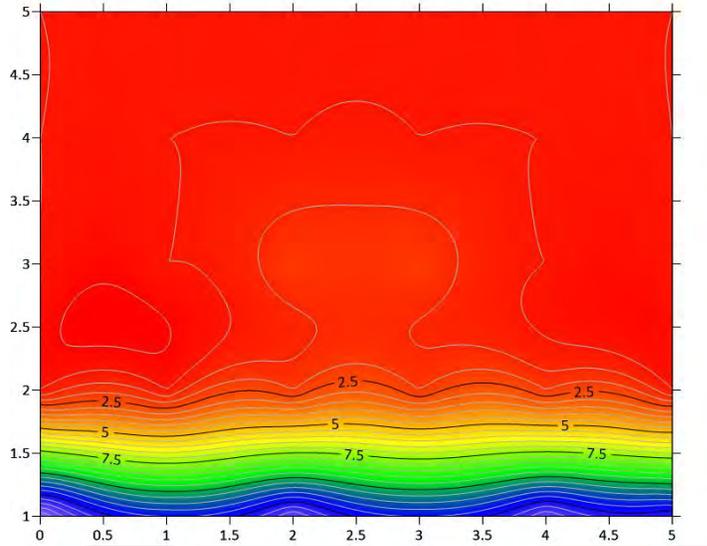
18:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO A



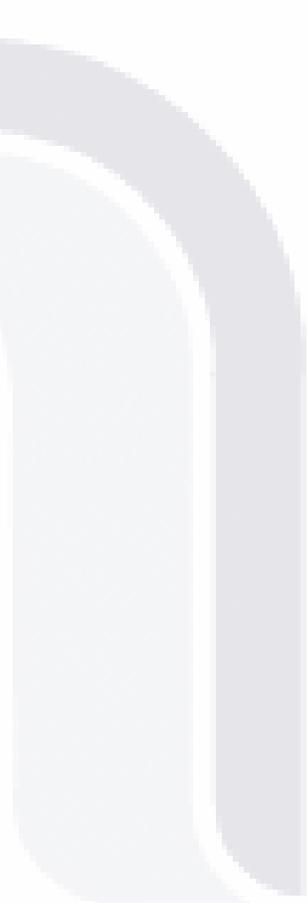
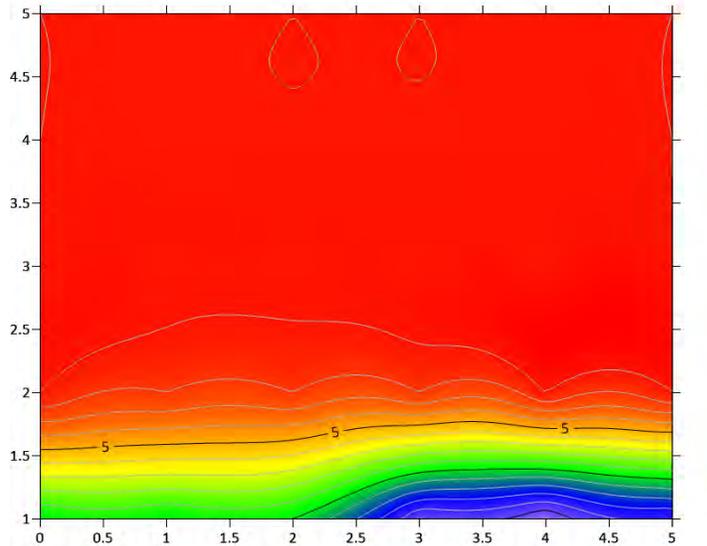
18:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO B



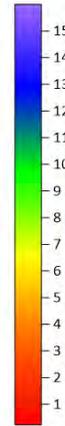
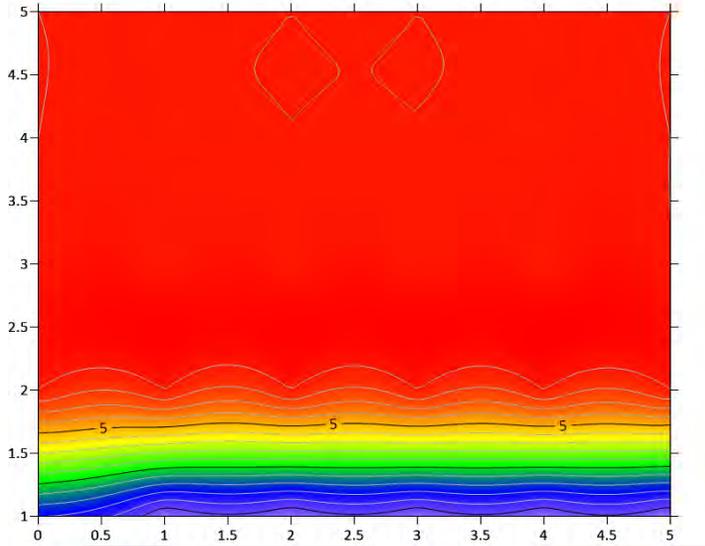
18:00 HRS 09/01/2023
MURO 3 LADO A



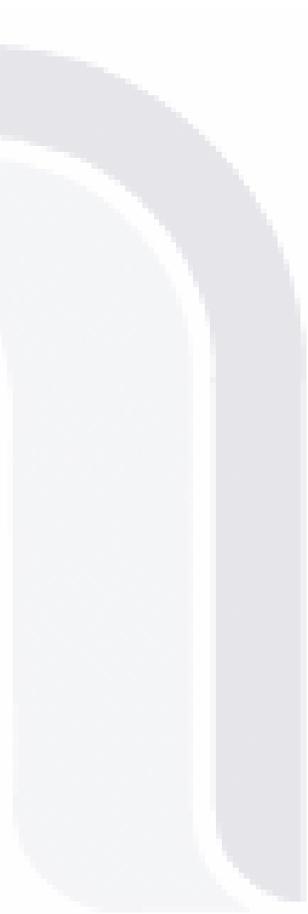
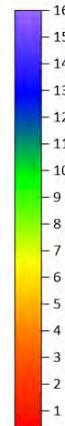
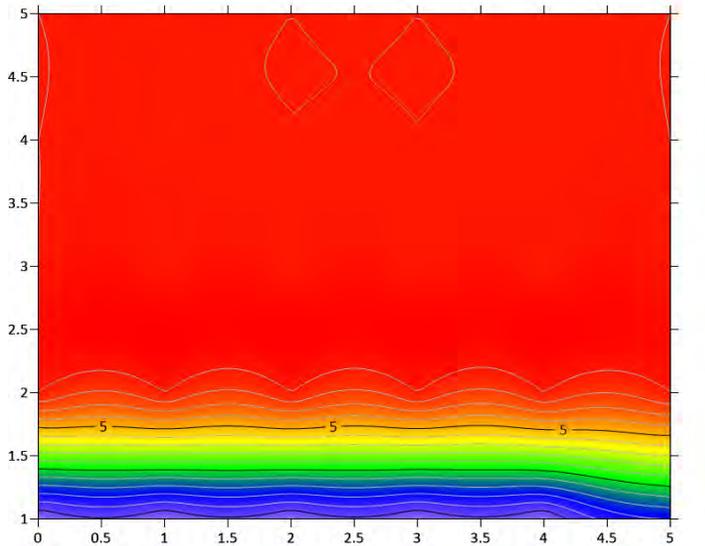
18:00 HRS 09/01/2023
MURO 3 LADO B



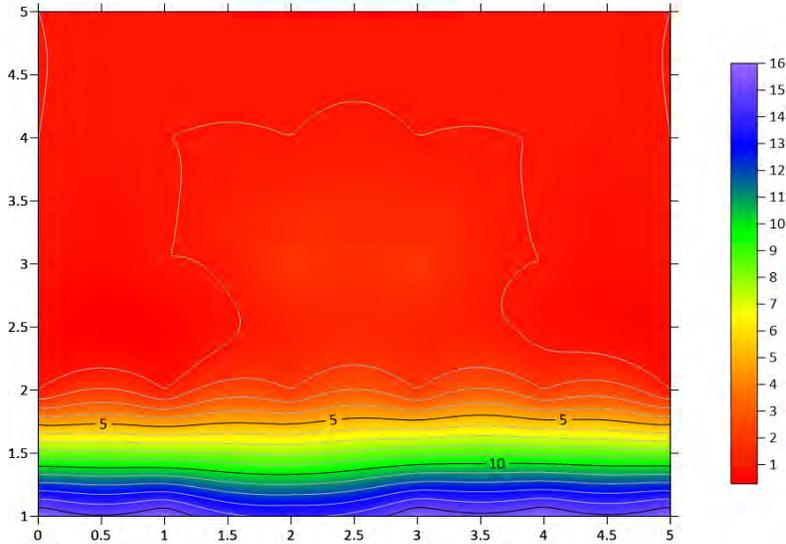
21:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO A



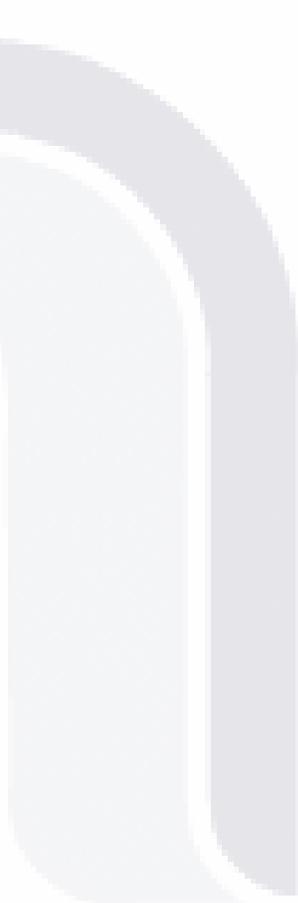
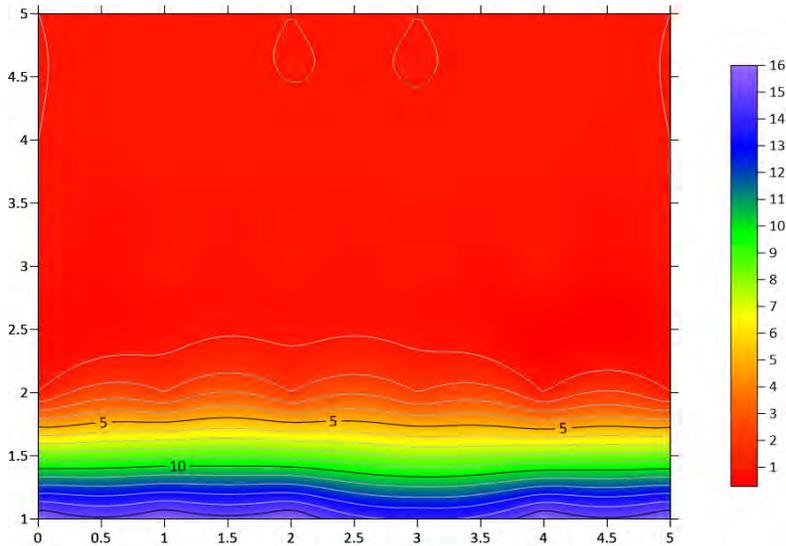
21:00 HRS 09/01/2023
MURO 1 LADO B



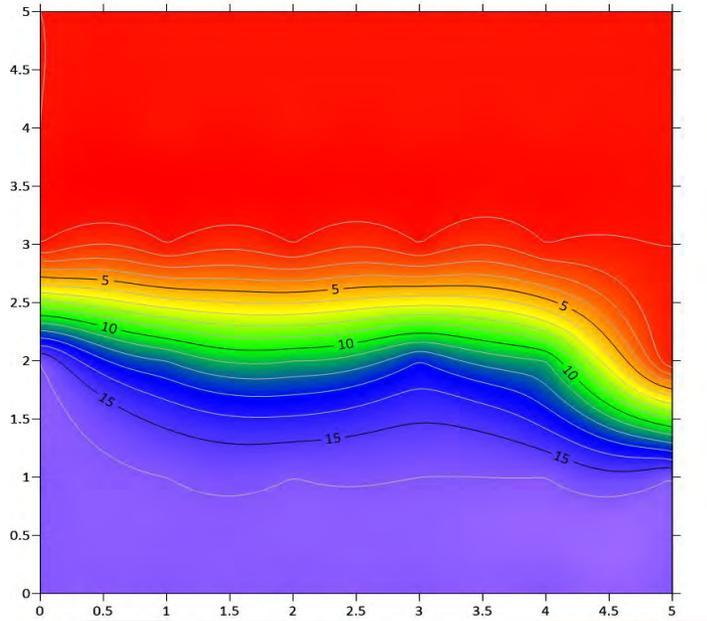
21:00 HRS 09/01/2023
MURO 3 LADO A



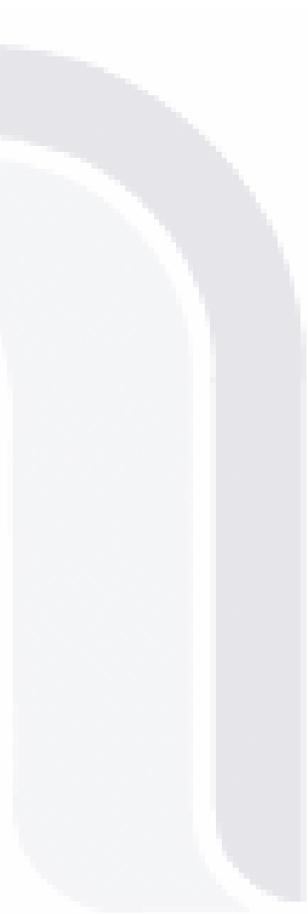
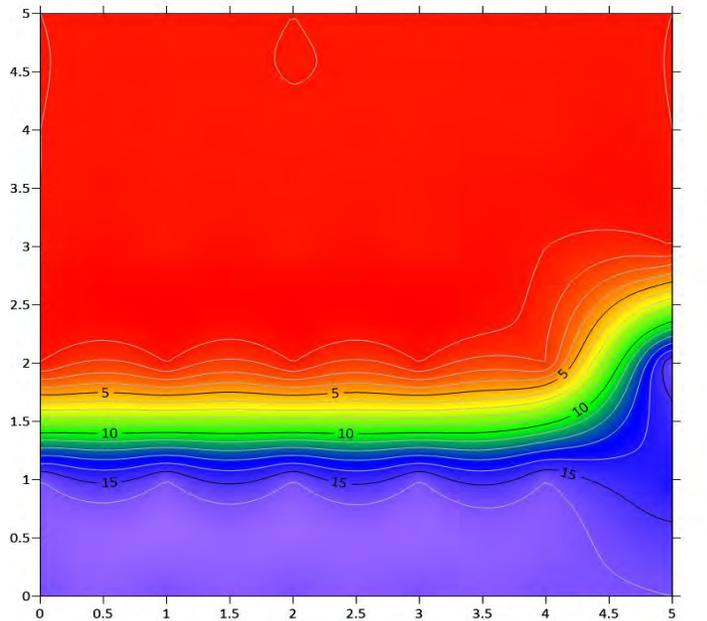
21:00 HRS 09/01/2023
MURO 3 LADO B



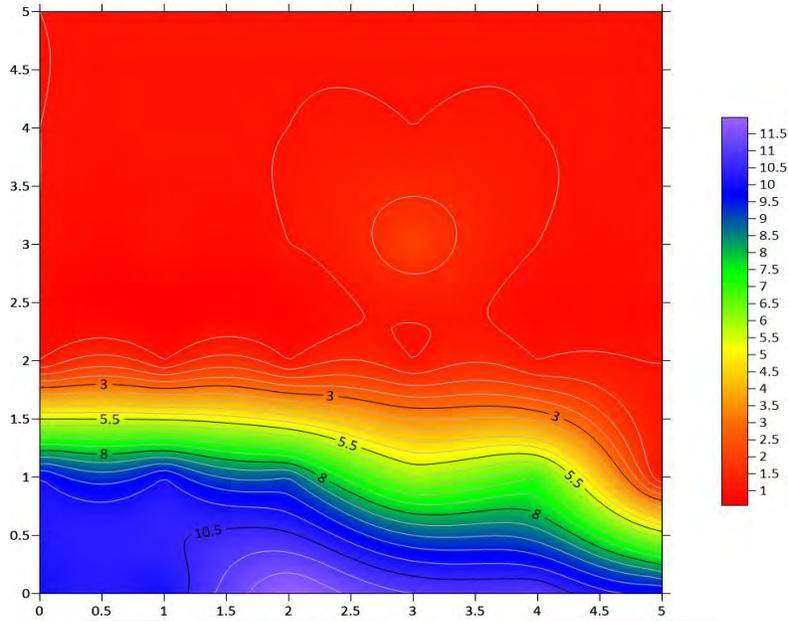
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 1 LADO A



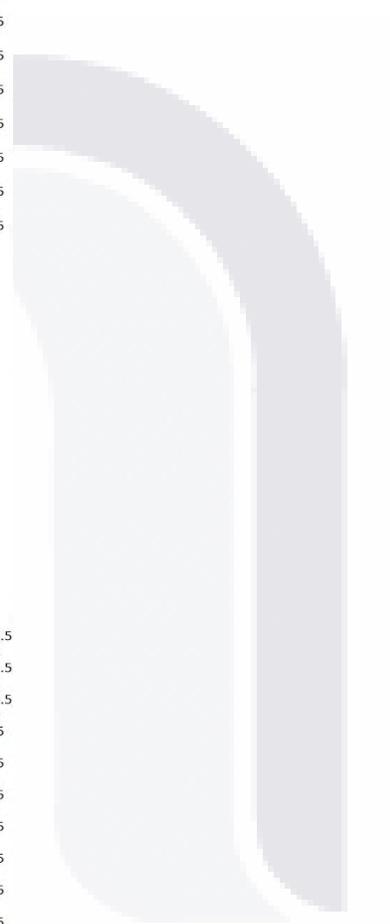
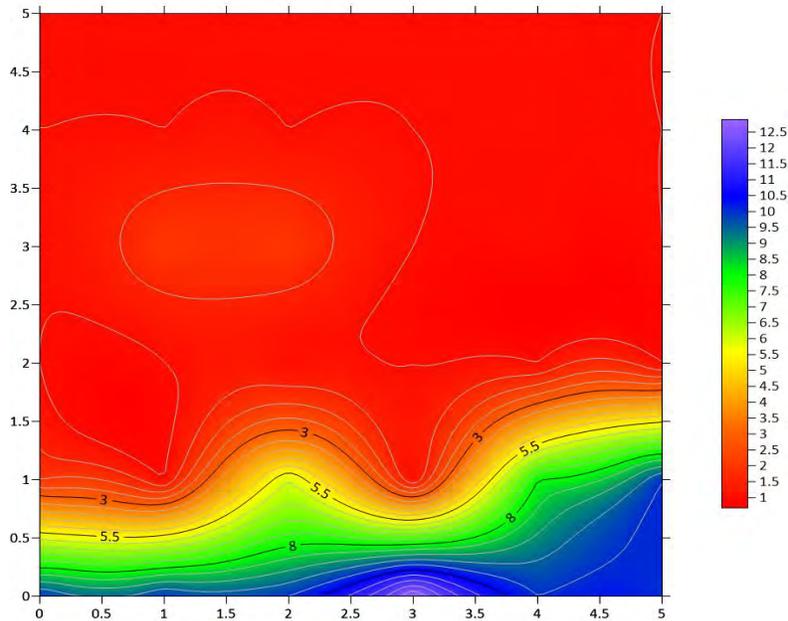
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 1 LADO B



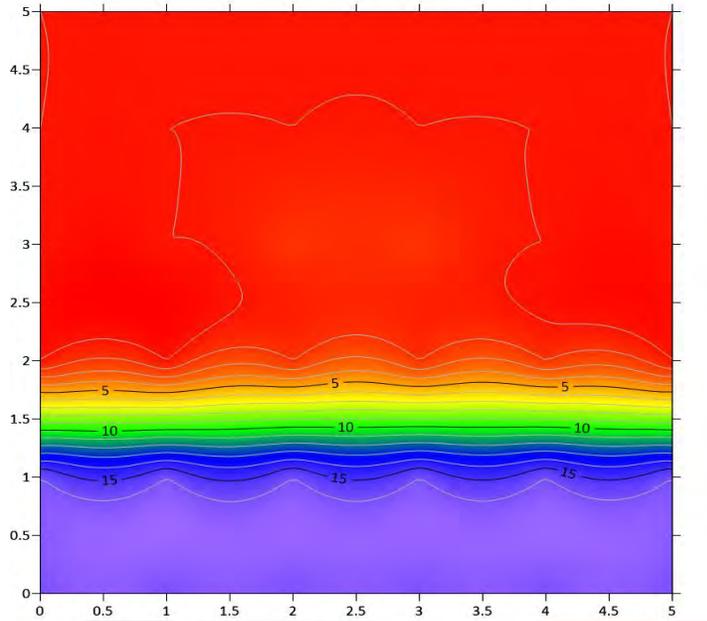
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 2 LADO A



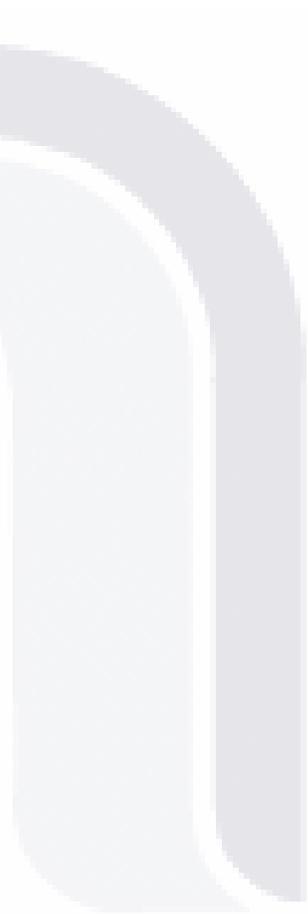
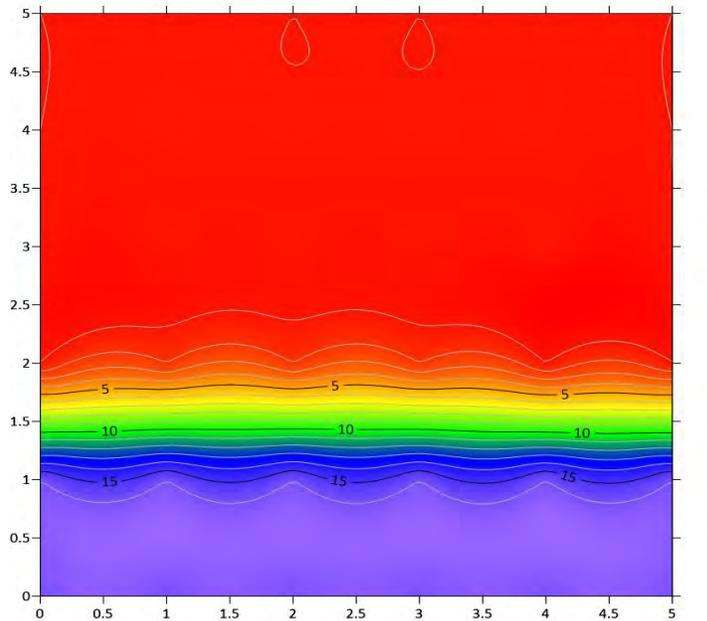
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 2 LADO B



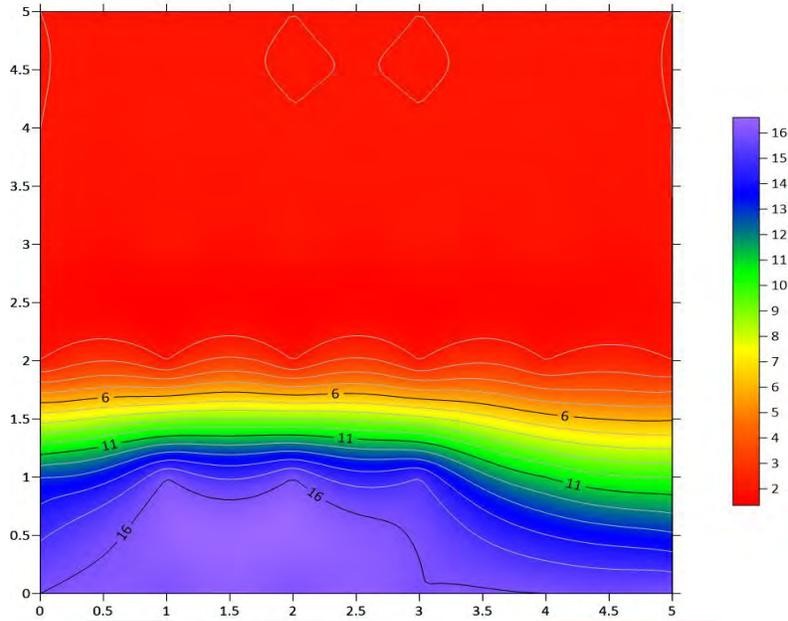
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 3 LADO A



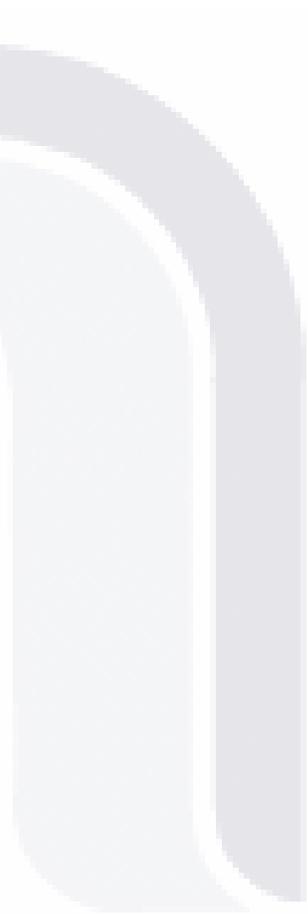
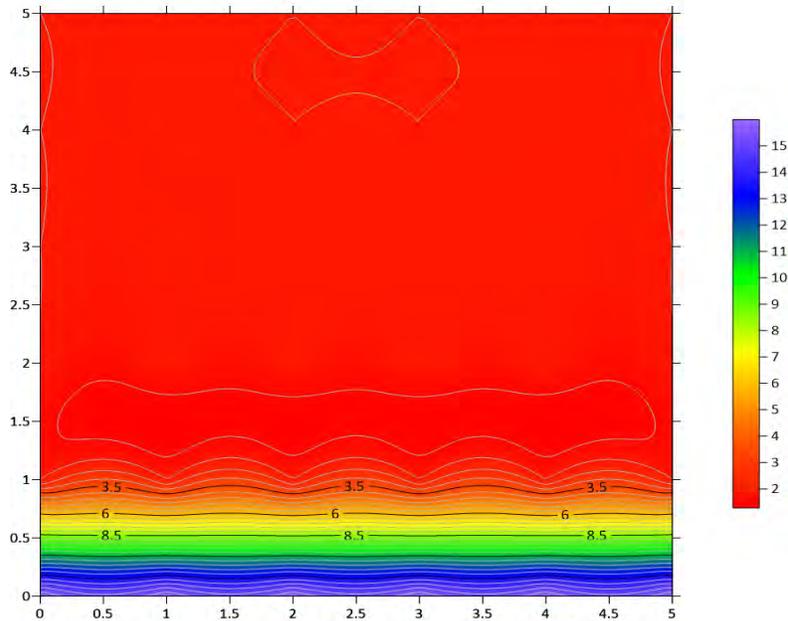
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 3 LADO B



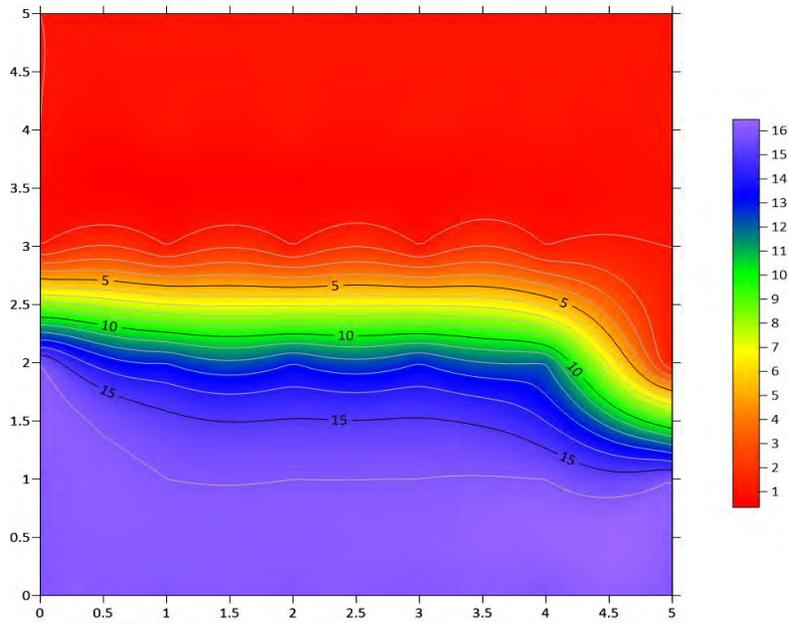
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 4 LADO A



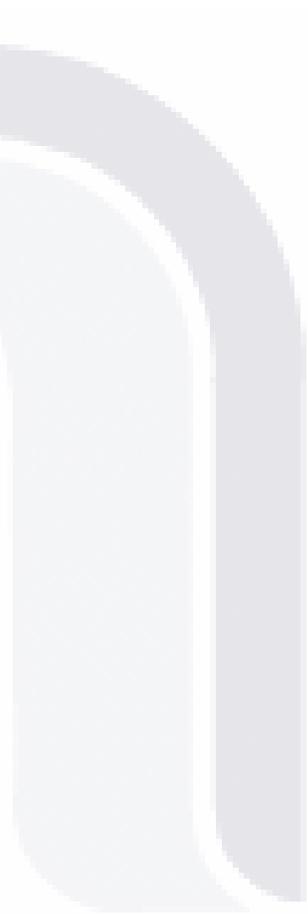
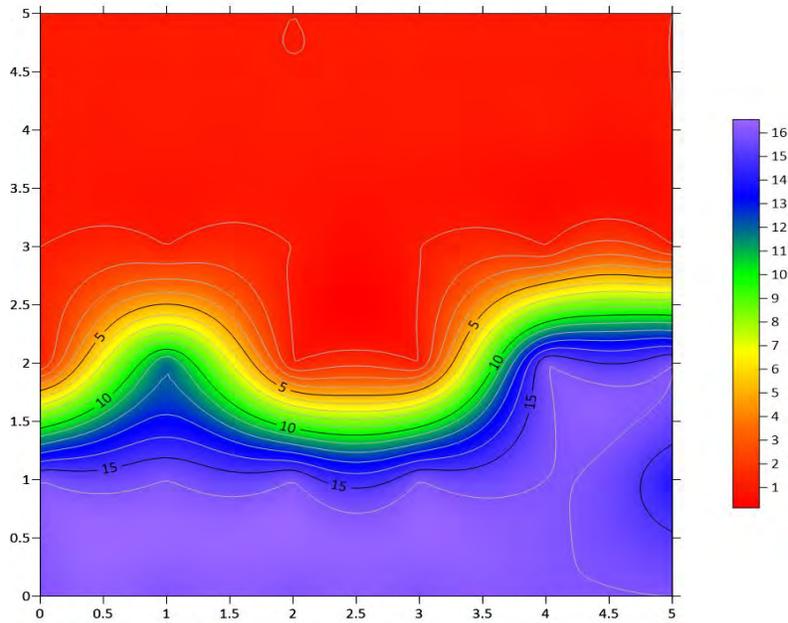
15:00 HRS 10/01/2023
MURO 4 LADO B



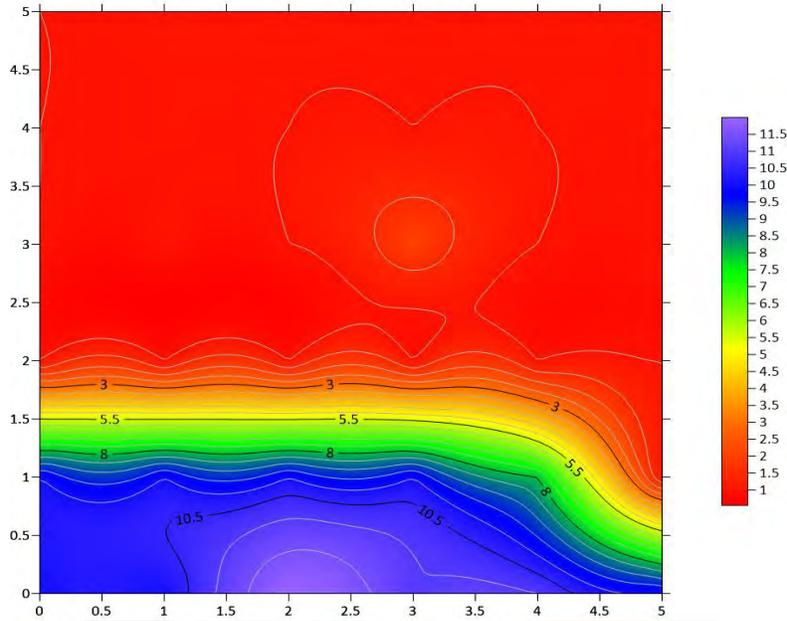
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 1 LADO A



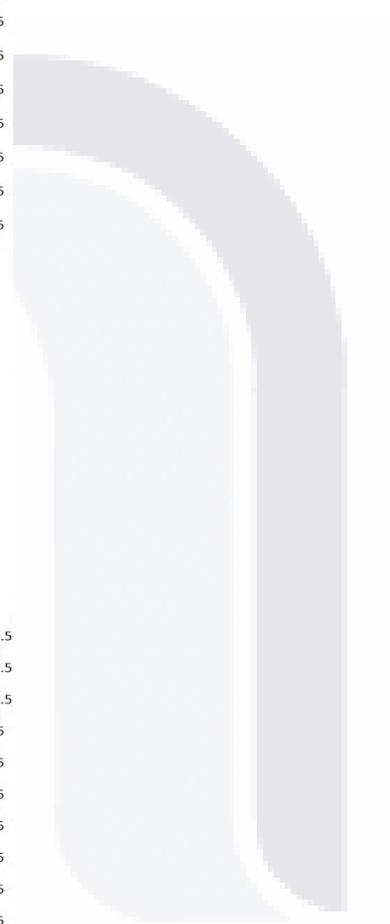
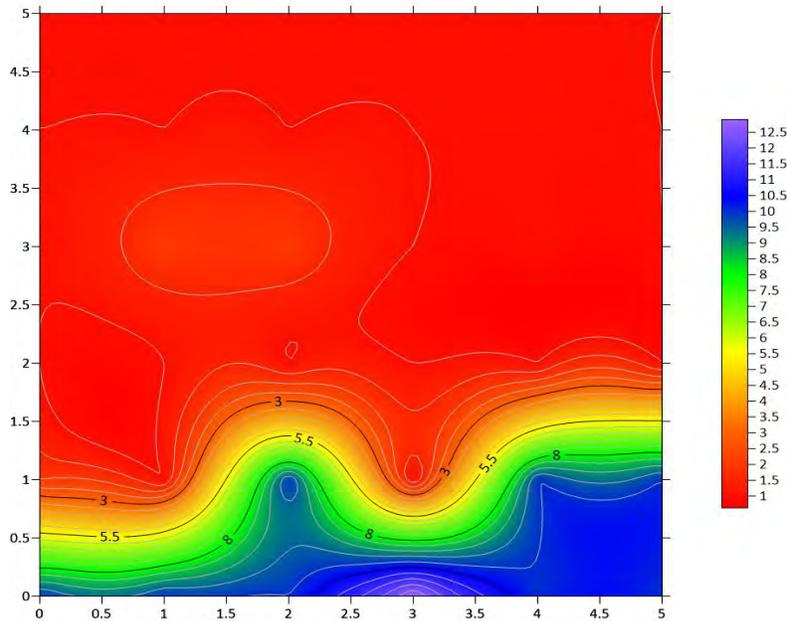
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 1 LADO B



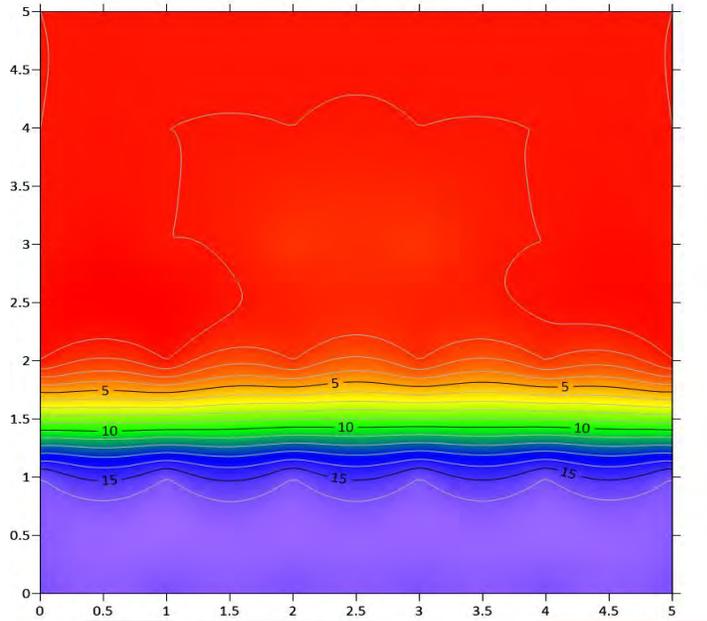
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 2 LADO A



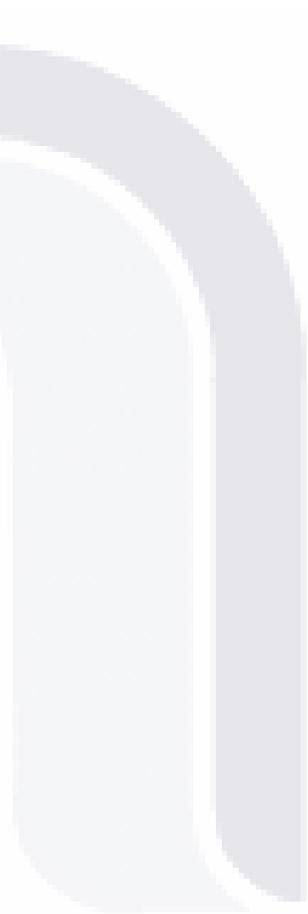
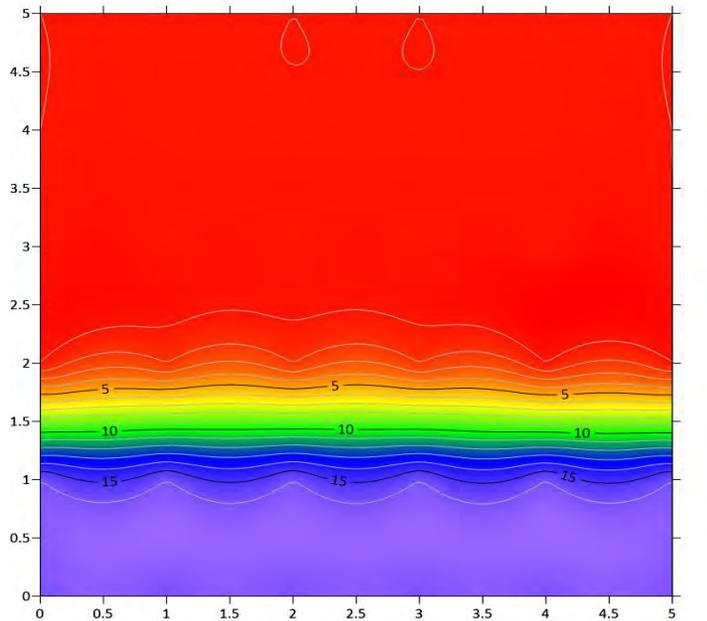
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 2 LADO B



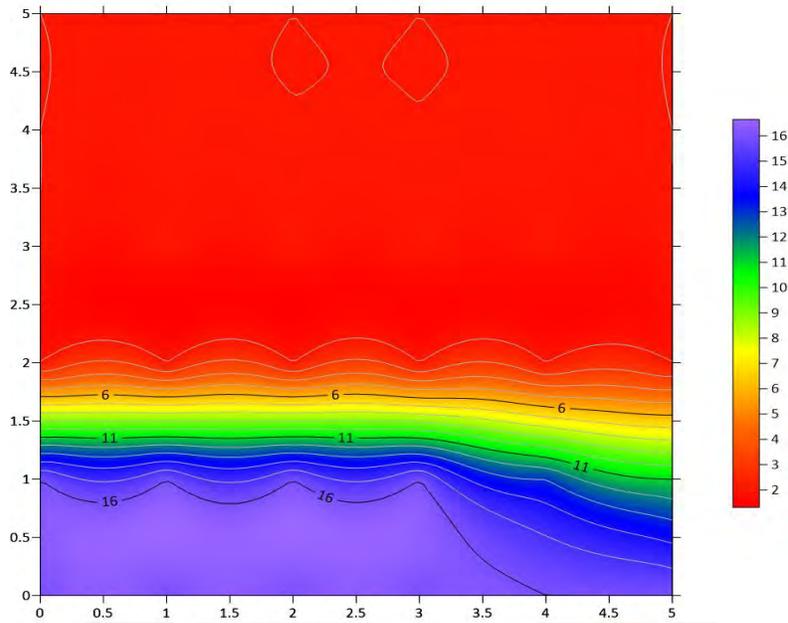
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 3 LADO A



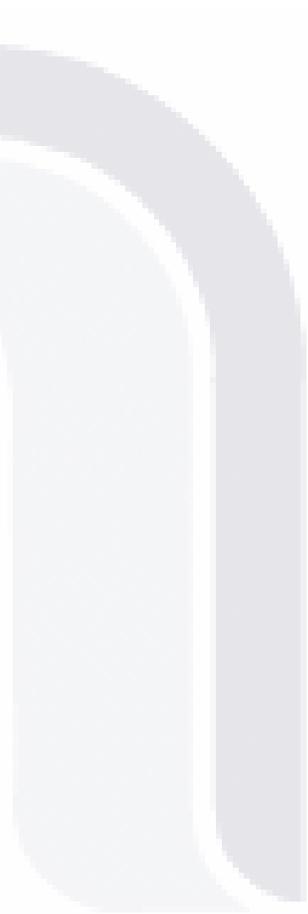
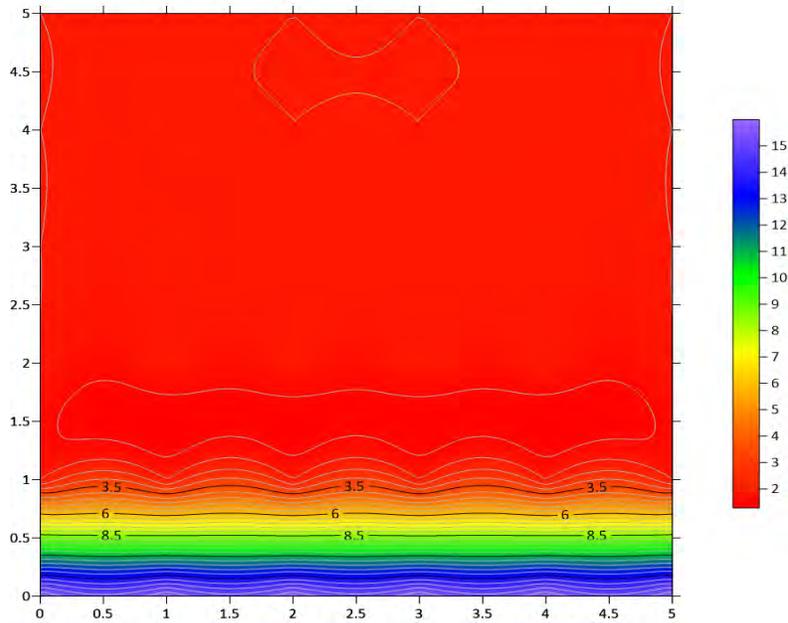
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 3 LADO B



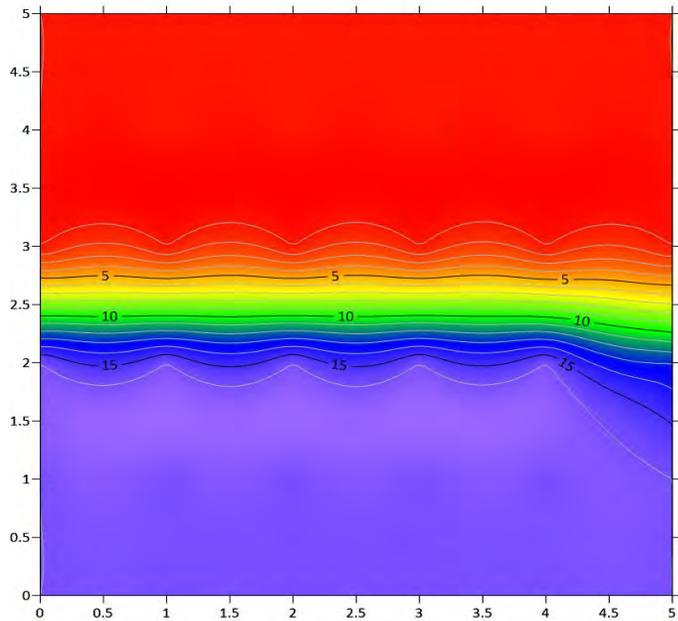
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 4 LADO A



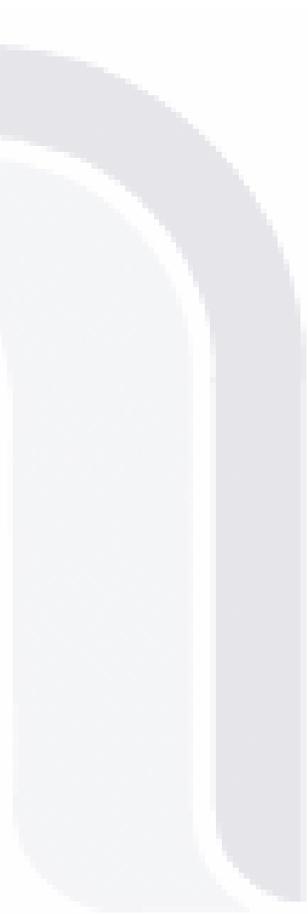
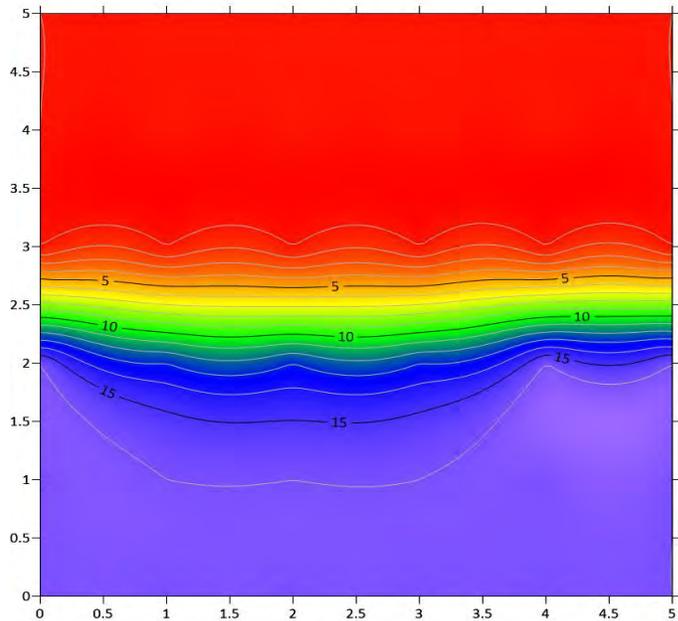
19:00 HRS 10/01/2023
MURO 4 LADO B



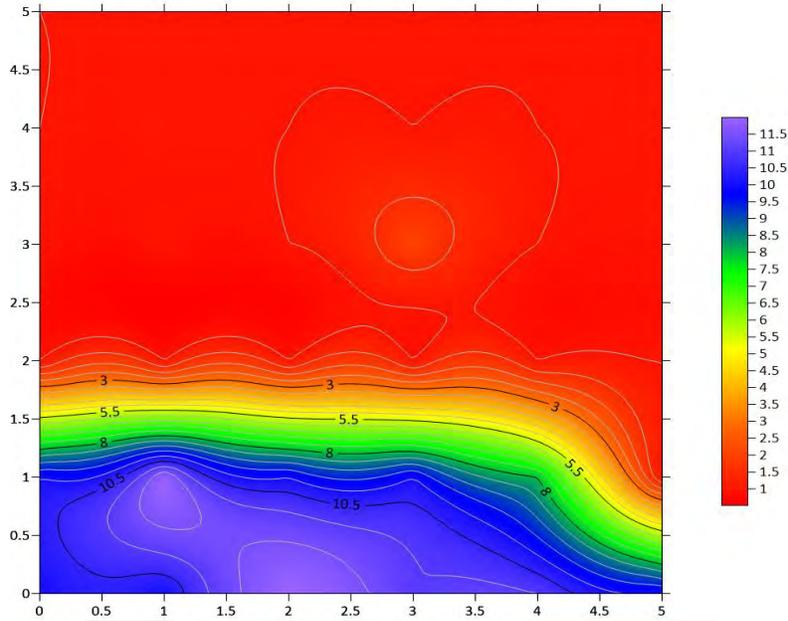
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 1 LADO A



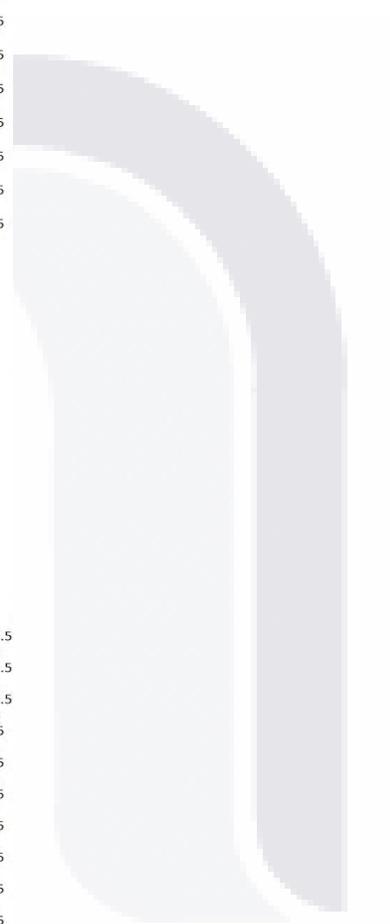
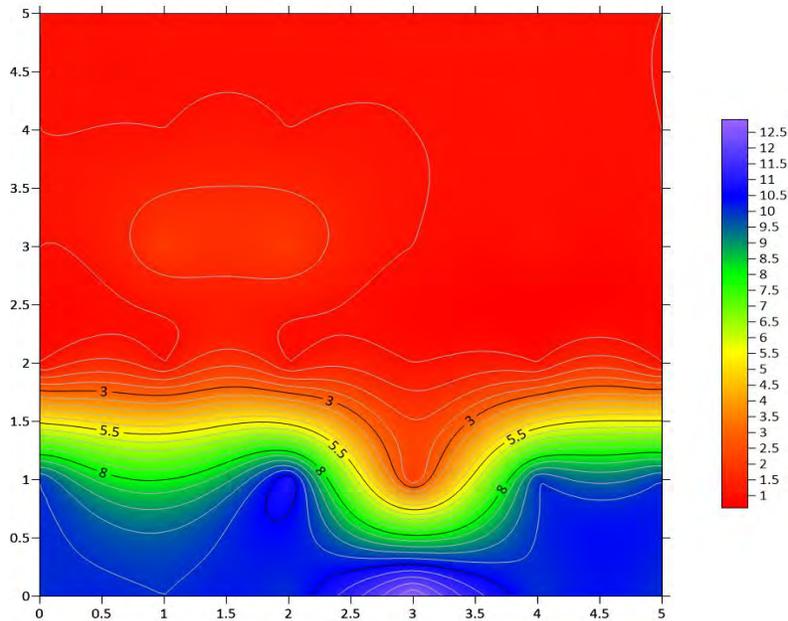
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 1 LADO B



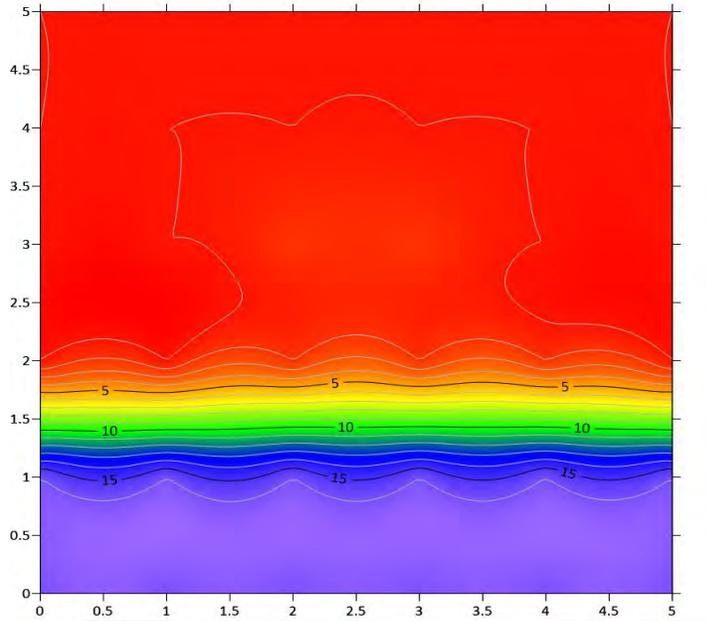
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 2 LADO A



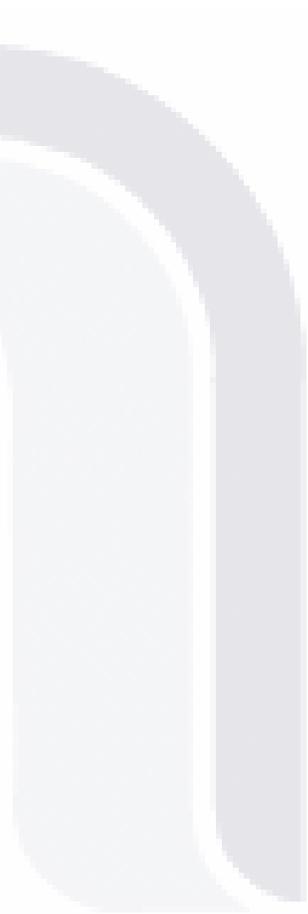
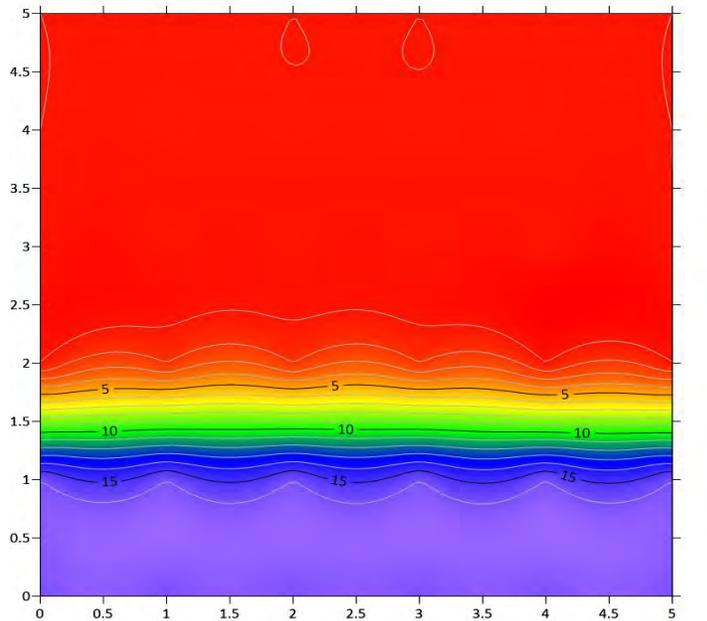
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 2 LADO B



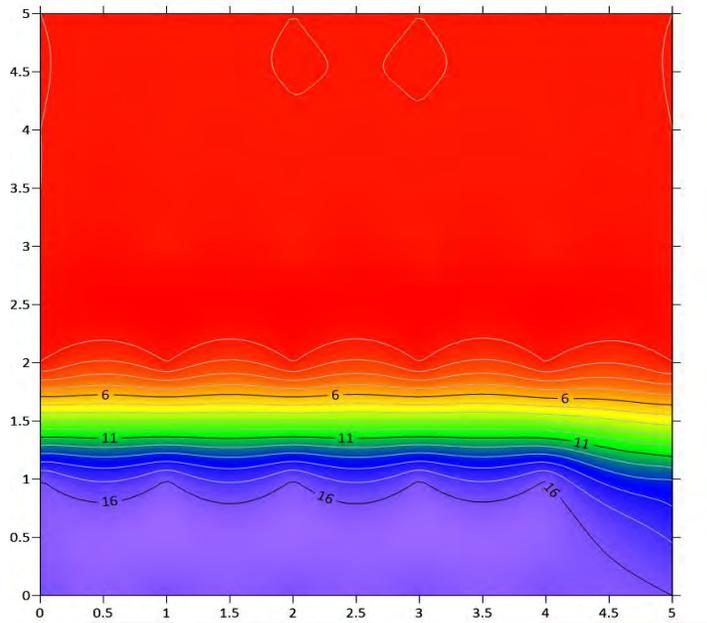
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 3 LADO A



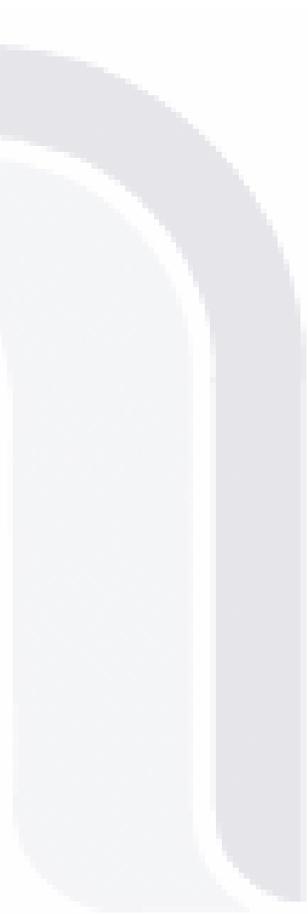
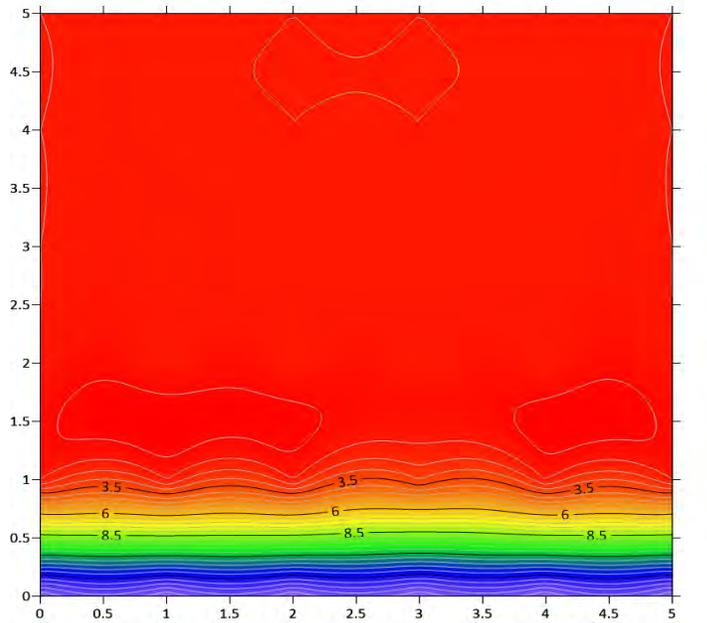
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 3 LADO B



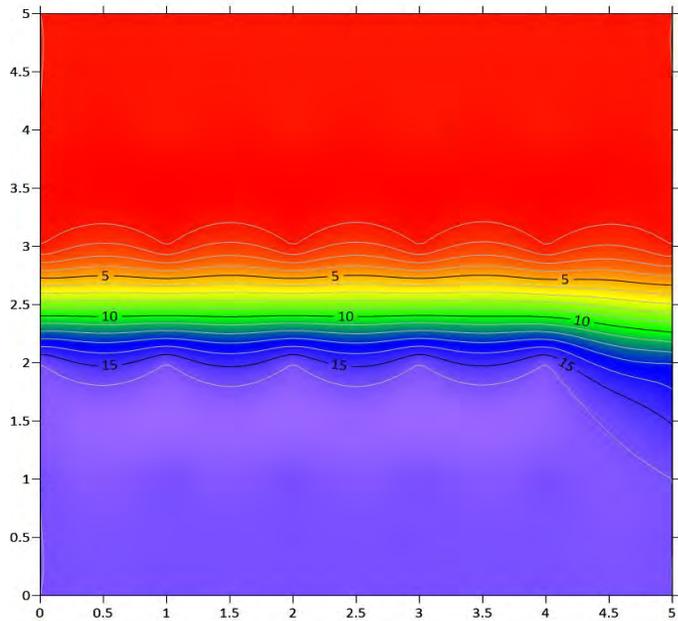
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 4 LADO A



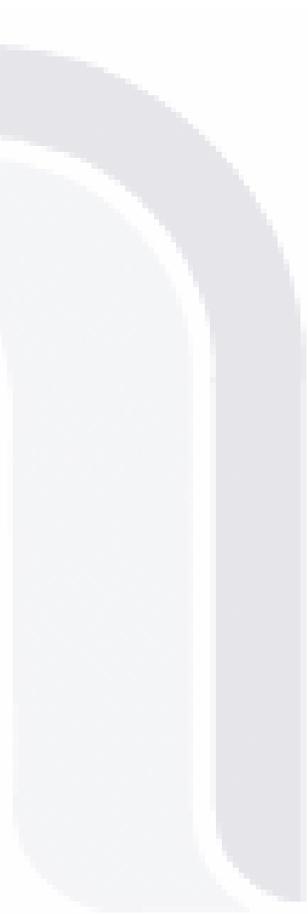
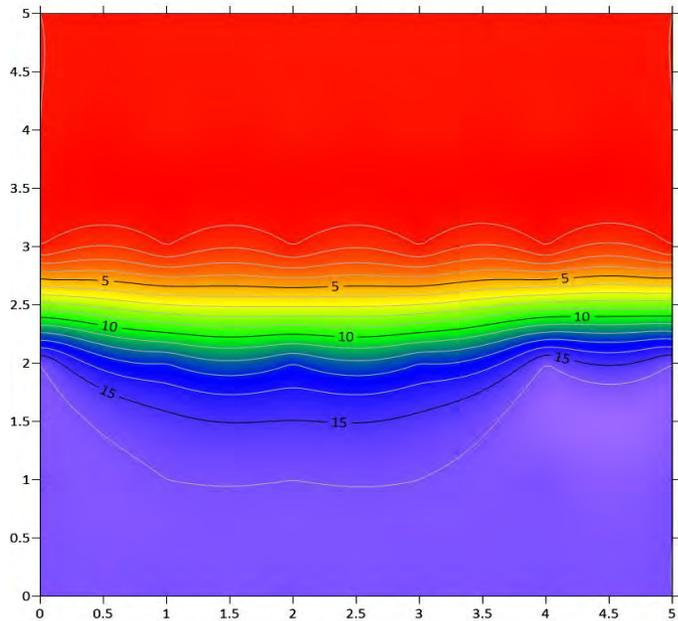
15:00 HRS 11/01/2023
MURO 4 LADO B



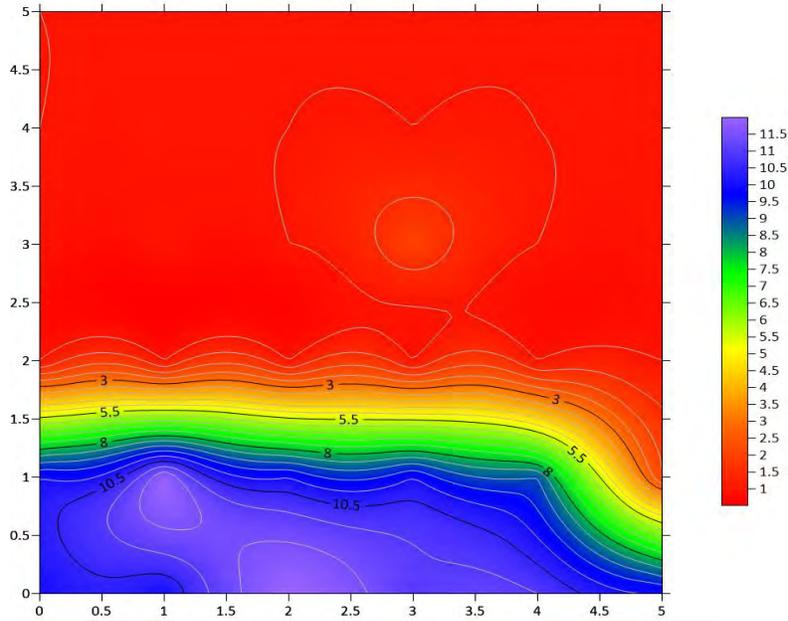
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 1 LADO A



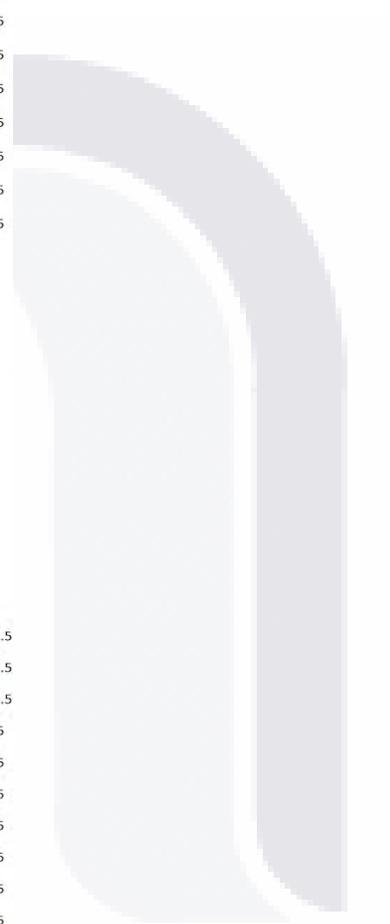
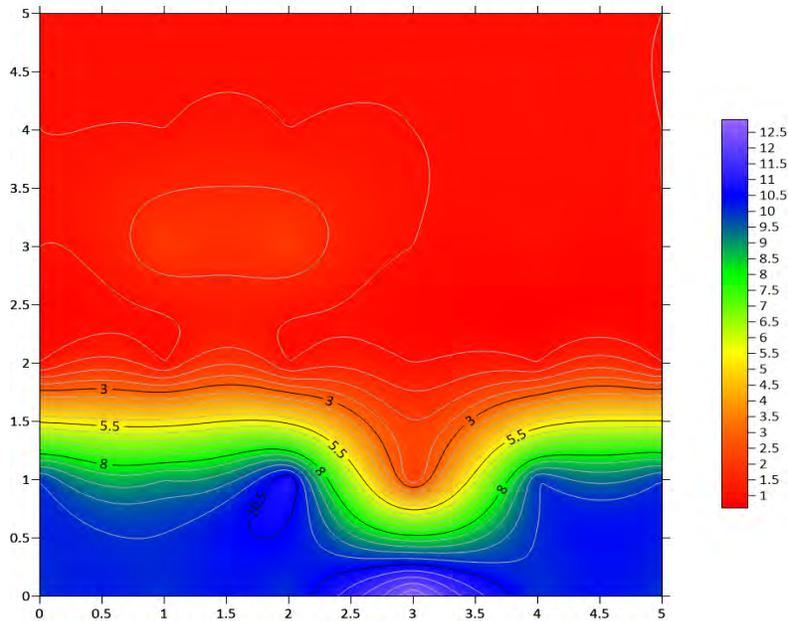
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 1 LADO B



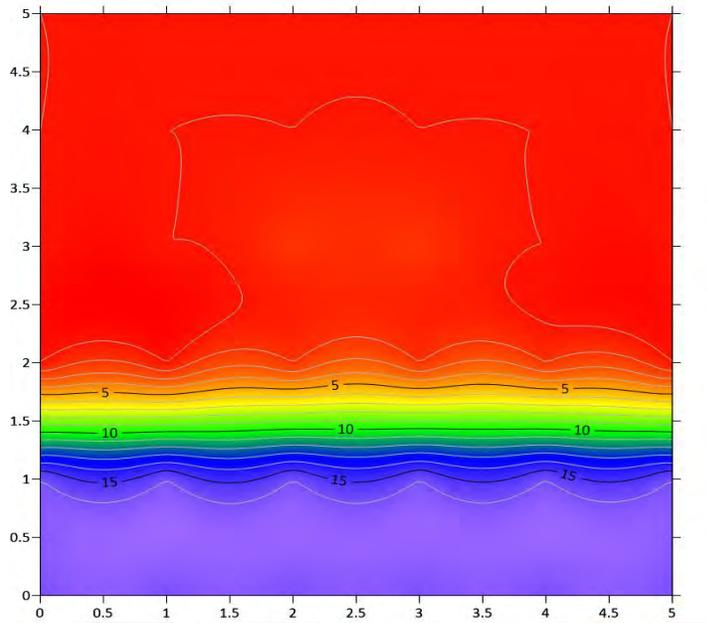
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 2 LADO A



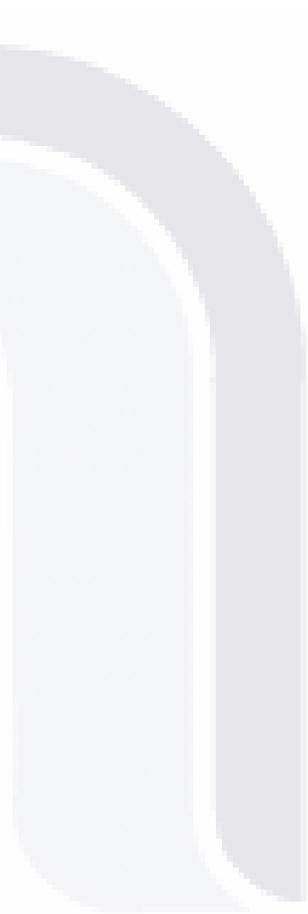
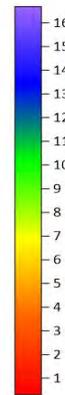
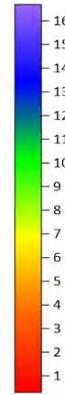
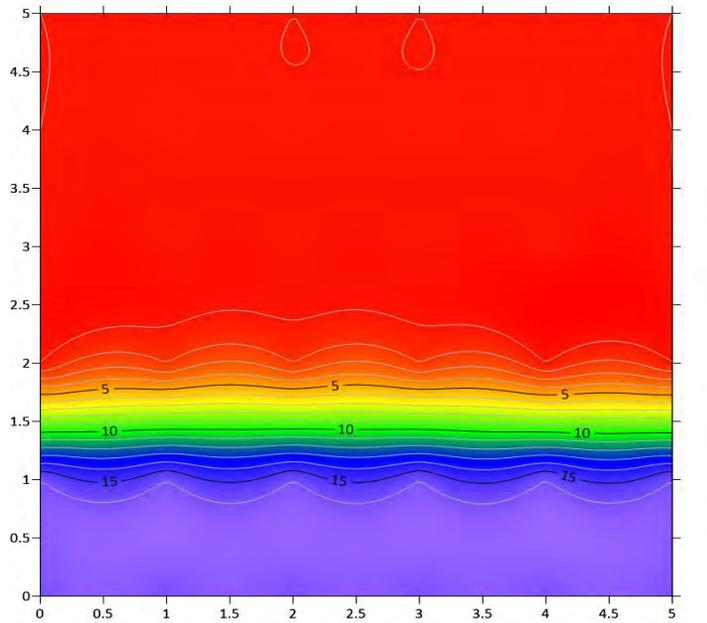
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 2 LADO B



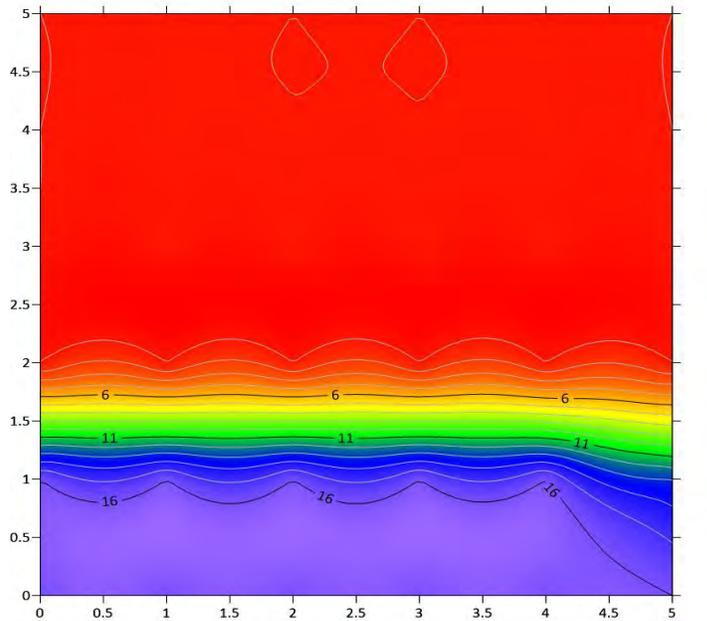
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 3 LADO A



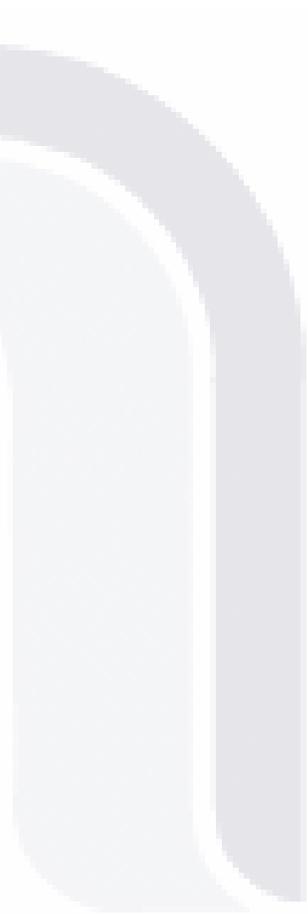
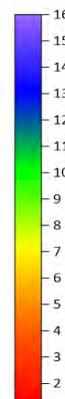
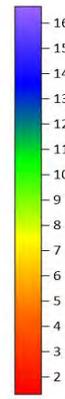
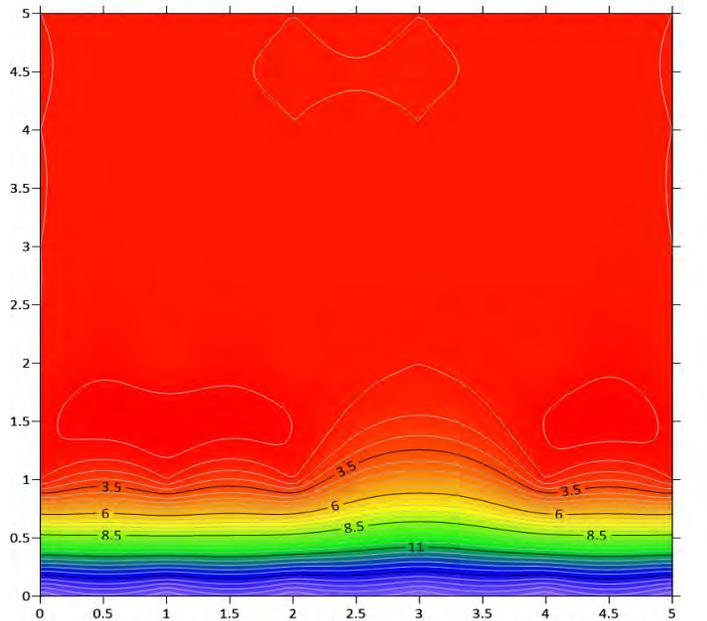
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 3 LADO B



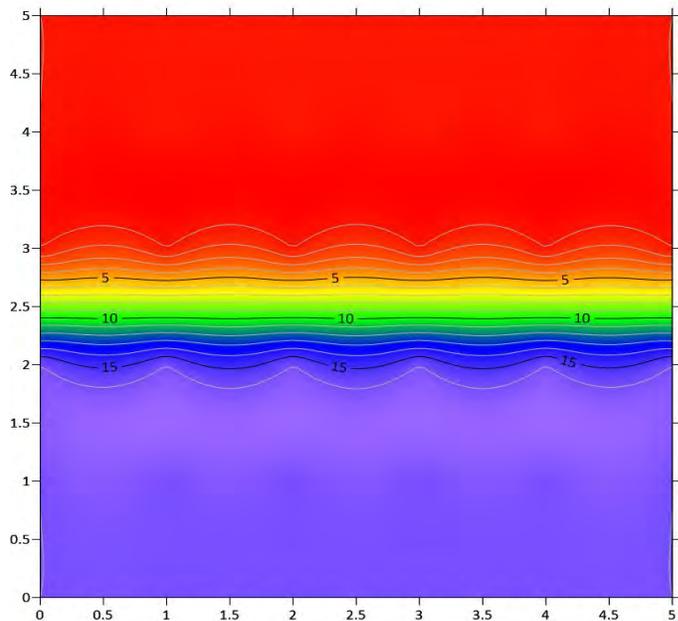
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 4 LADO A



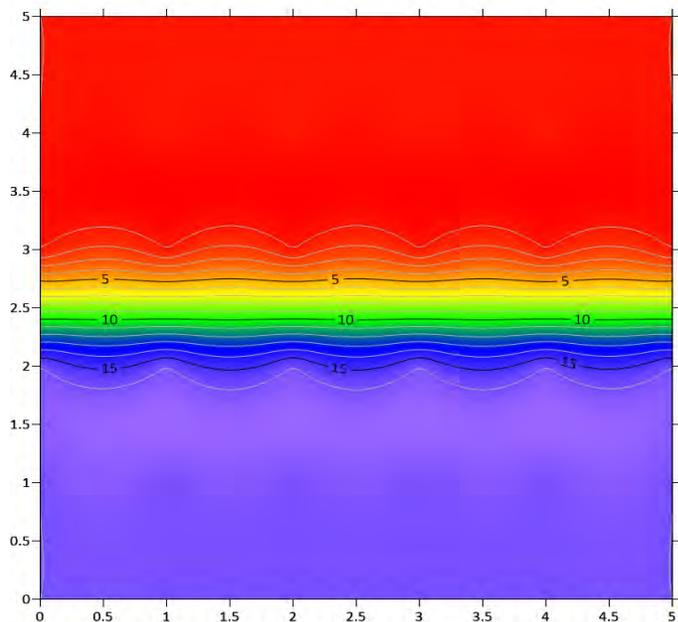
19:00 HRS 11/01/2023
MURO 4 LADO B



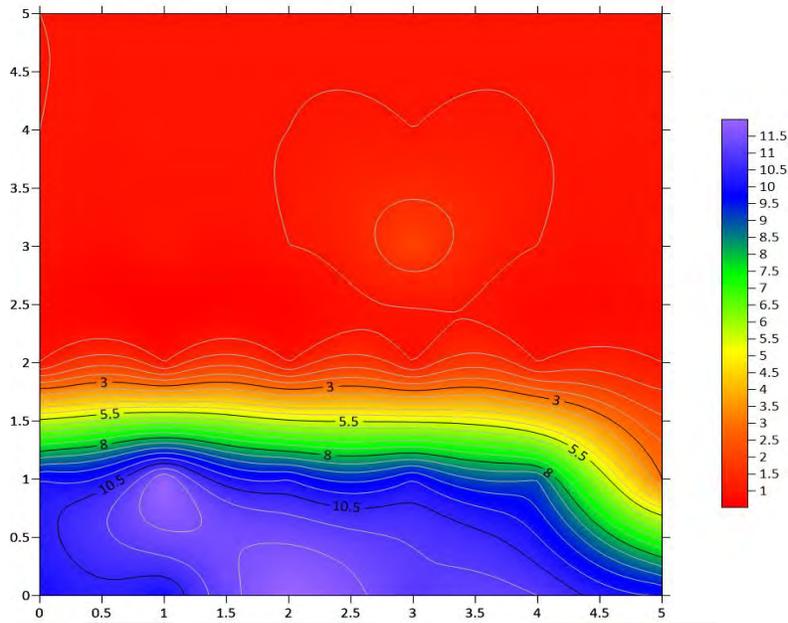
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 1 LADO A



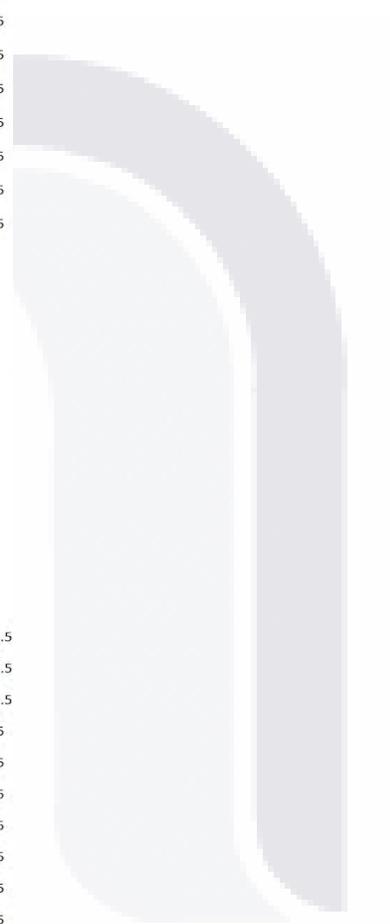
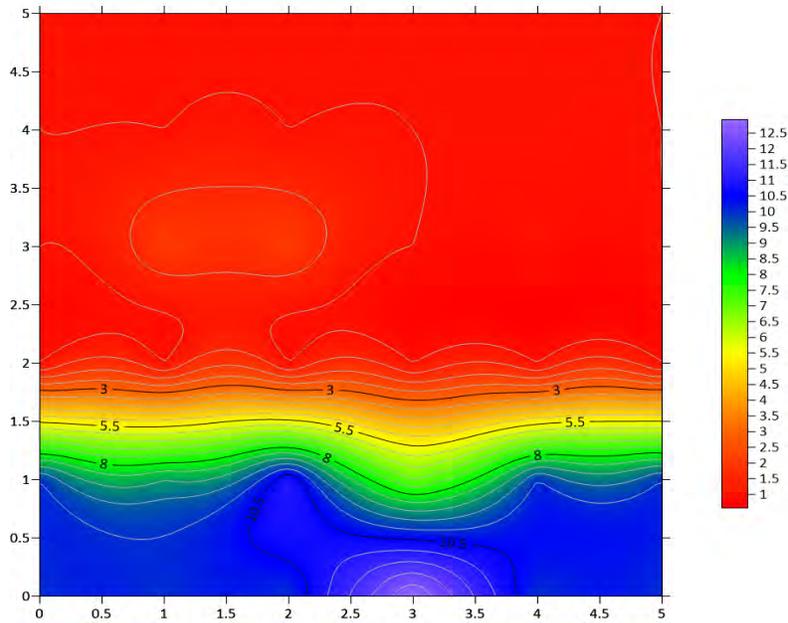
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 1 LADO B



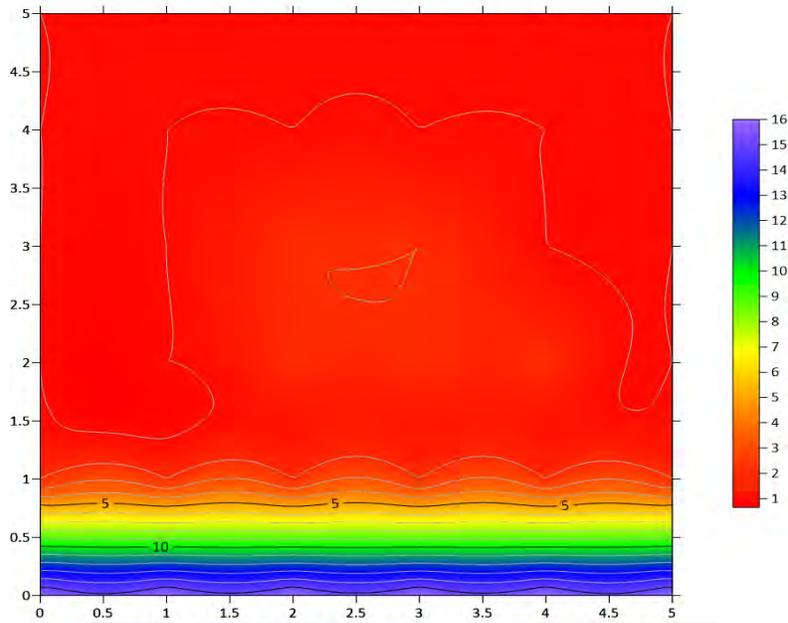
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 2 LADO A



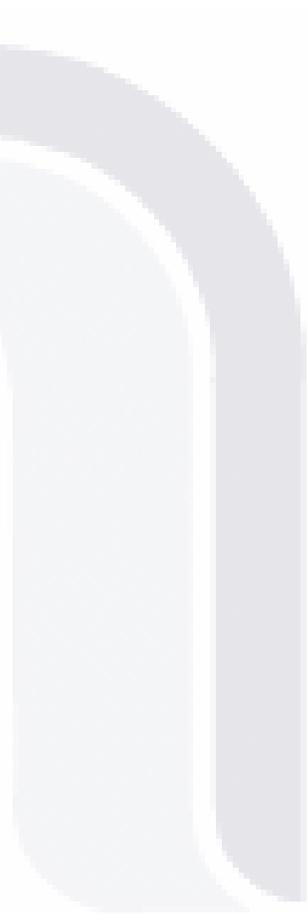
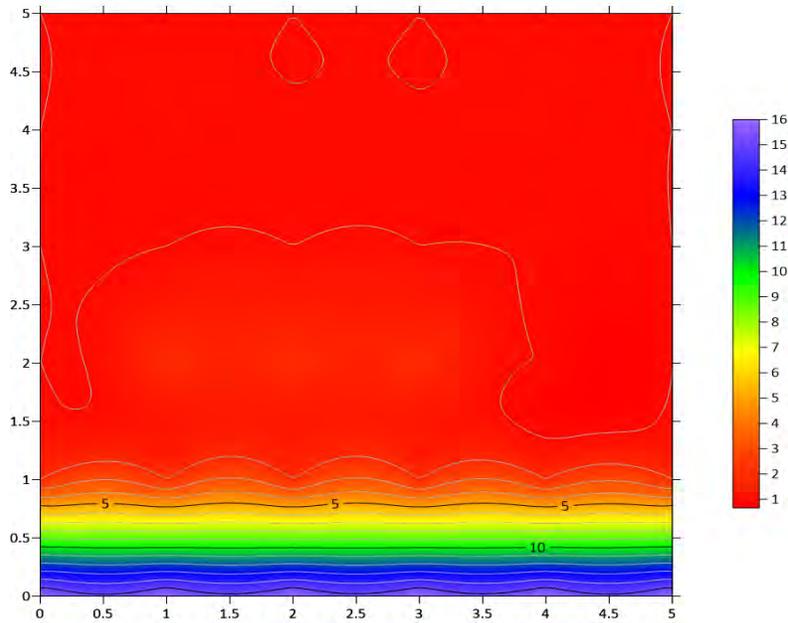
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 2 LADO B



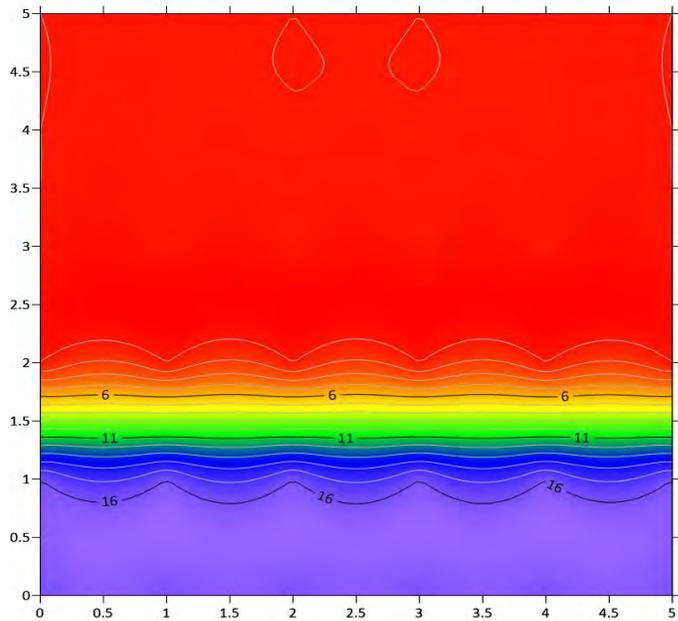
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 3 LADO A



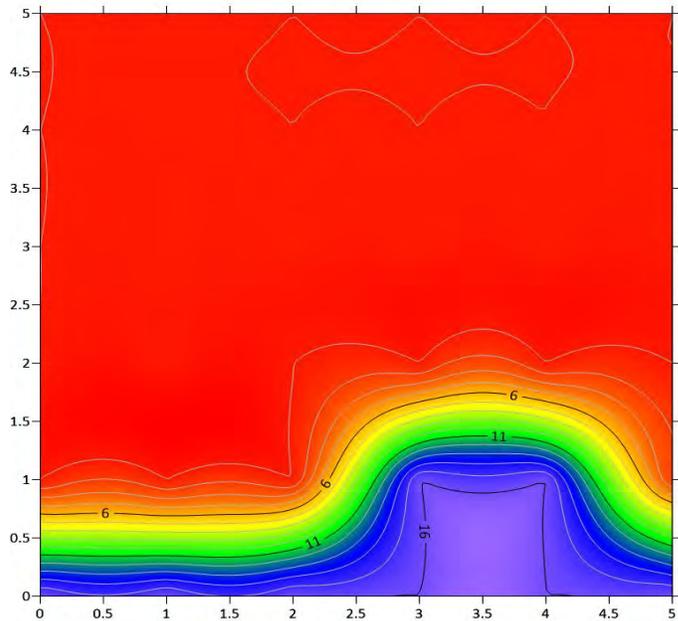
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 3 LADO B



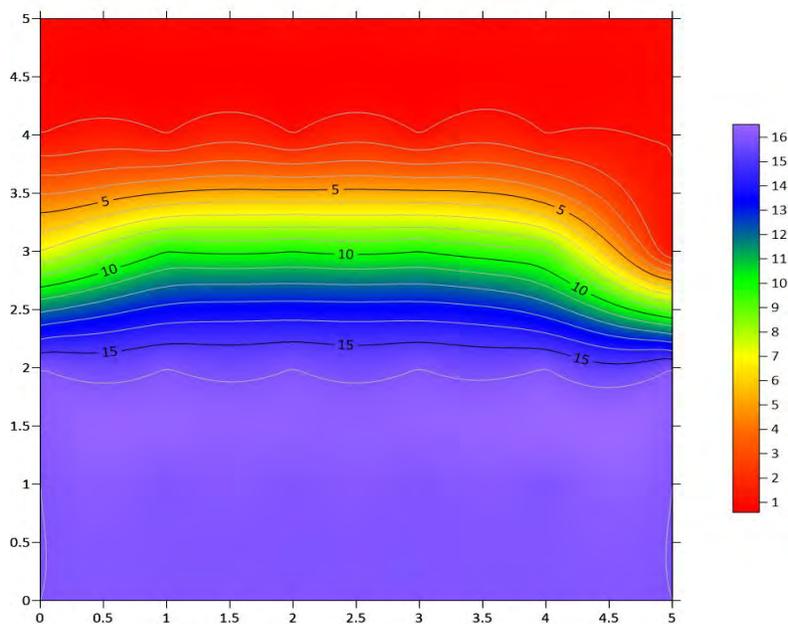
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 4 LADO A



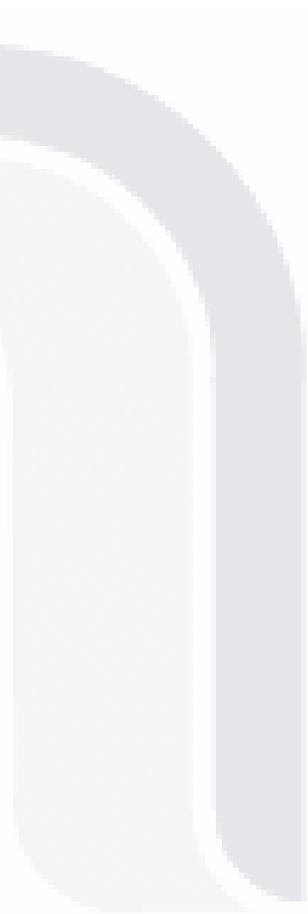
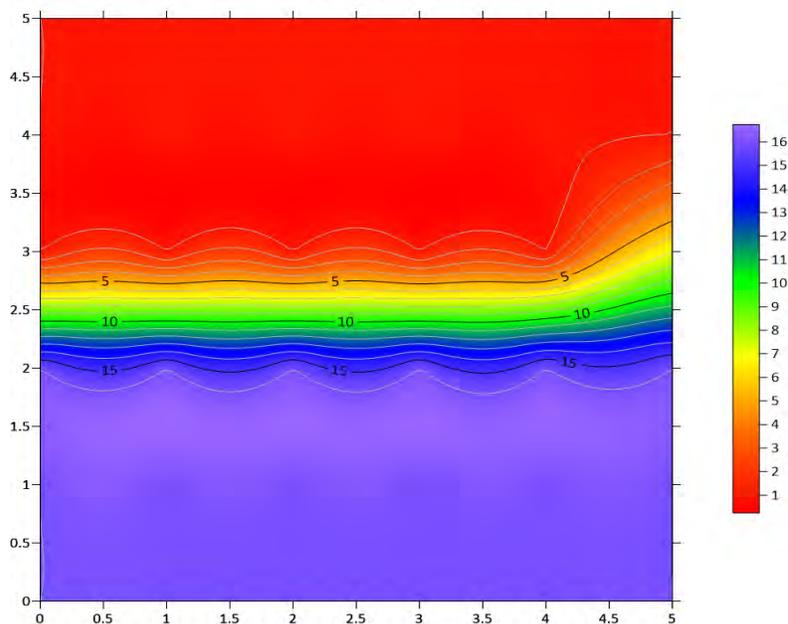
15:00 HRS 12/01/2023
MURO 4 LADO B



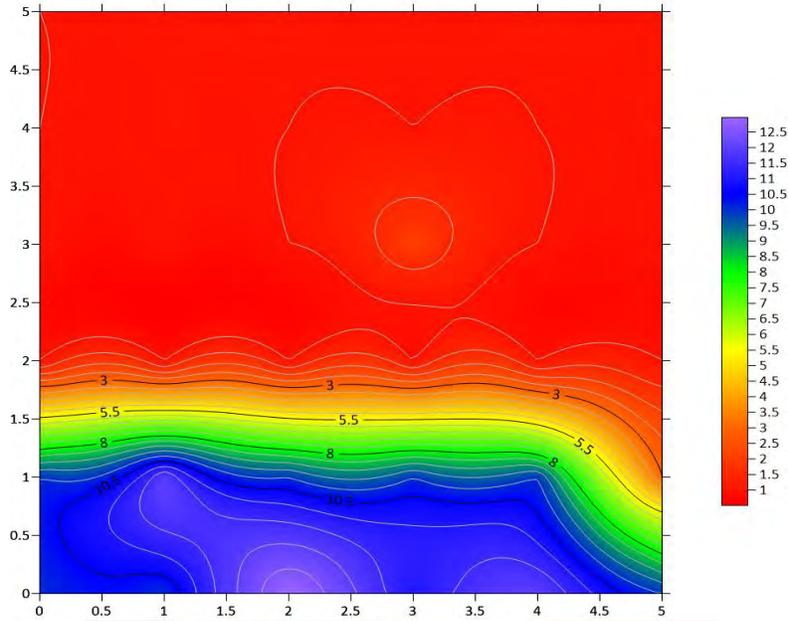
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 1 LADO A



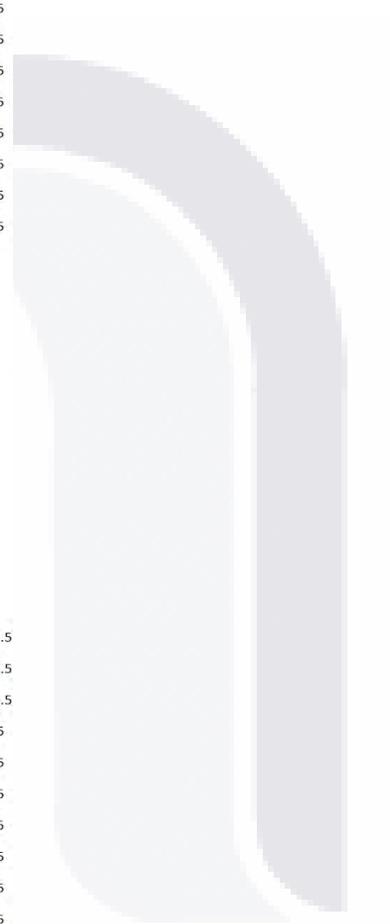
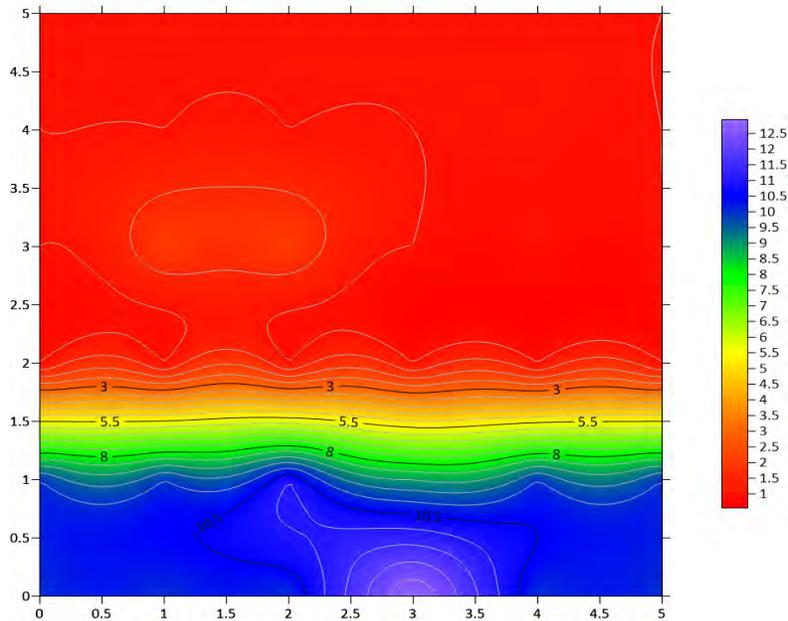
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 1 LADO B



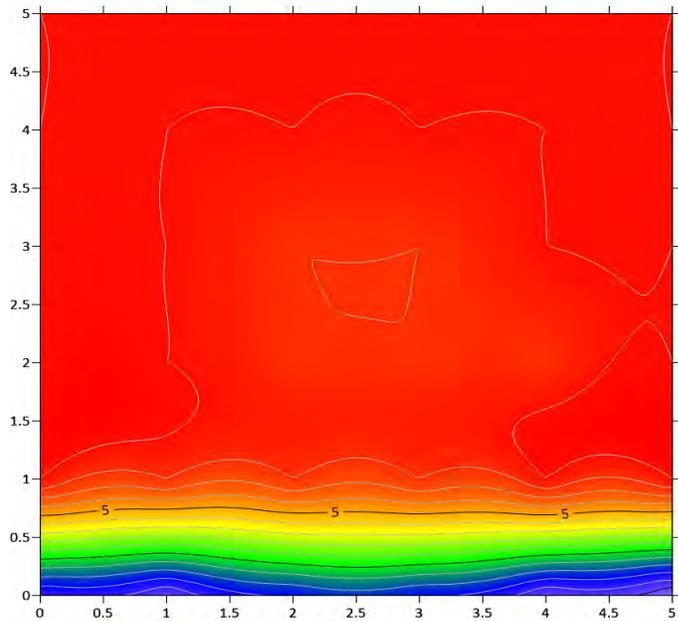
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 2 LADO A



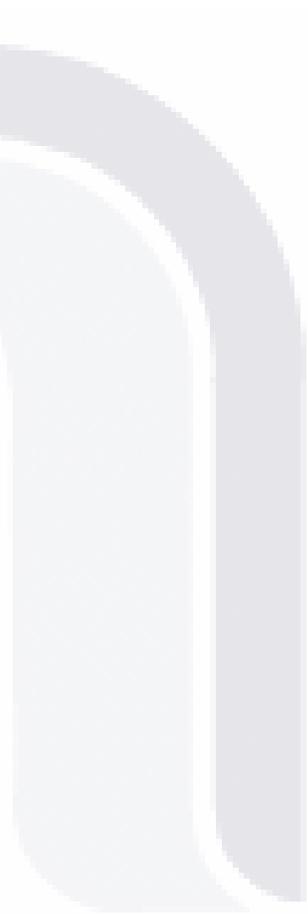
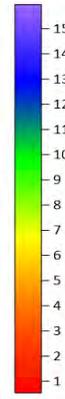
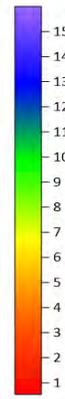
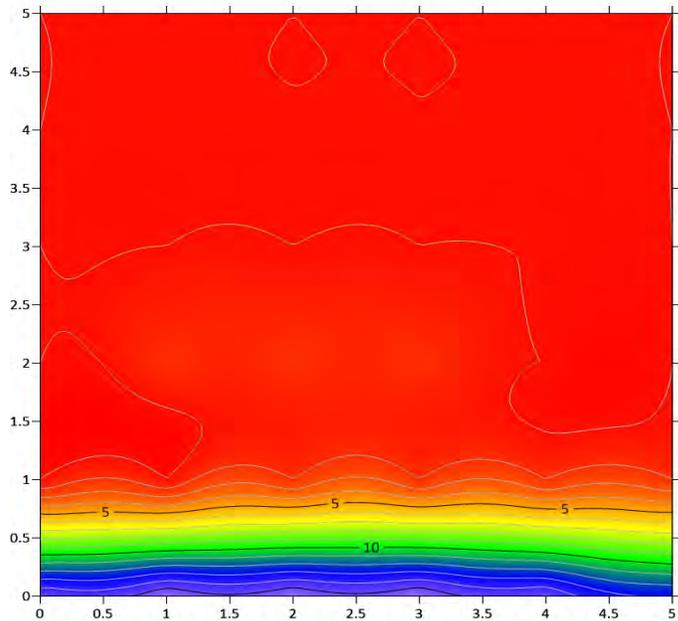
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 2 LADO B



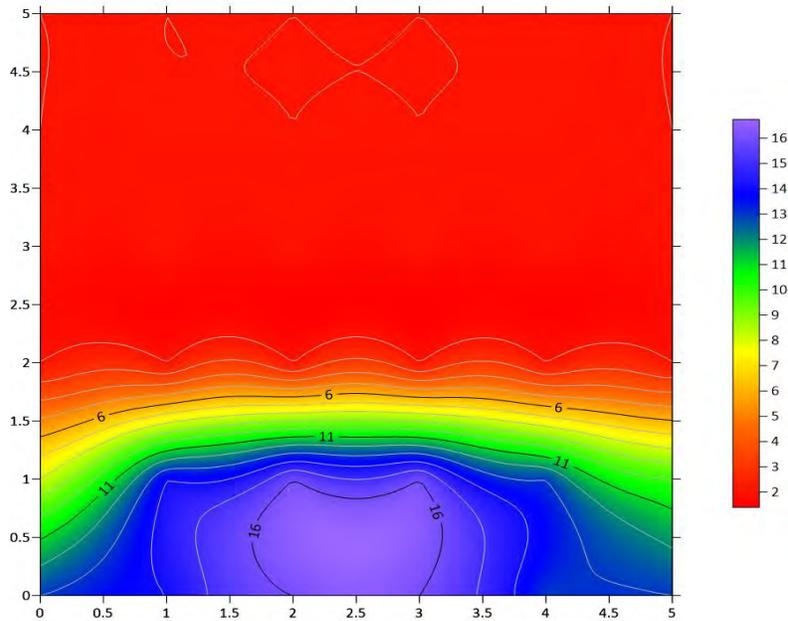
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 3 LADO A



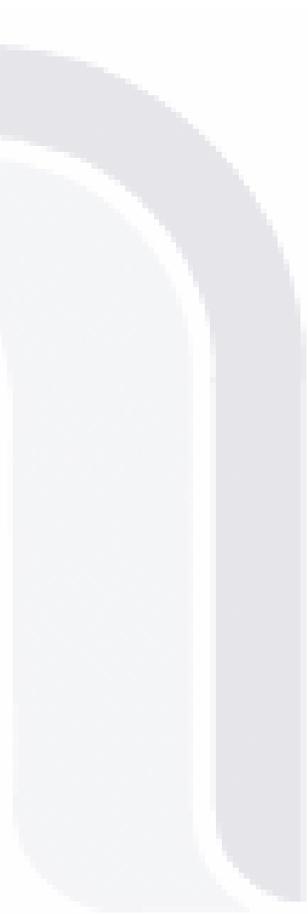
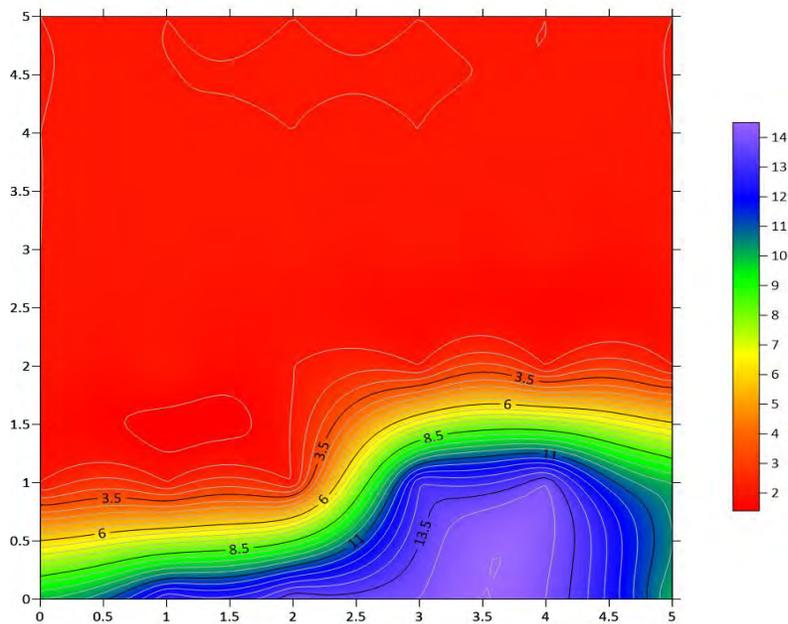
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 3 LADO B



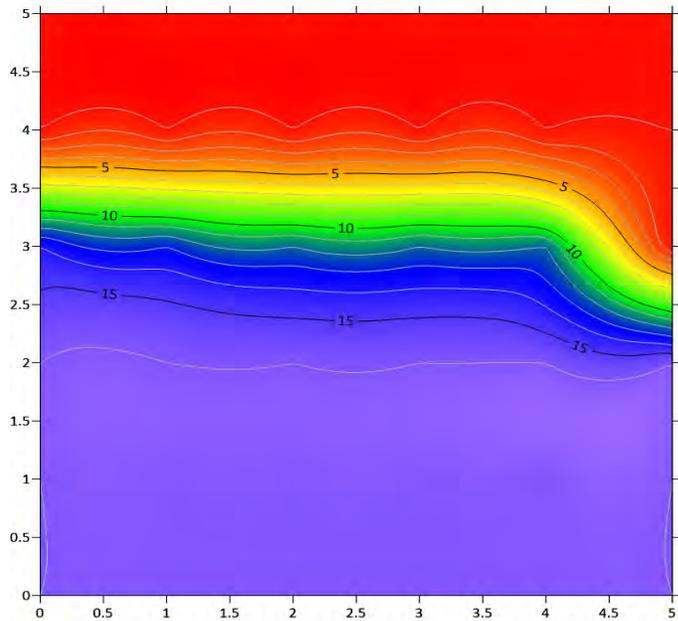
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 4 LADO A



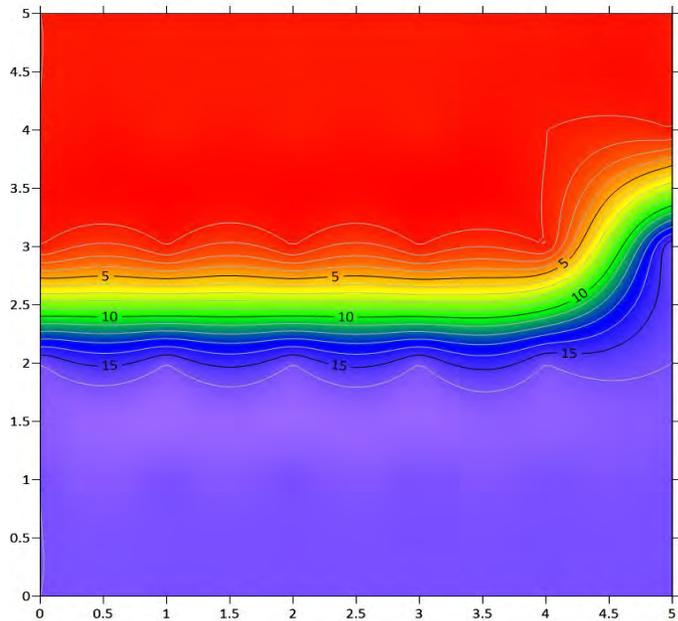
10:00 HRS 13/01/2023
MURO 4 LADO B



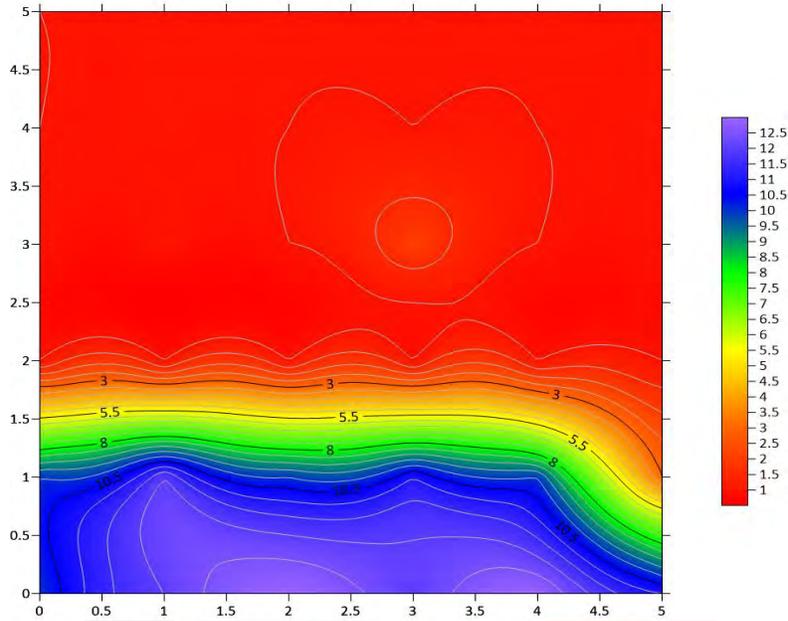
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 1 LADO A



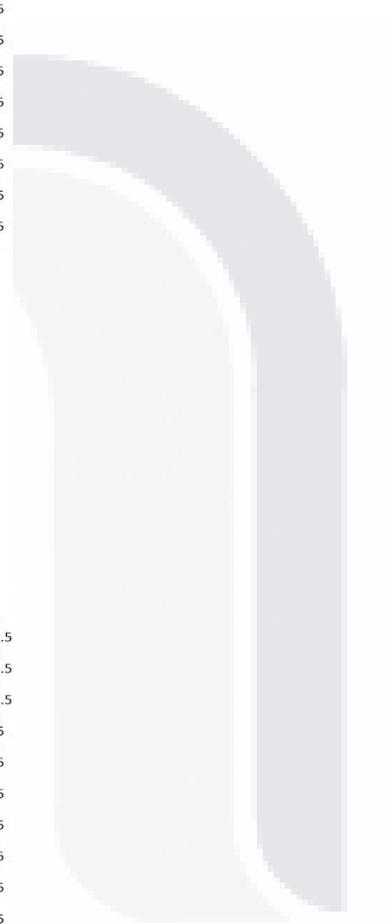
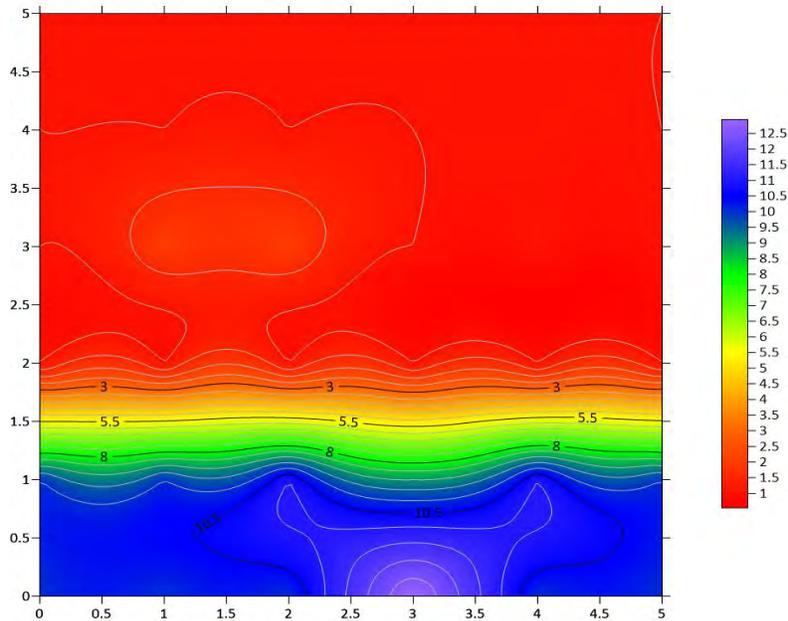
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 1 LADO B



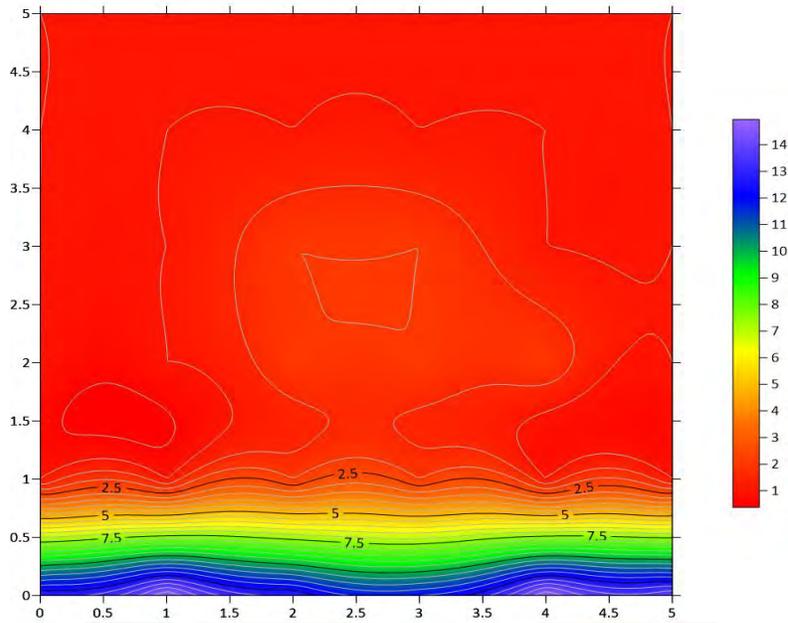
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 2 LADO A



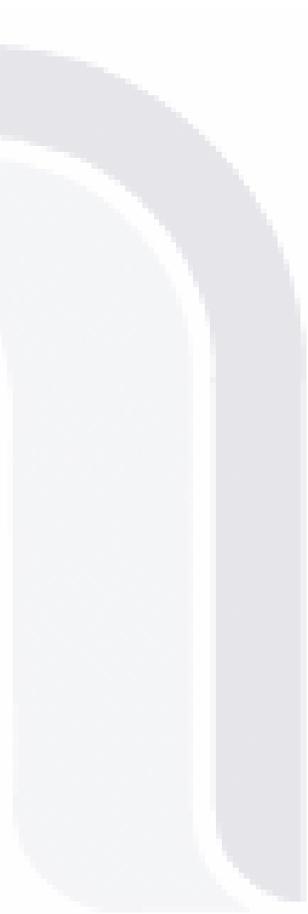
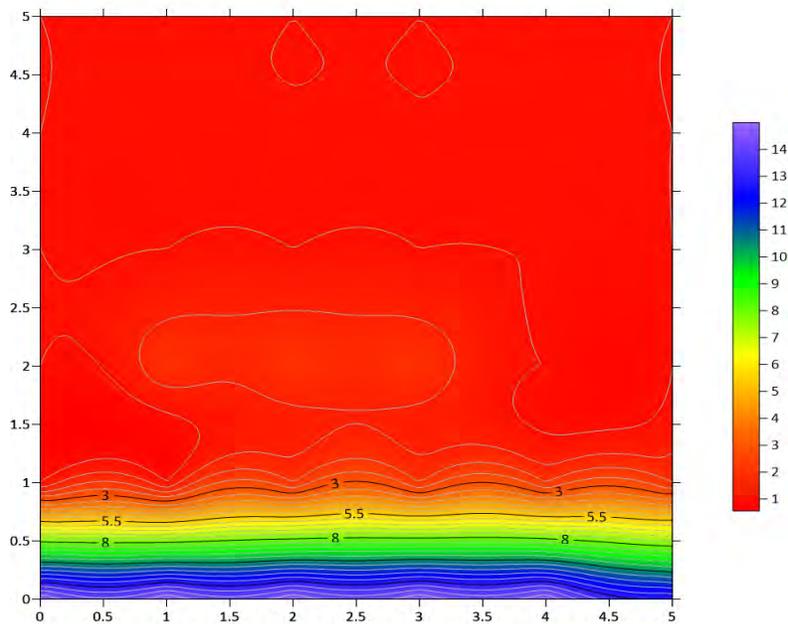
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 2 LADO B



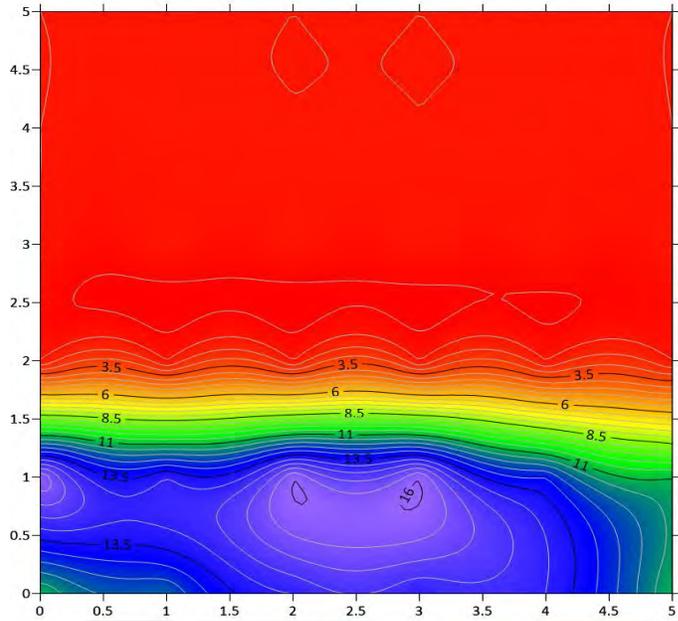
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 3 LADO A



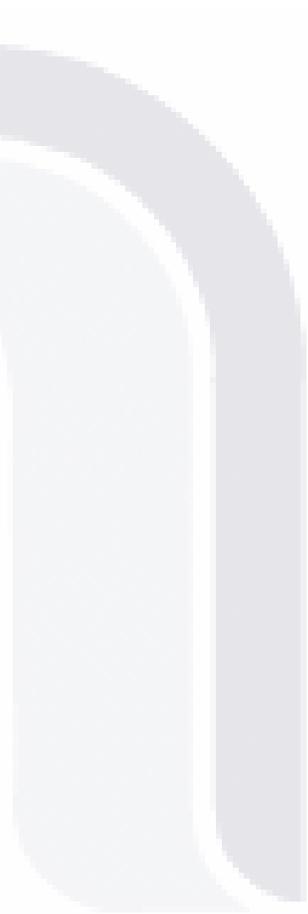
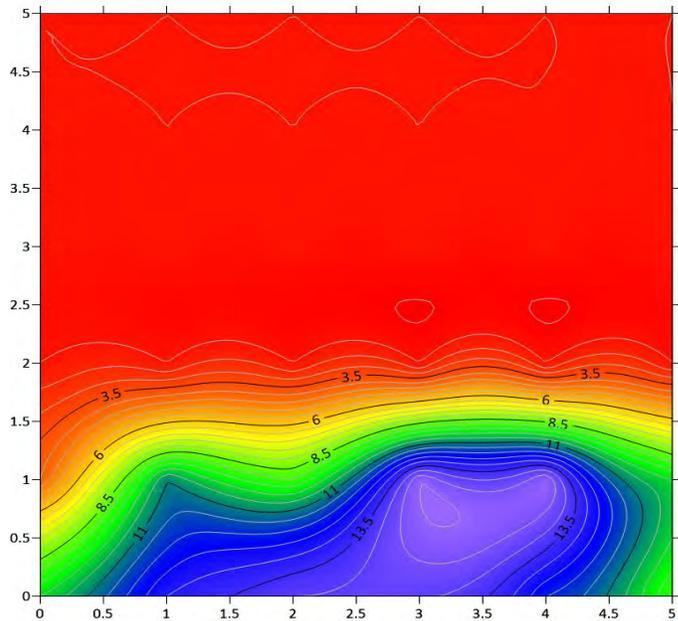
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 3 LADO B



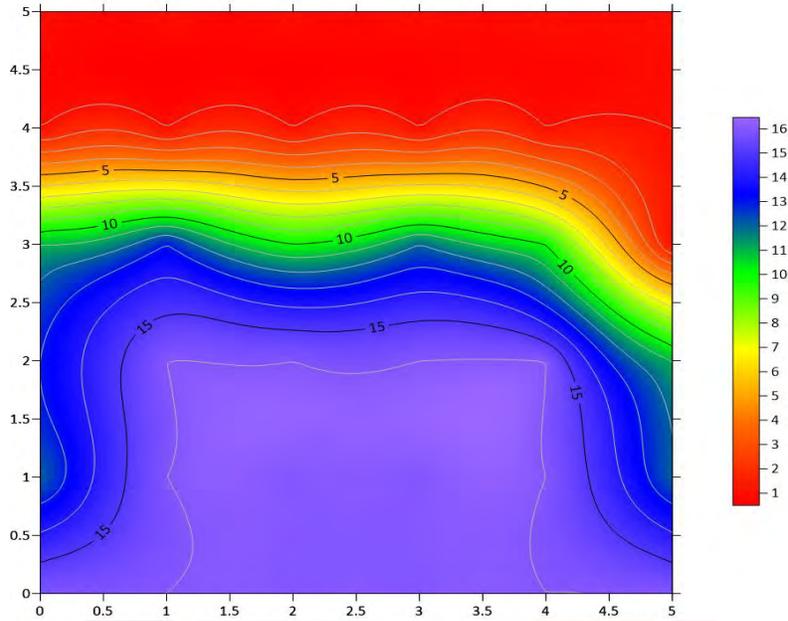
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 4 LADO A



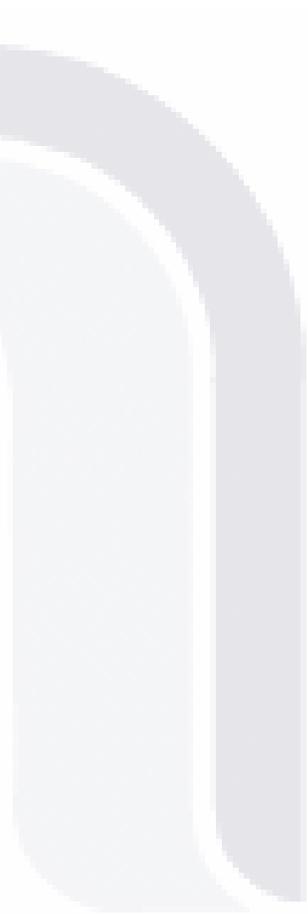
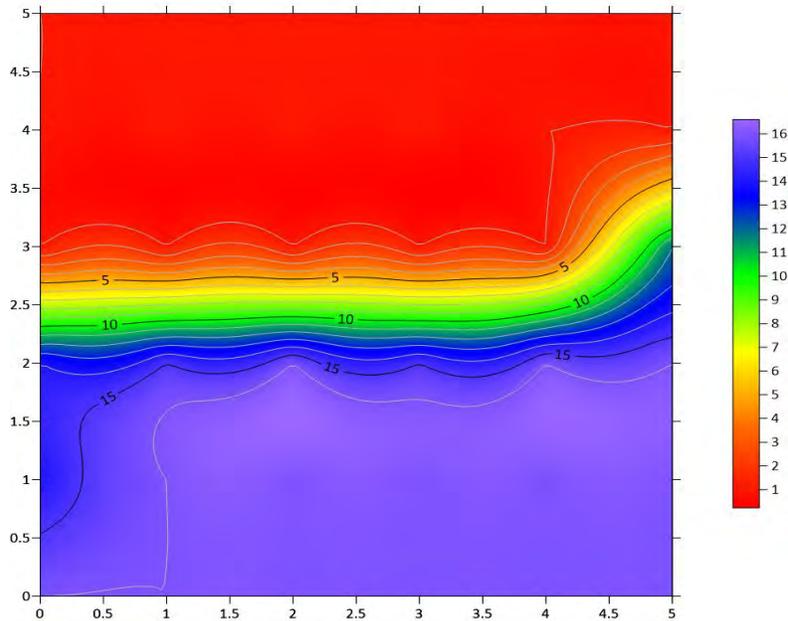
13:00 HRS 14/01/2023
MURO 4 LADO B



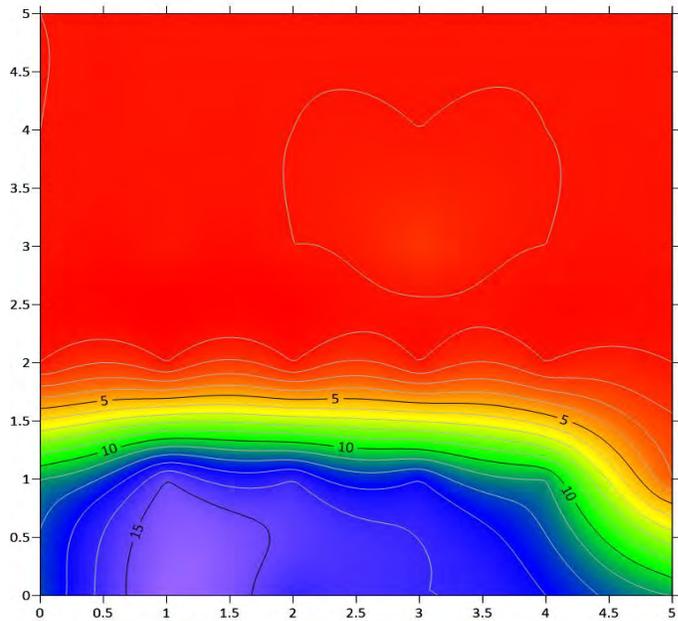
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 1 LADO A



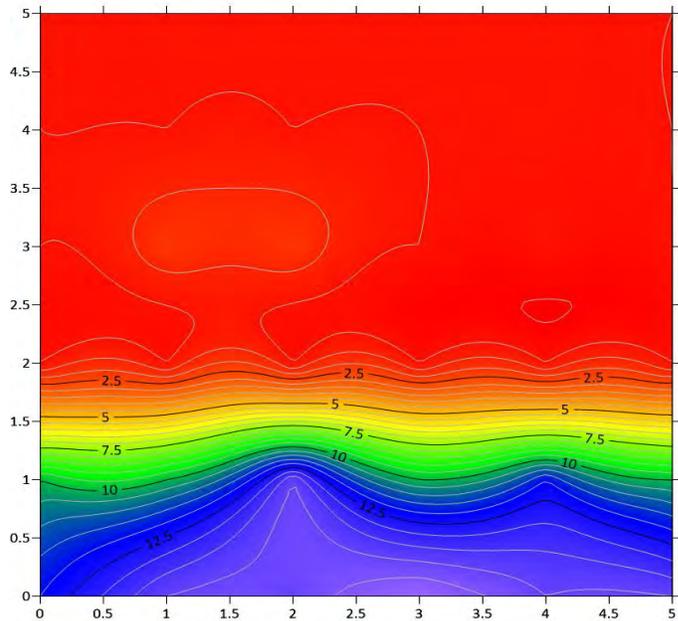
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 1 LADO B



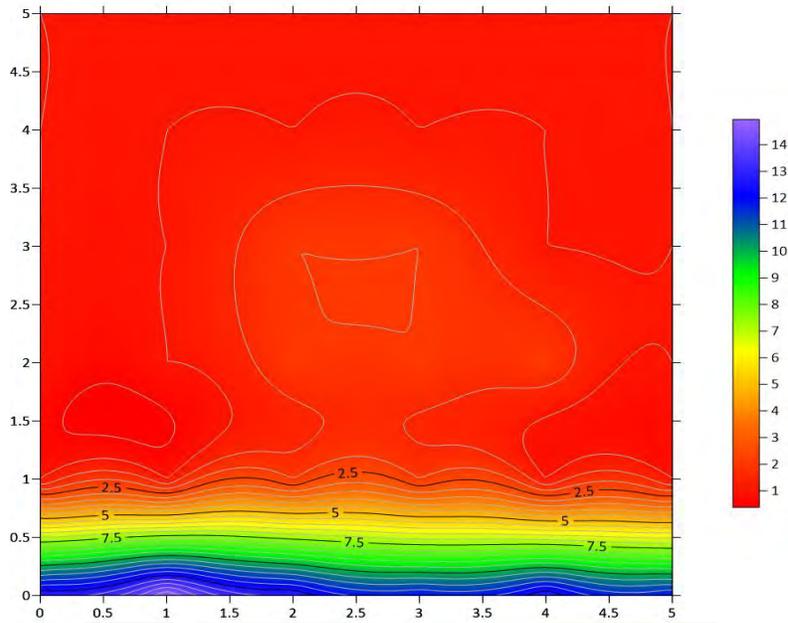
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 2 LADO A



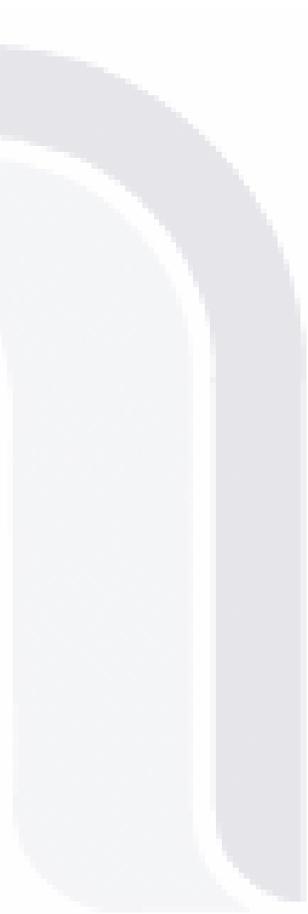
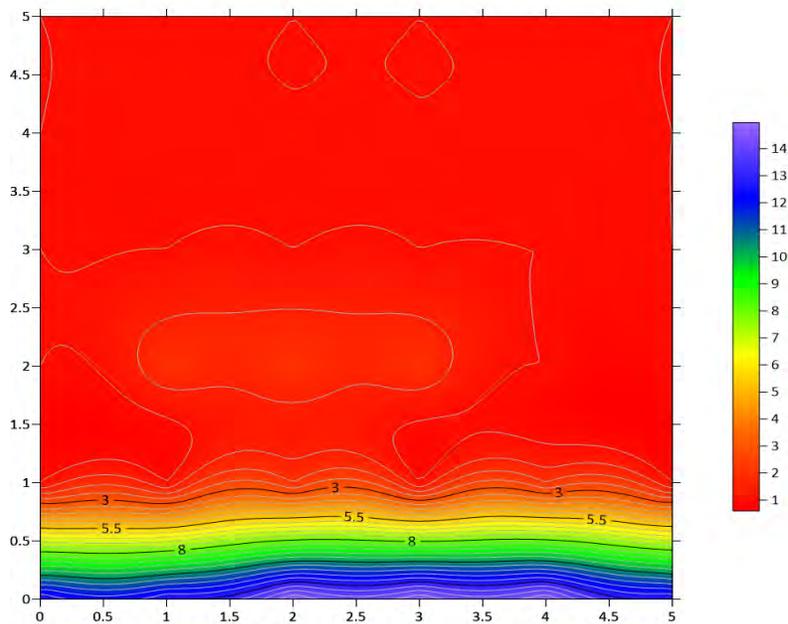
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 2 LADO B



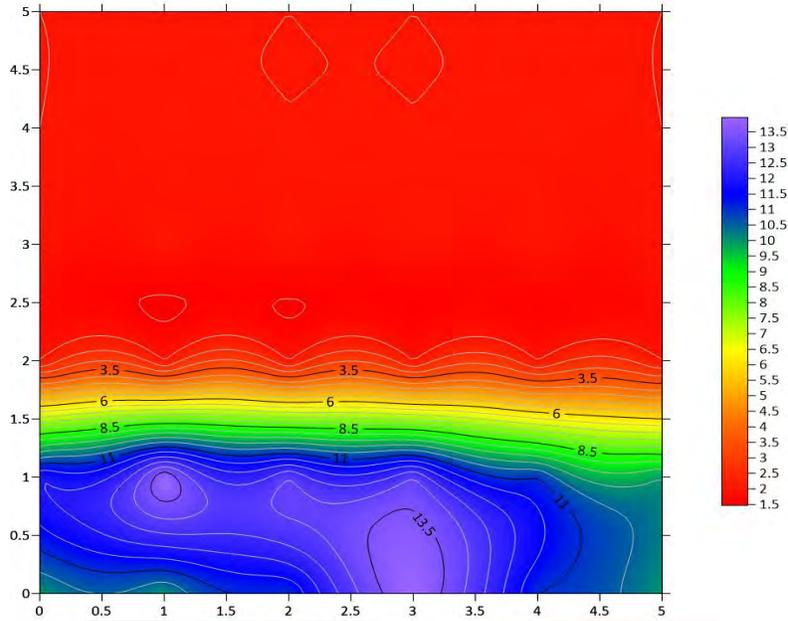
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 3 LADO A



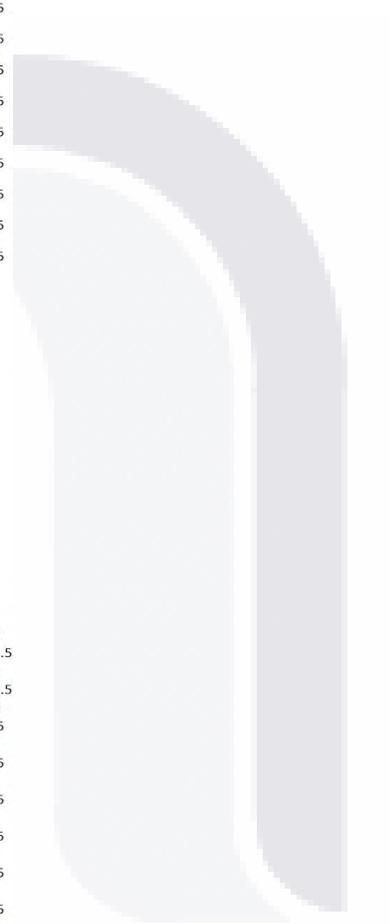
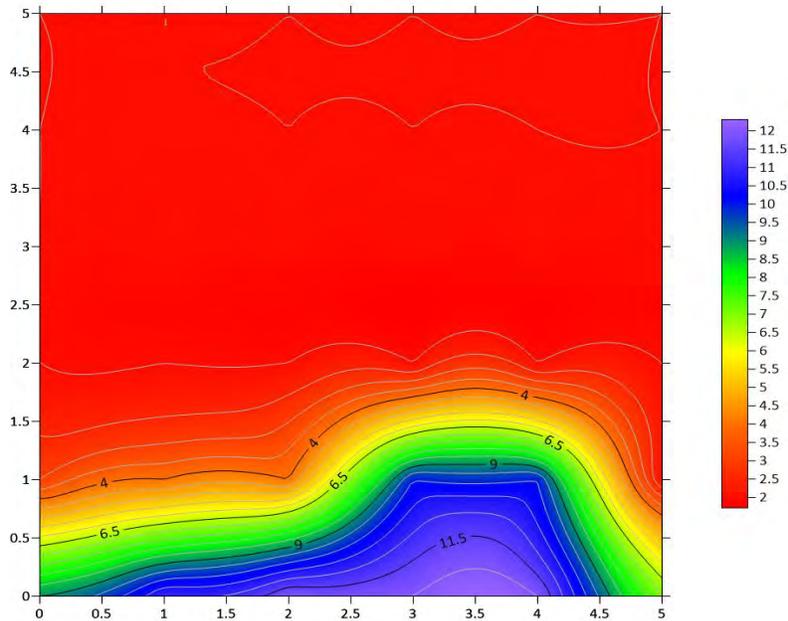
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 3 LADO B



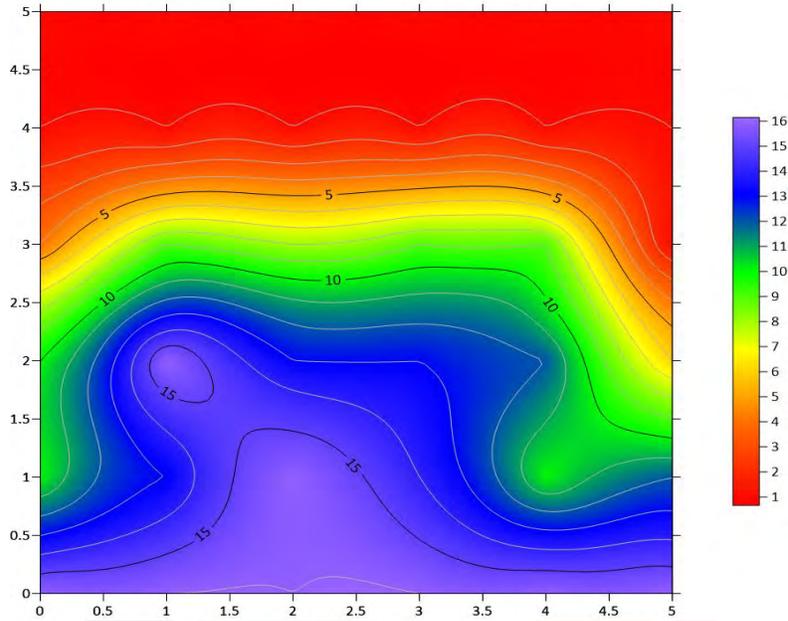
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 4 LADO A



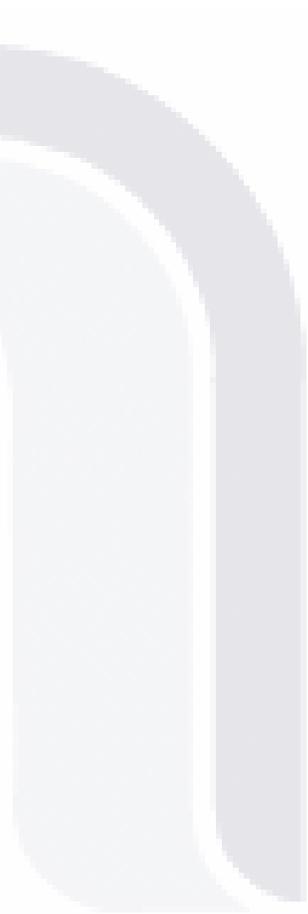
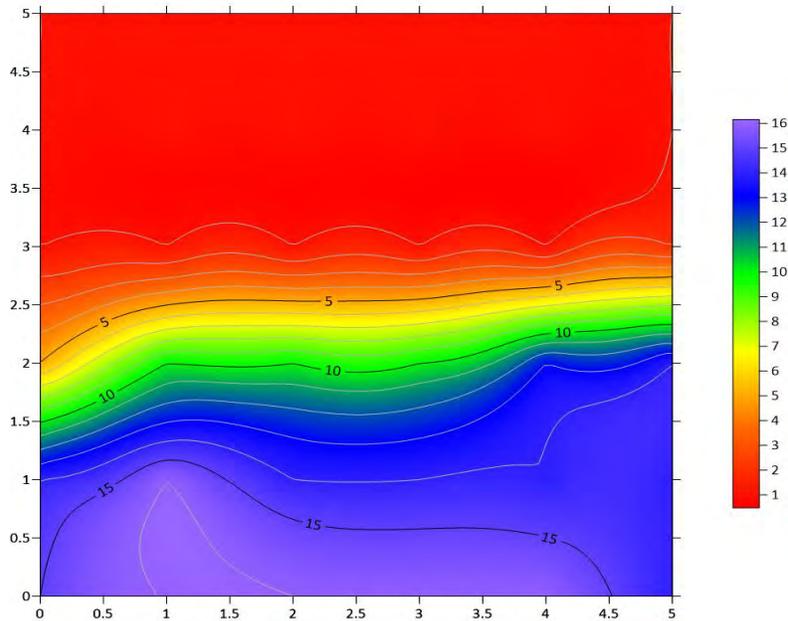
15:00 HRS 16/01/2023
MURO 4 LADO B



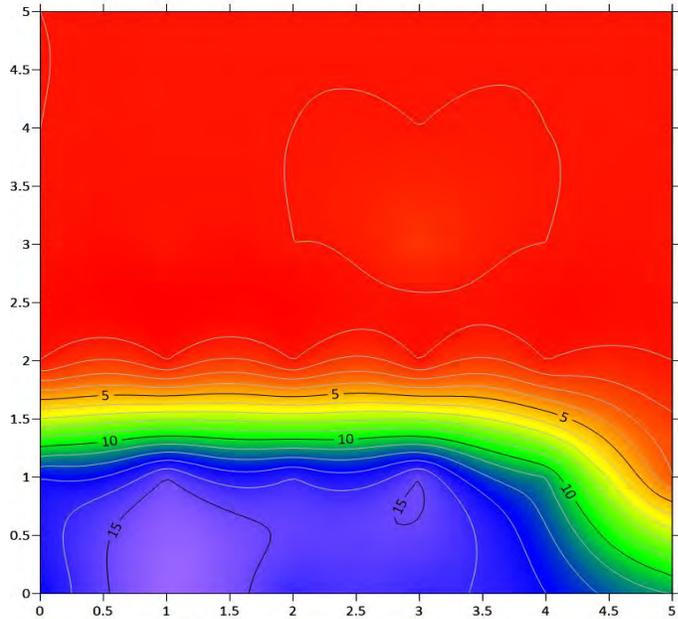
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 1 LADO A



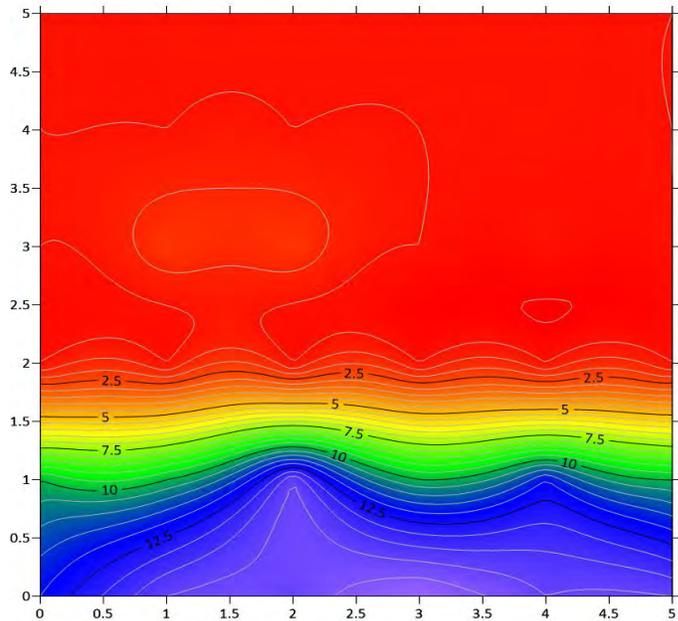
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 1 LADO B



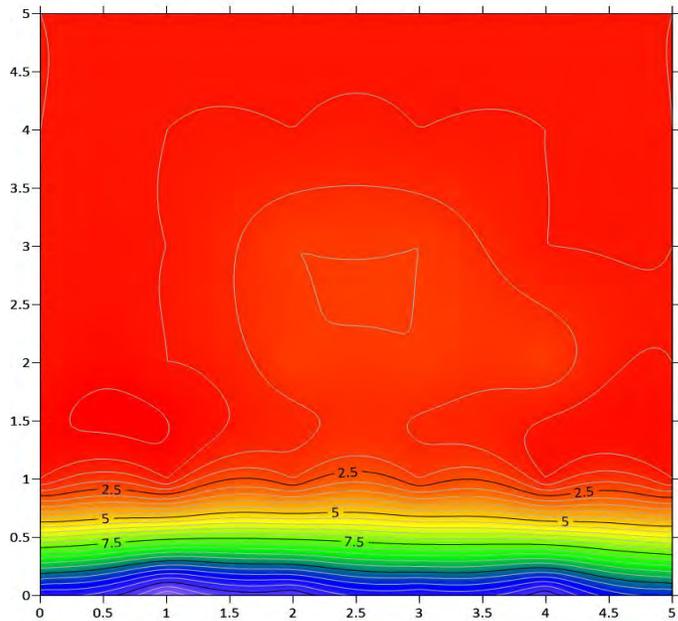
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 2 LADO A



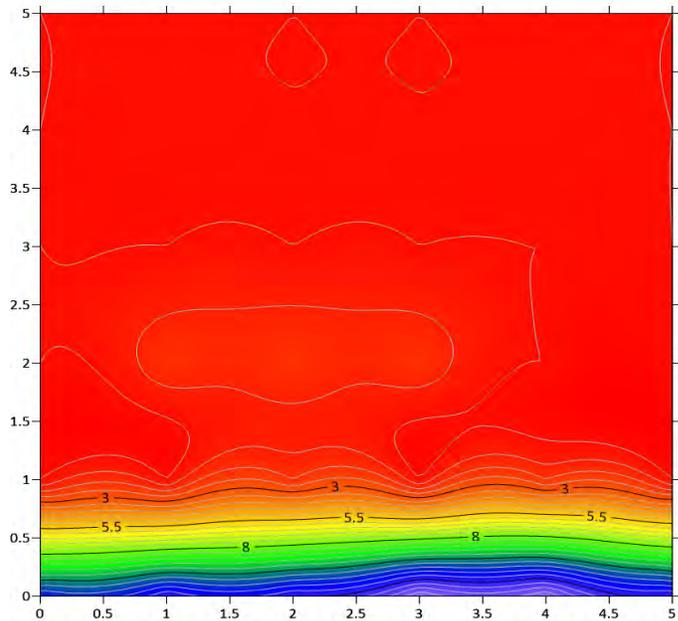
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 2 LADO B



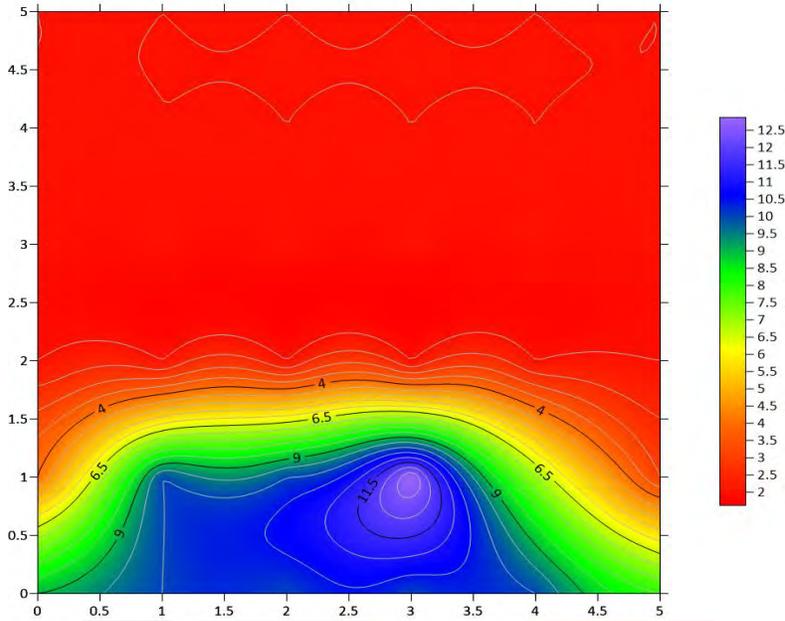
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 3 LADO A



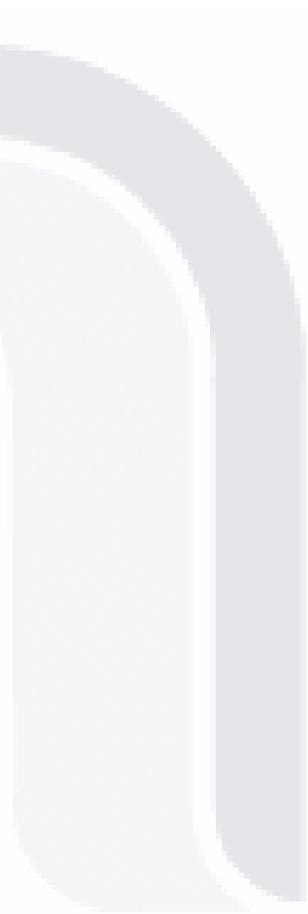
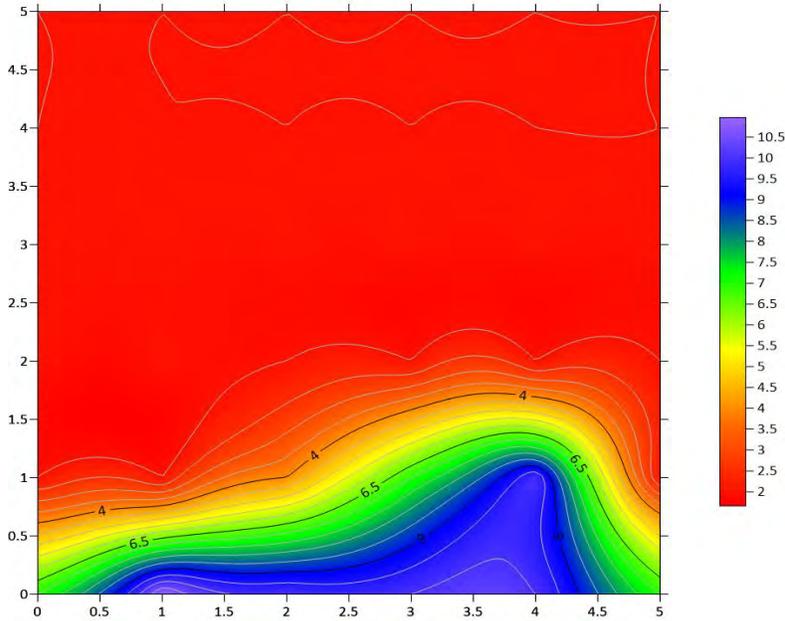
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 3 LADO B



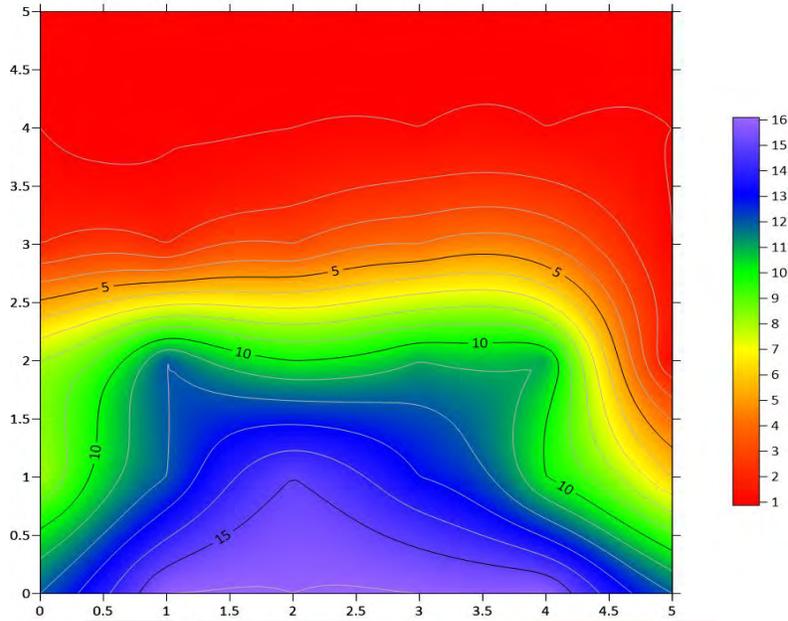
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 4 LADO A



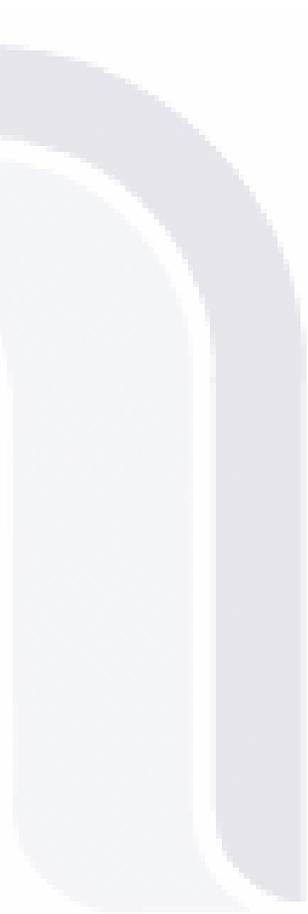
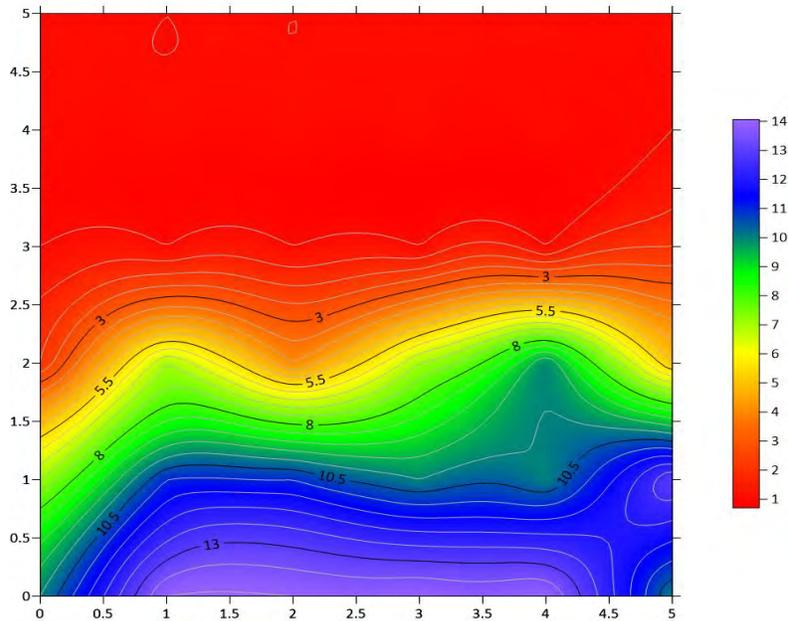
15:00 HRS 17/01/2023
MURO 4 LADO B



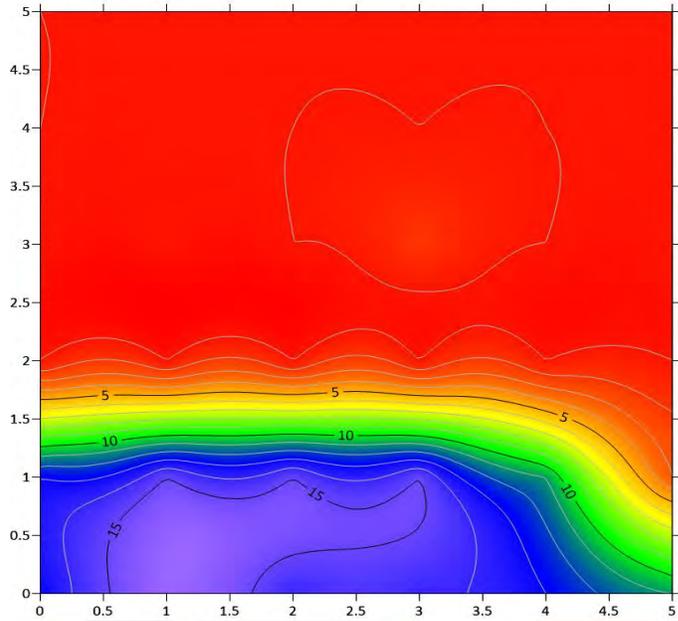
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 1 LADO A



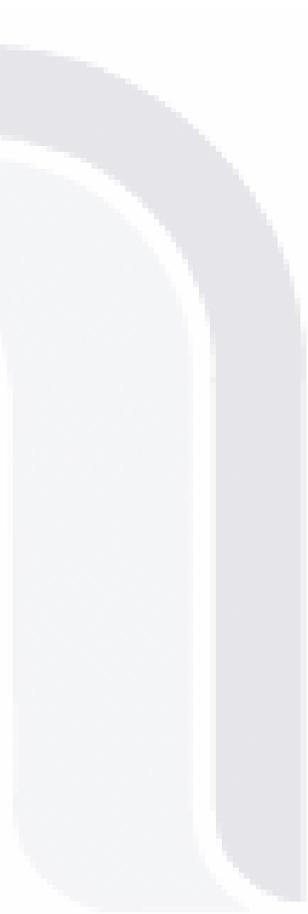
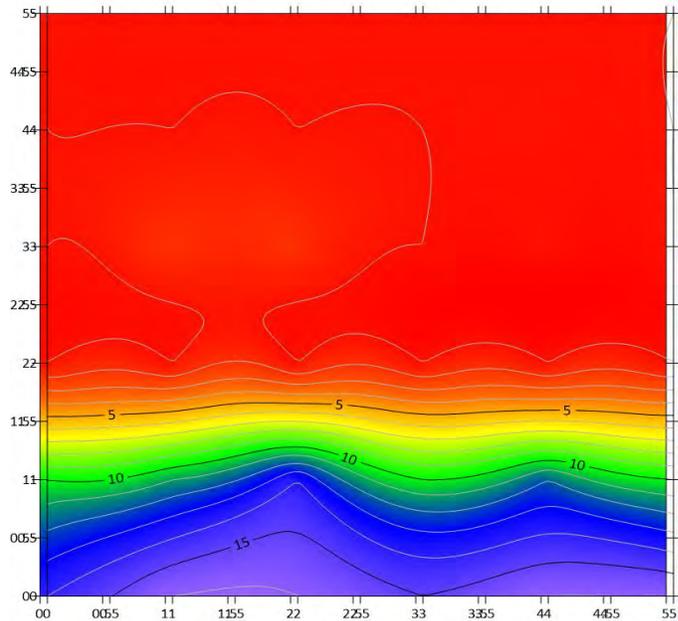
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 1 LADO B



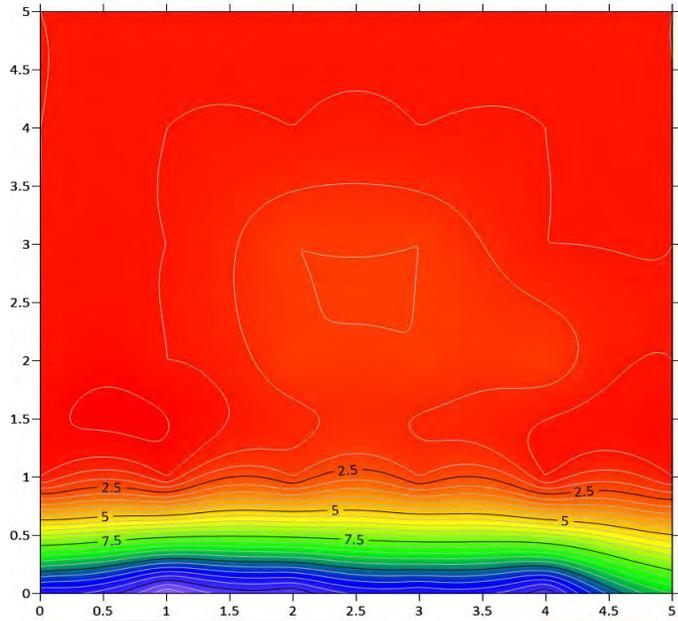
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 2 LADO A



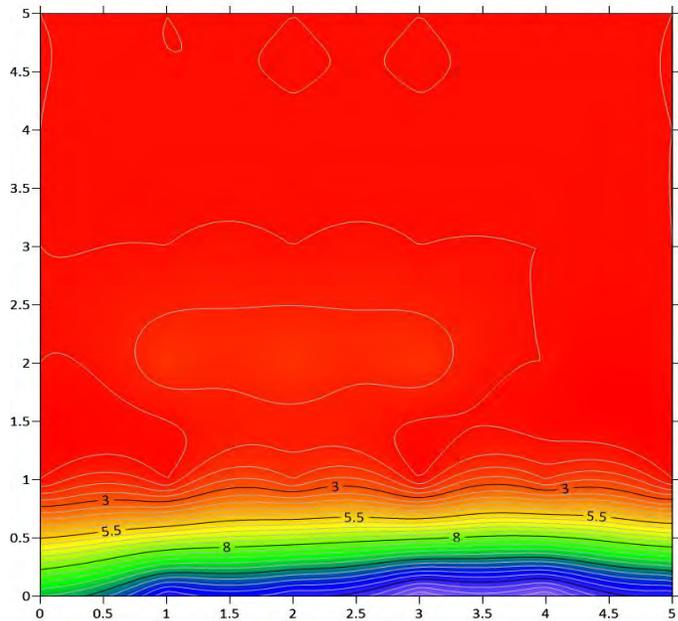
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 2 LADO B



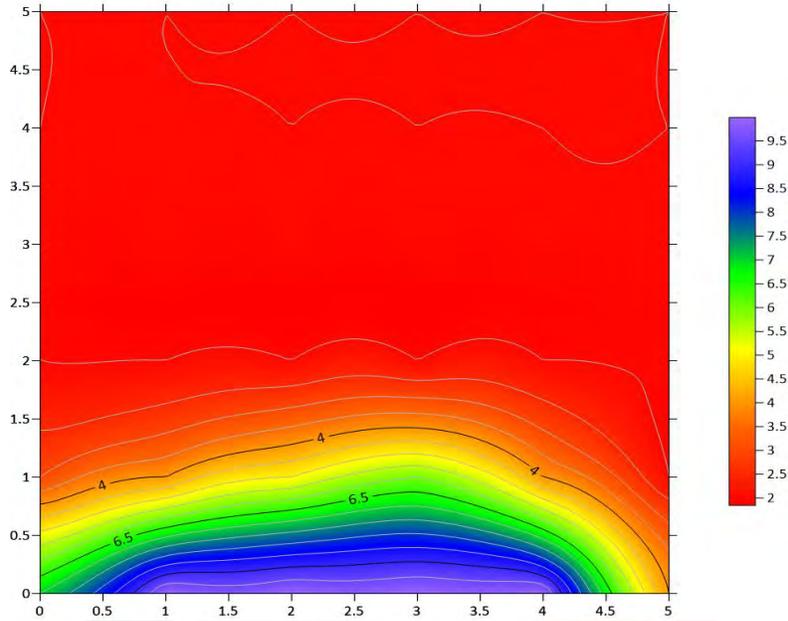
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 3 LADO A



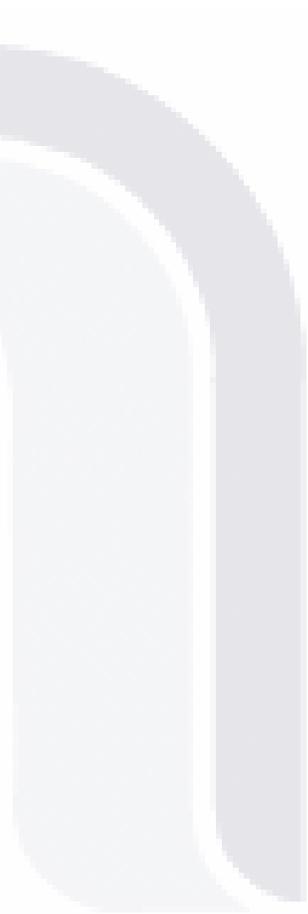
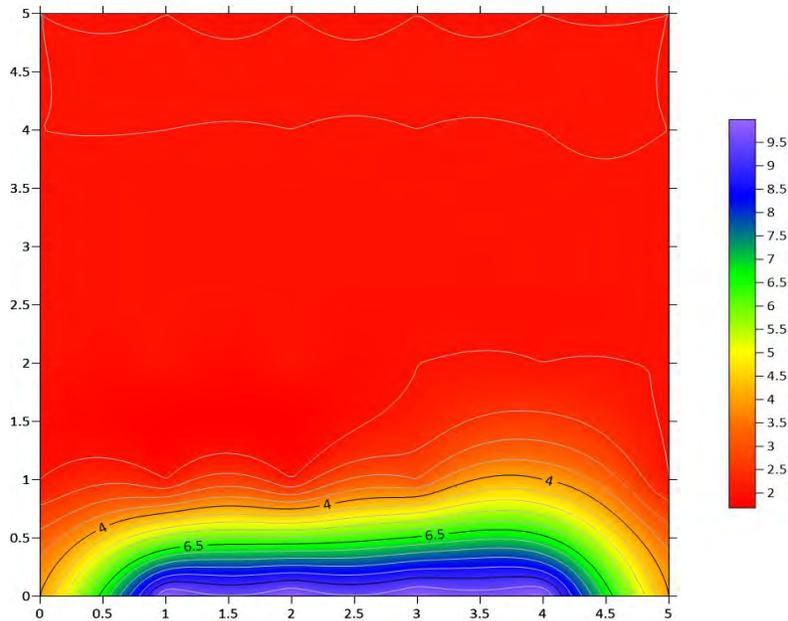
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 3 LADO B



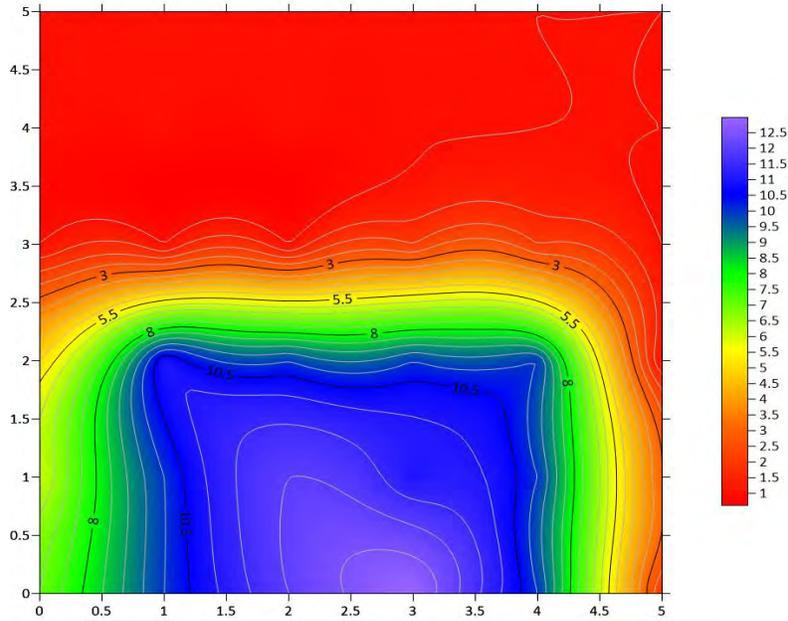
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 4 LADO A



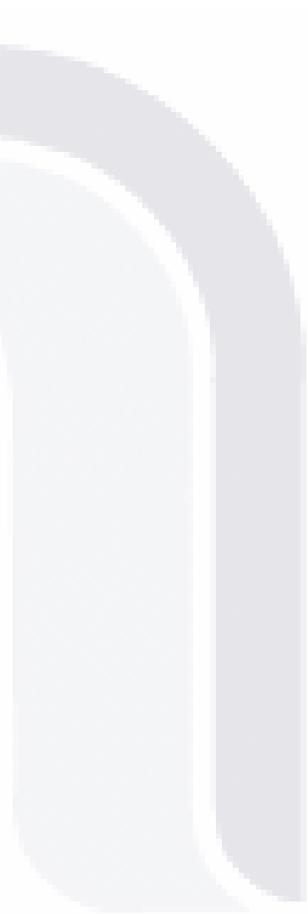
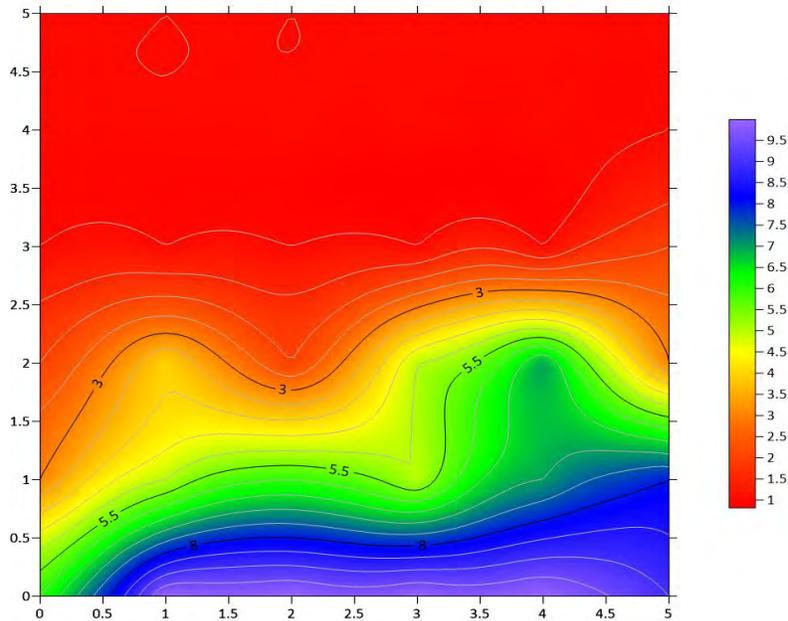
15:00 HRS 18/01/2023
MURO 4 LADO B



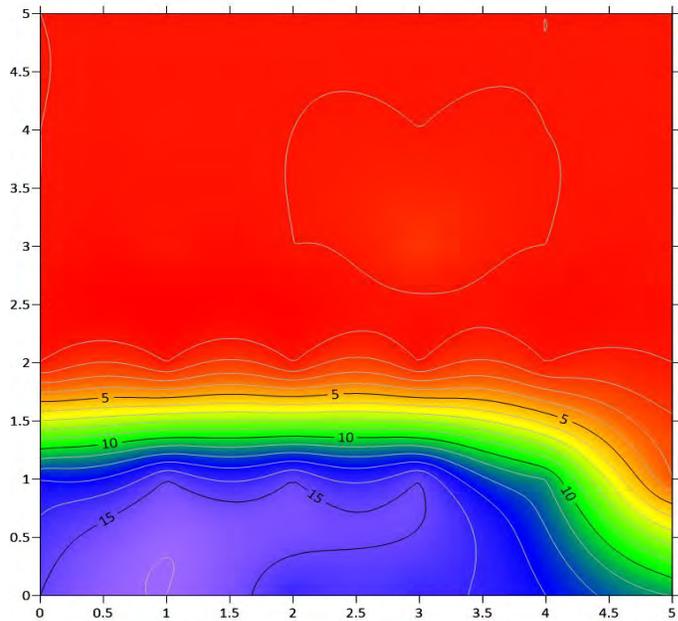
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 1 LADO A



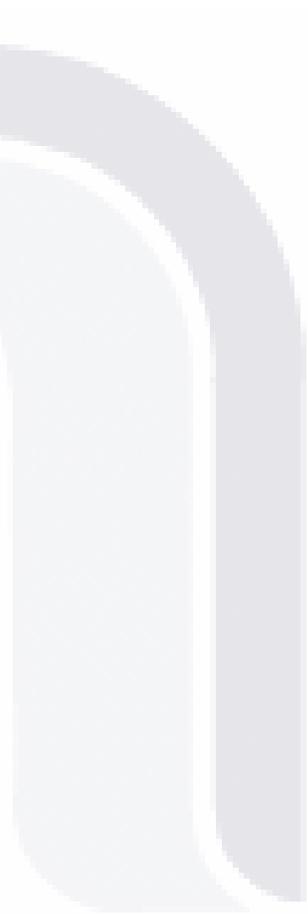
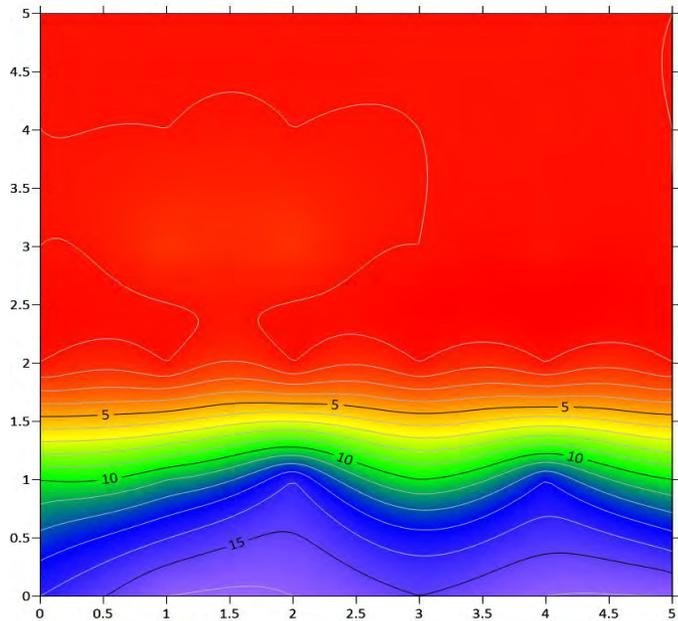
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 1 LADO B



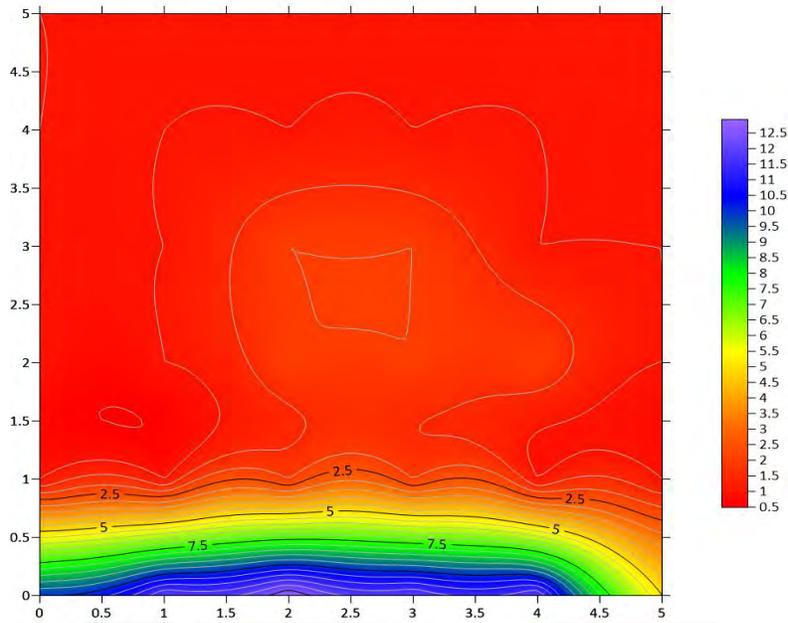
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 2 LADO A



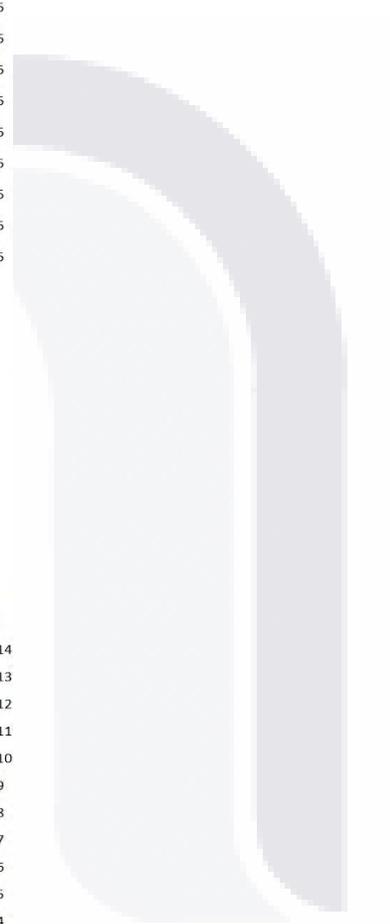
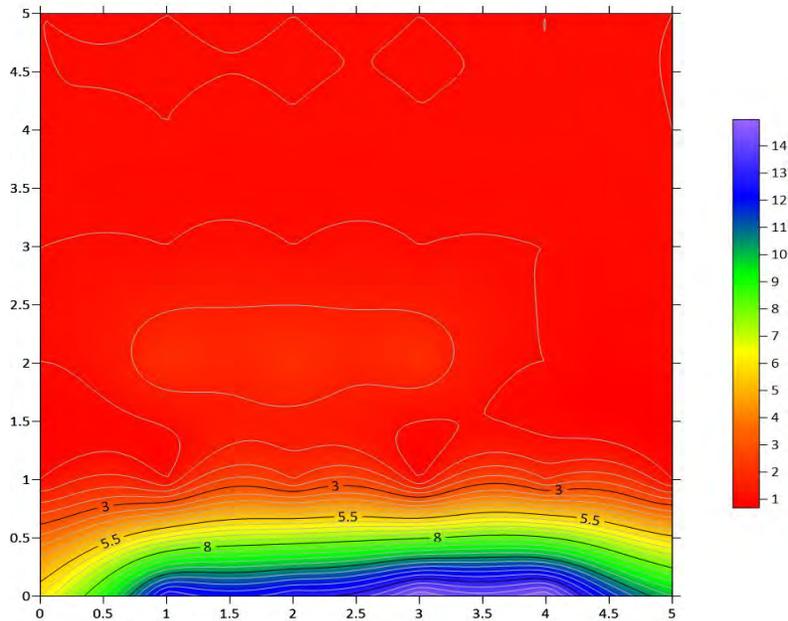
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 2 LADO B



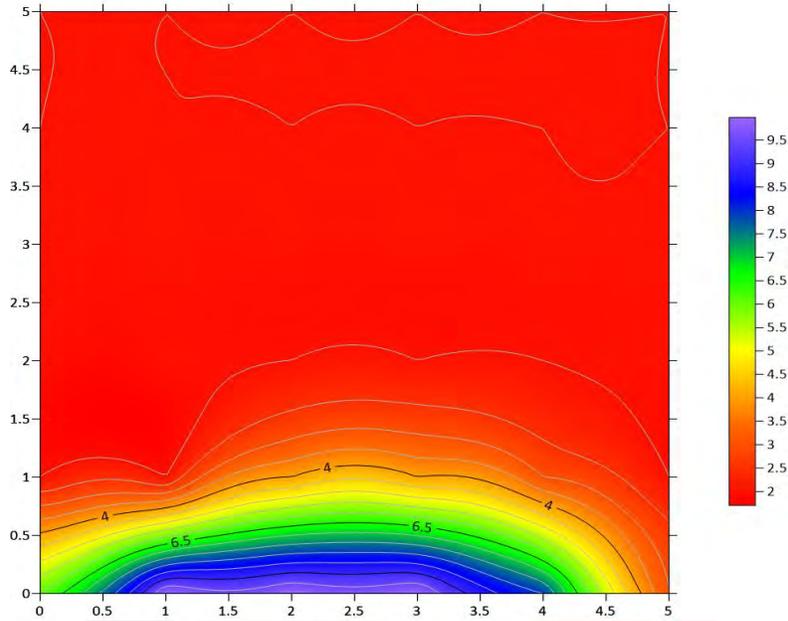
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 3 LADO A



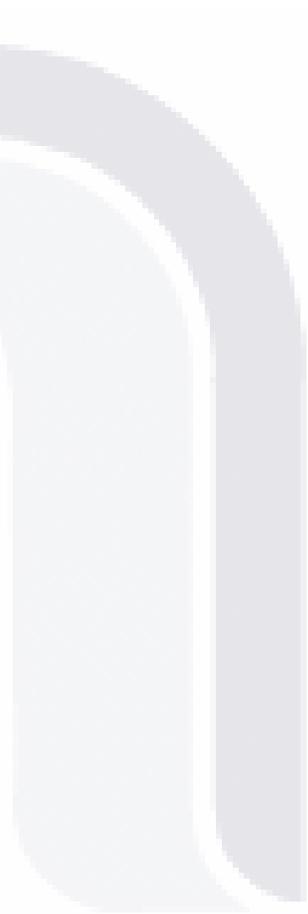
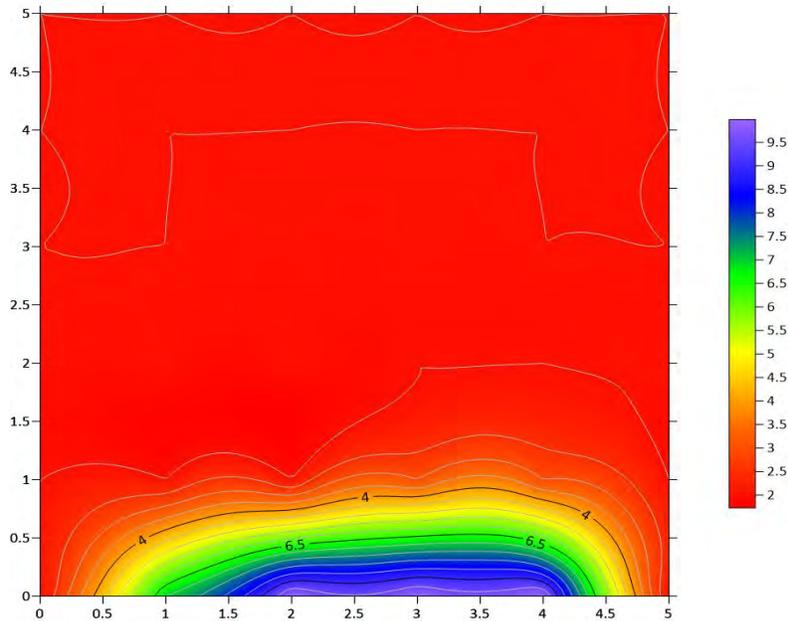
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 3 LADO B



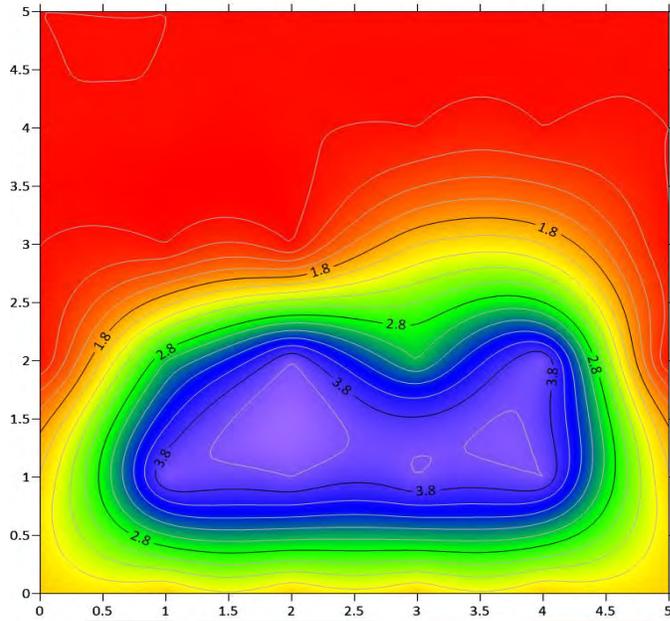
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 4 LADO A



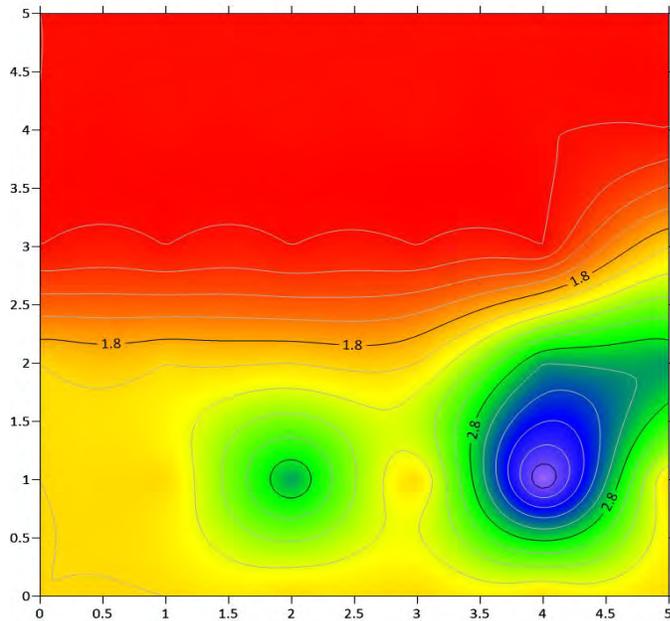
15:00 HRS 19/01/2023
MURO 4 LADO B



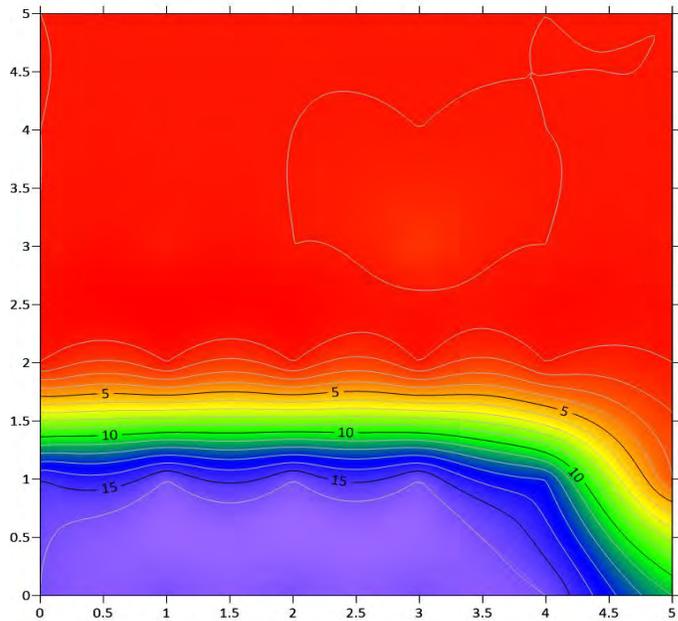
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 1 LADO A



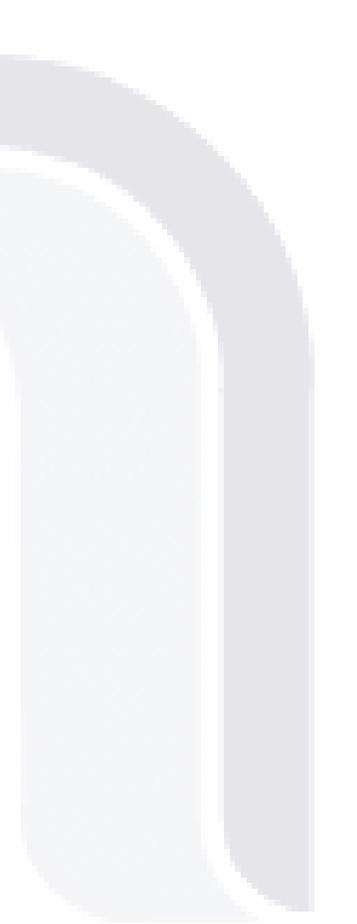
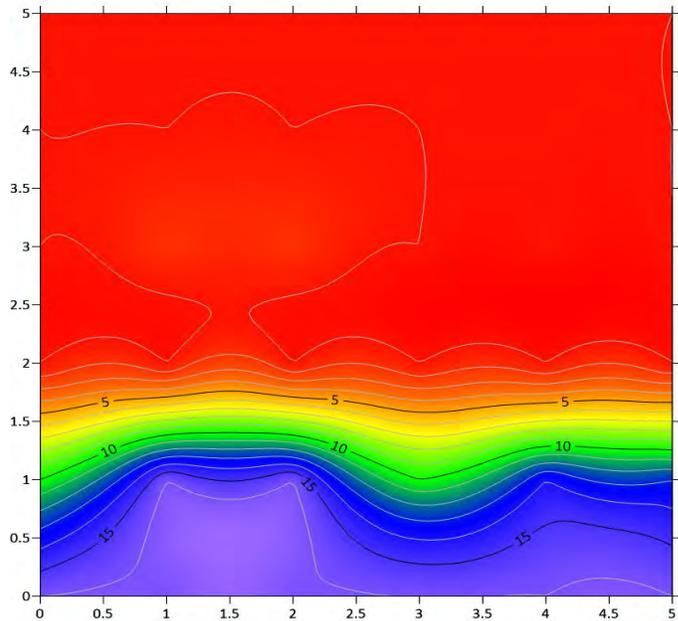
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 1 LADO B



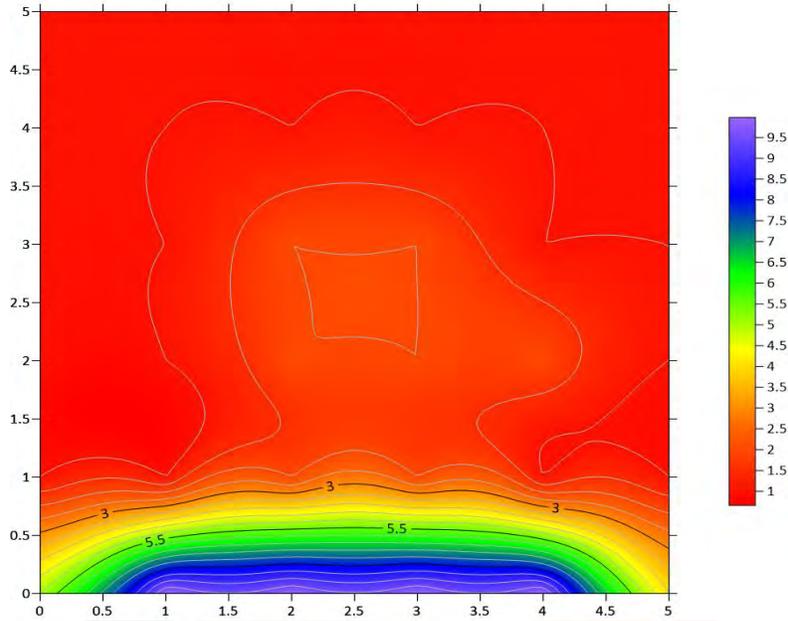
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 2 LADO A



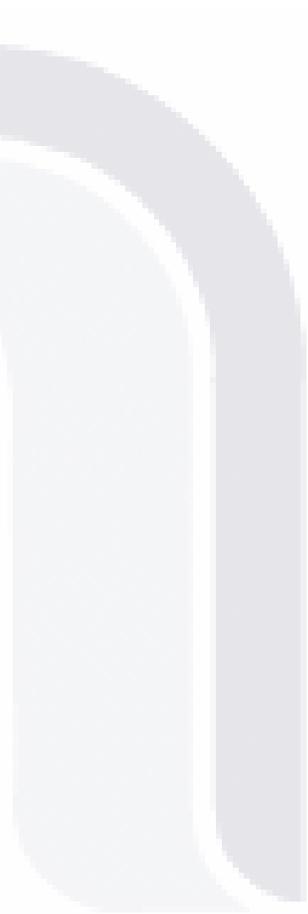
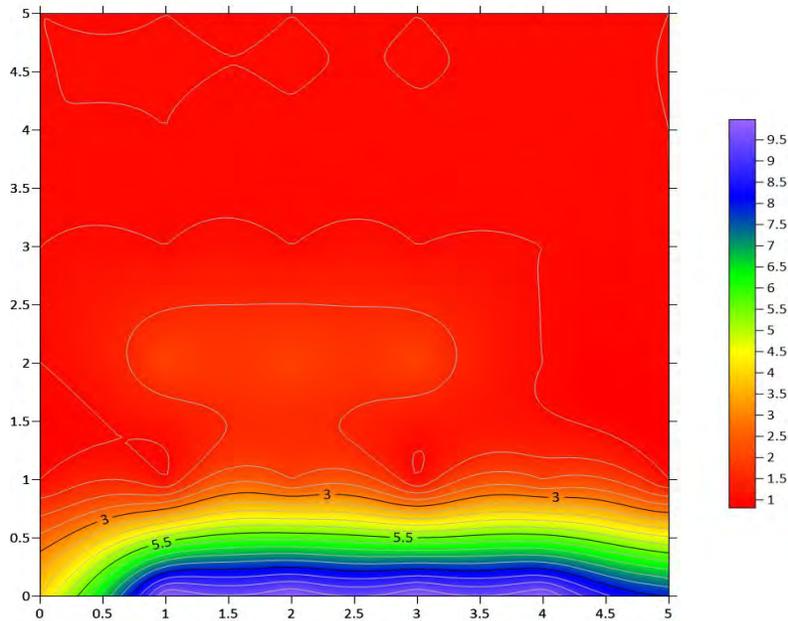
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 2 LADO B



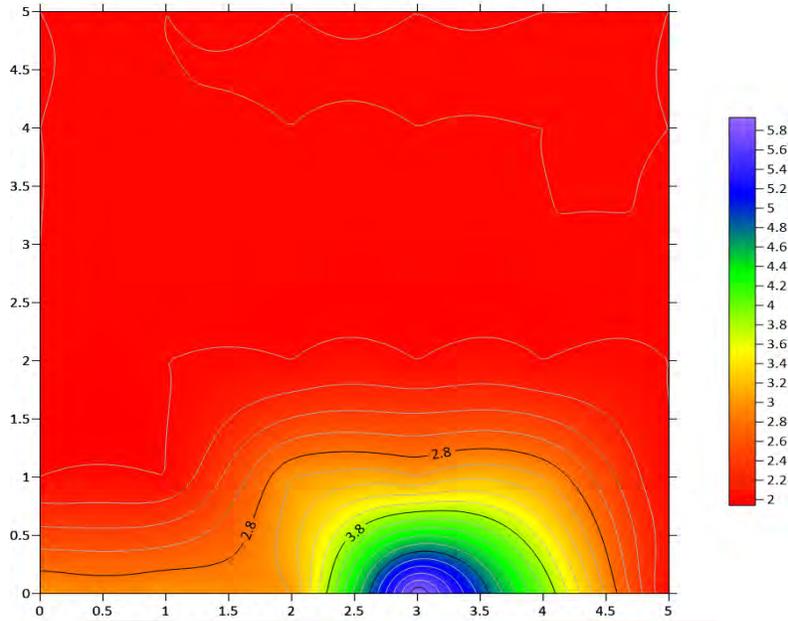
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 3 LADO A



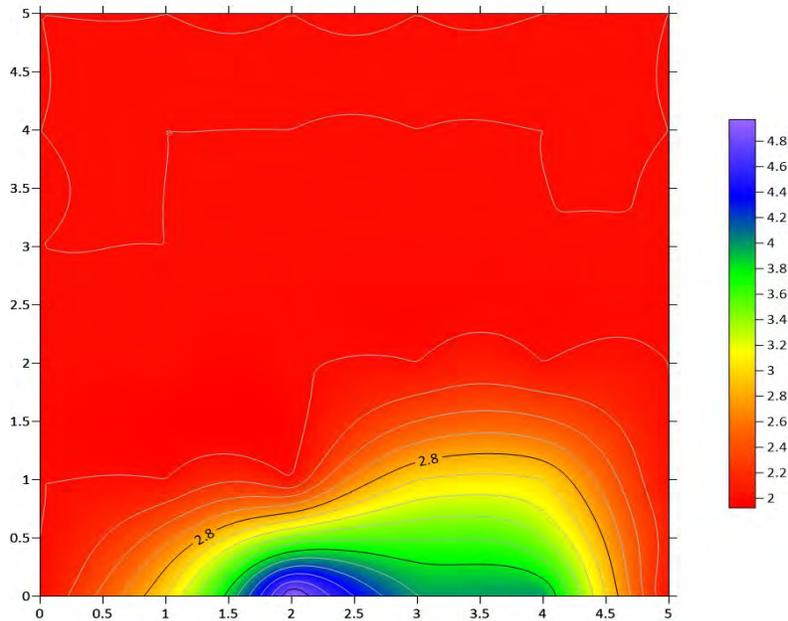
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 3 LADO B



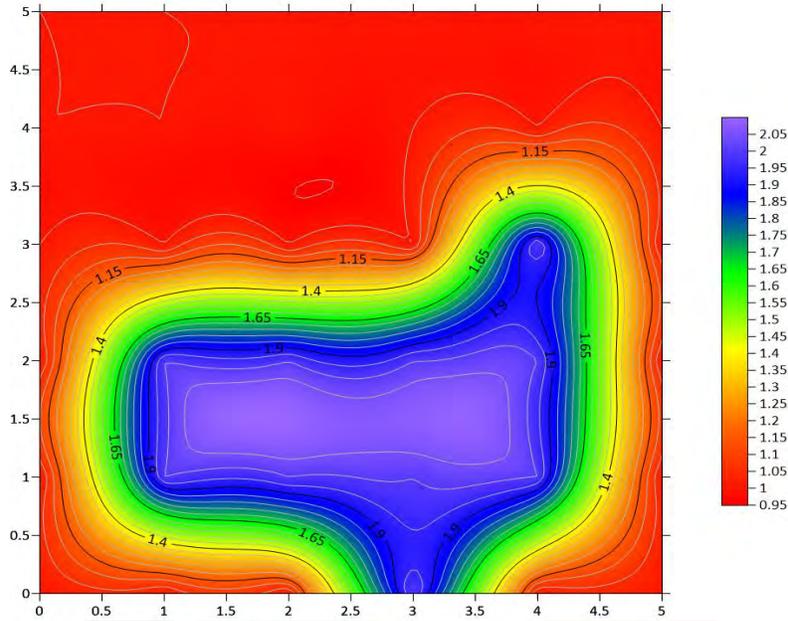
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 4 LADO A



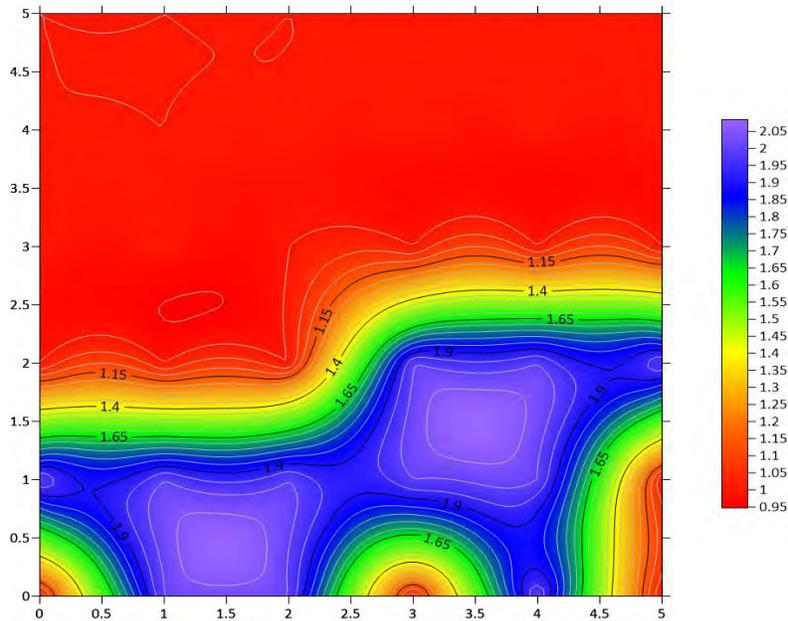
15:00 HRS 23/01/2023
MURO 4 LADO B



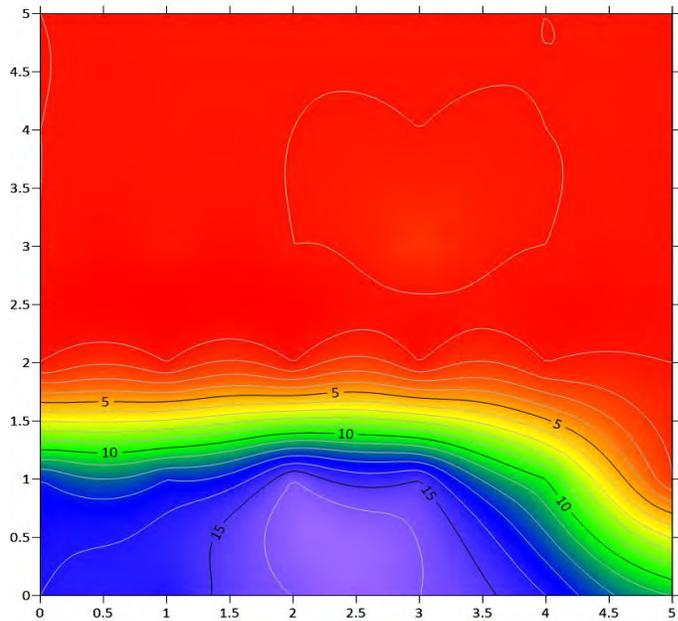
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 1 LADO A



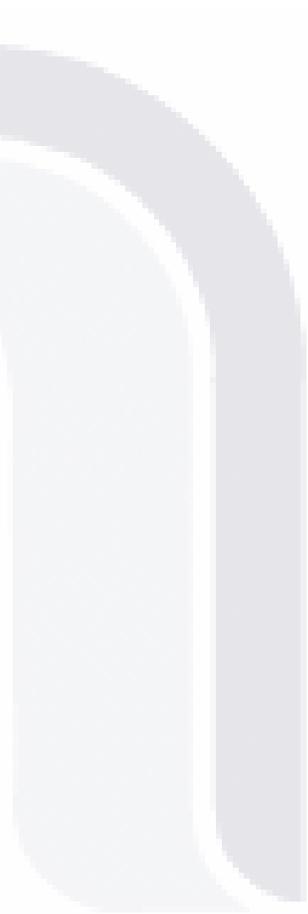
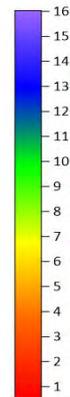
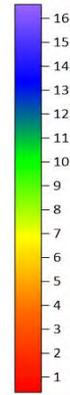
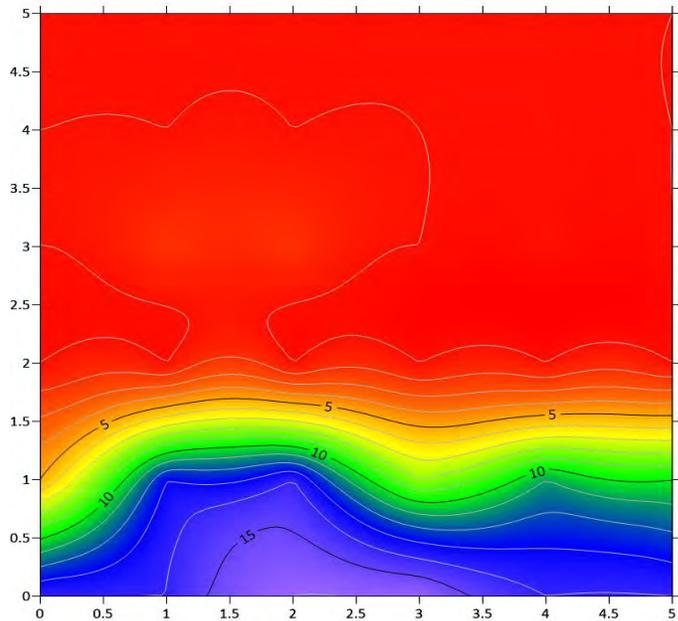
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 1 LADO B



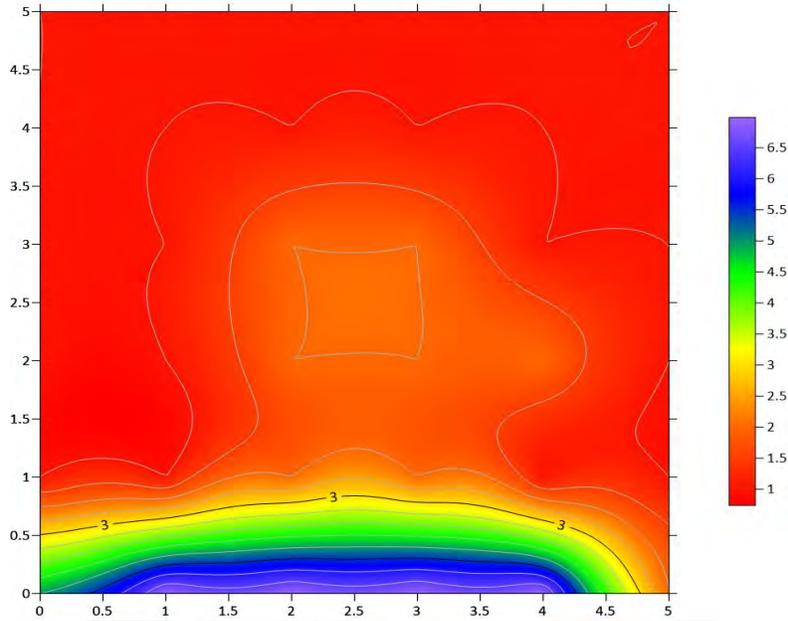
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 2 LADO A



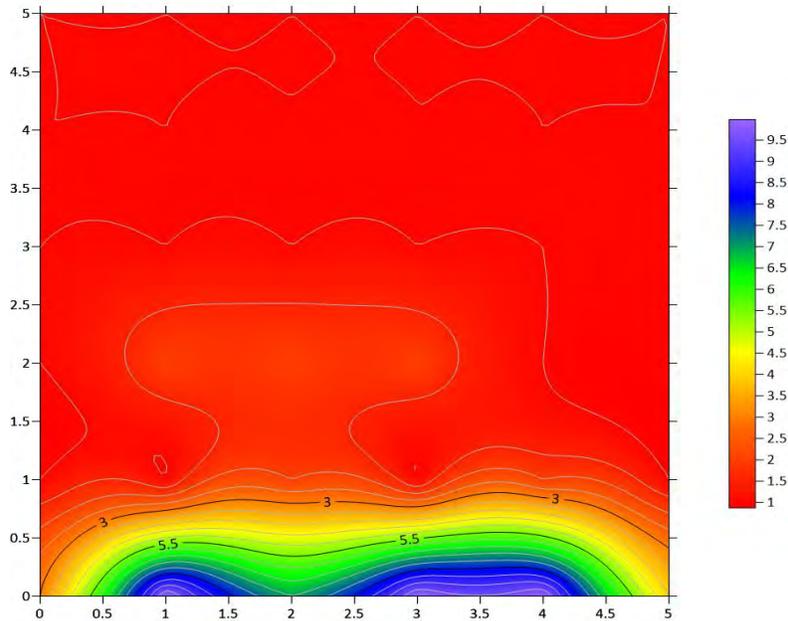
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 2 LADO B



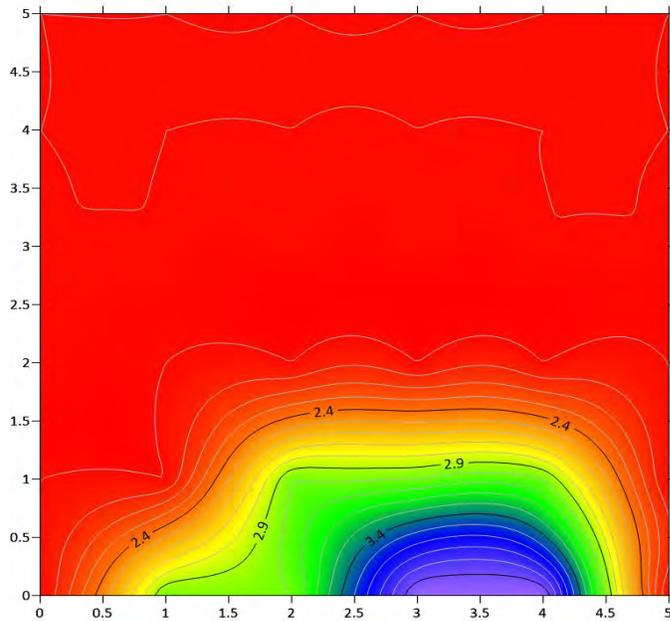
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 3 LADO A



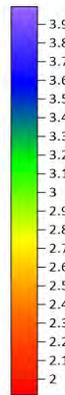
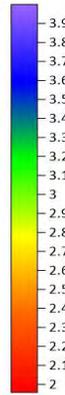
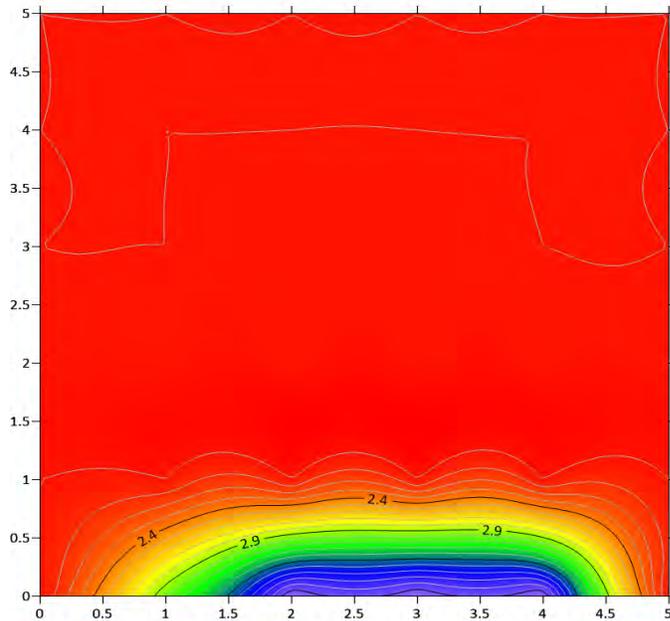
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 3 LADO B



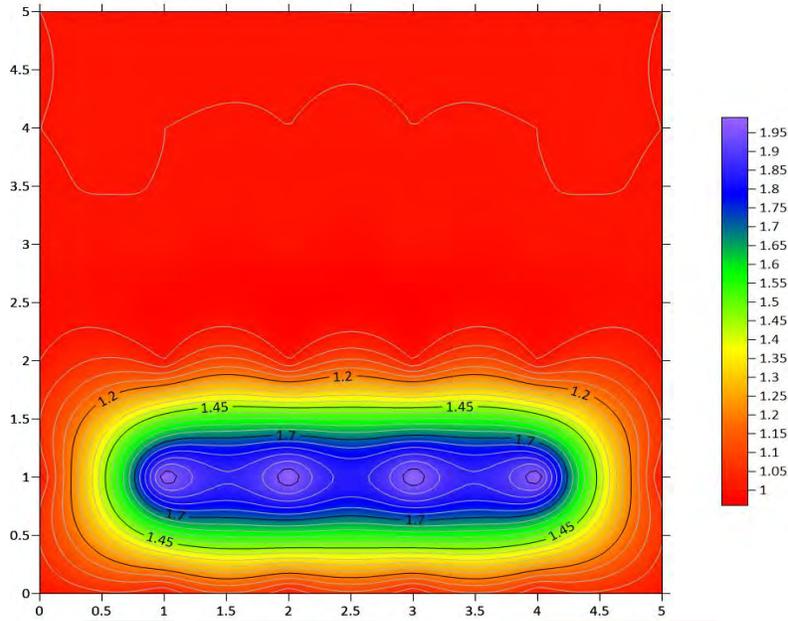
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 4 LADO A



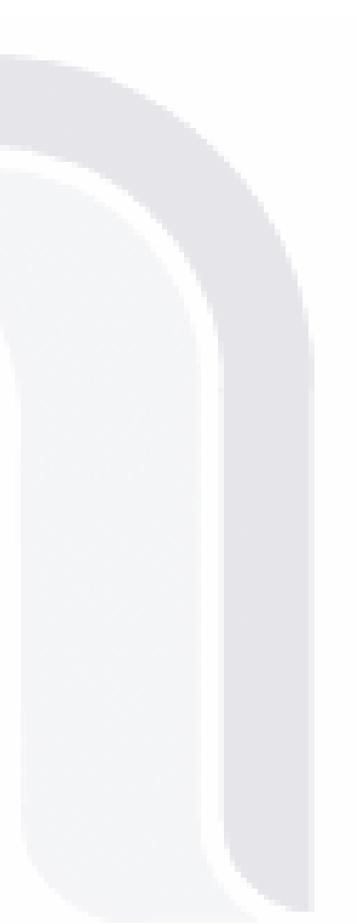
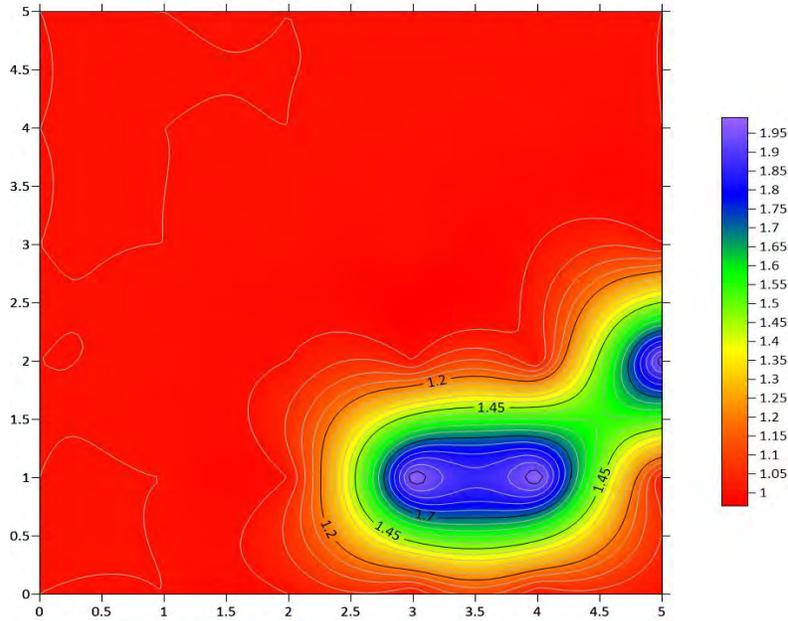
15:00 HRS 24/01/2023
MURO 4 LADO B



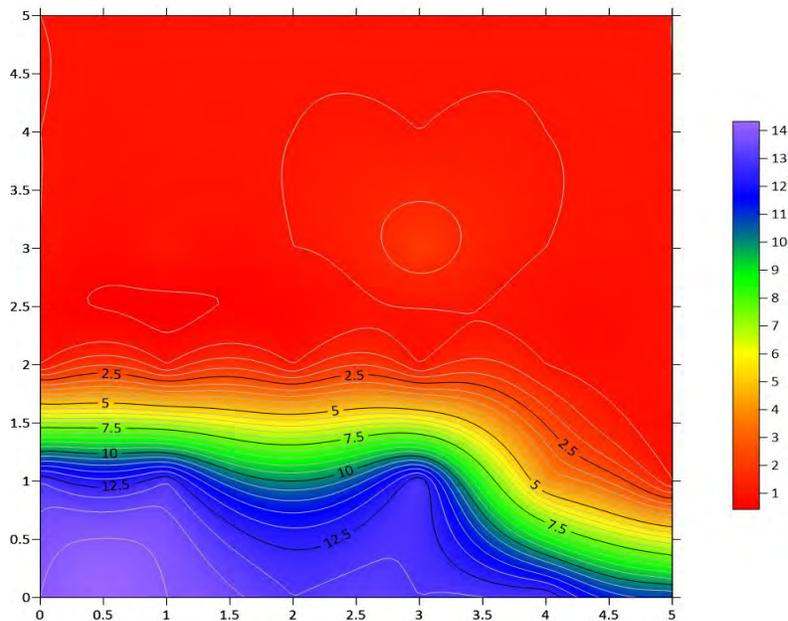
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 1 LADO A



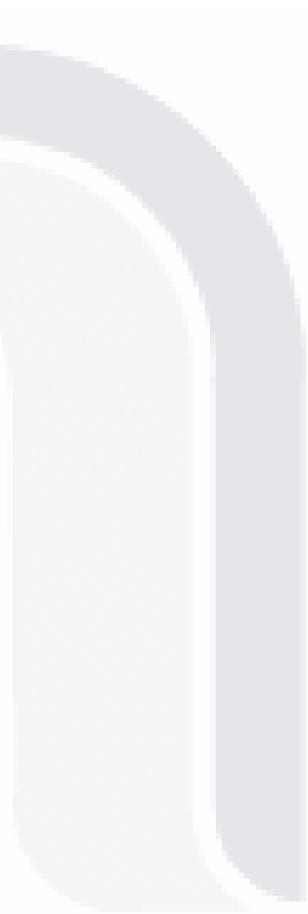
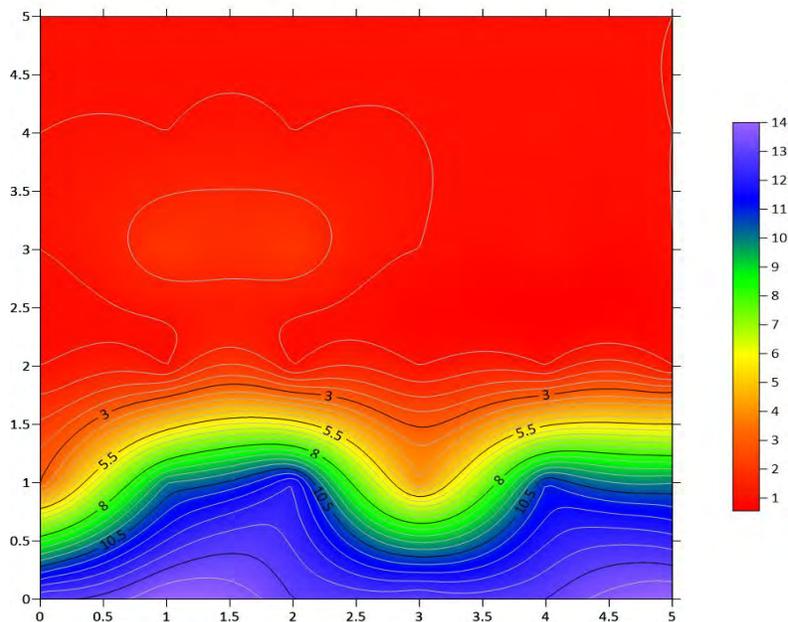
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 1 LADO B



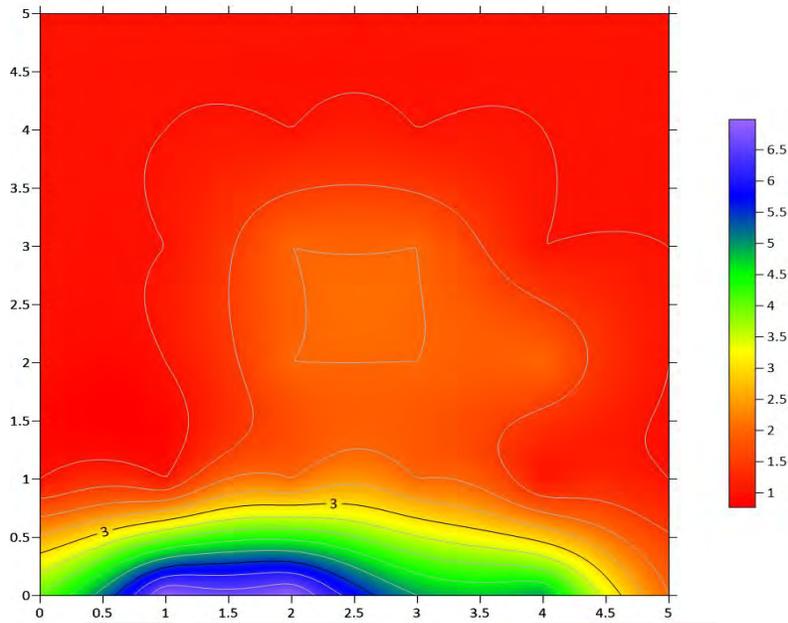
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 2 LADO A



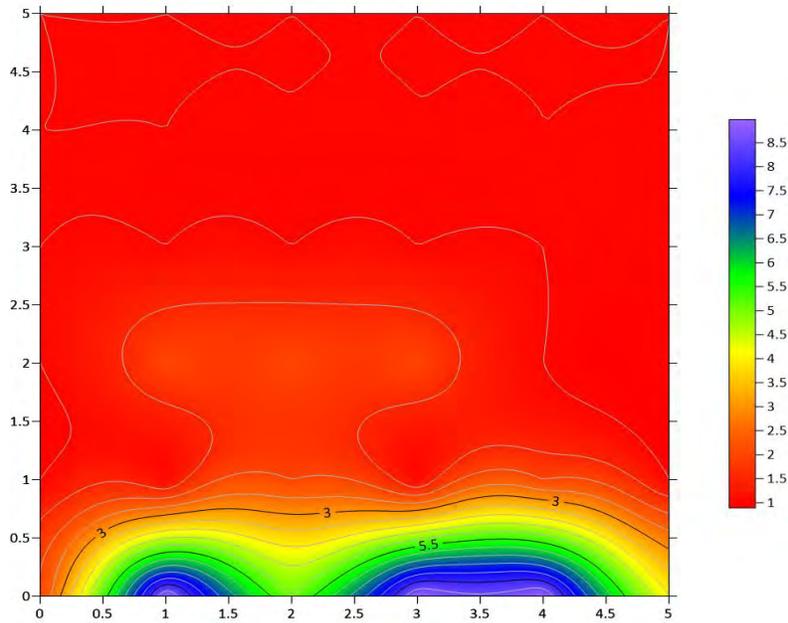
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 2 LADO B



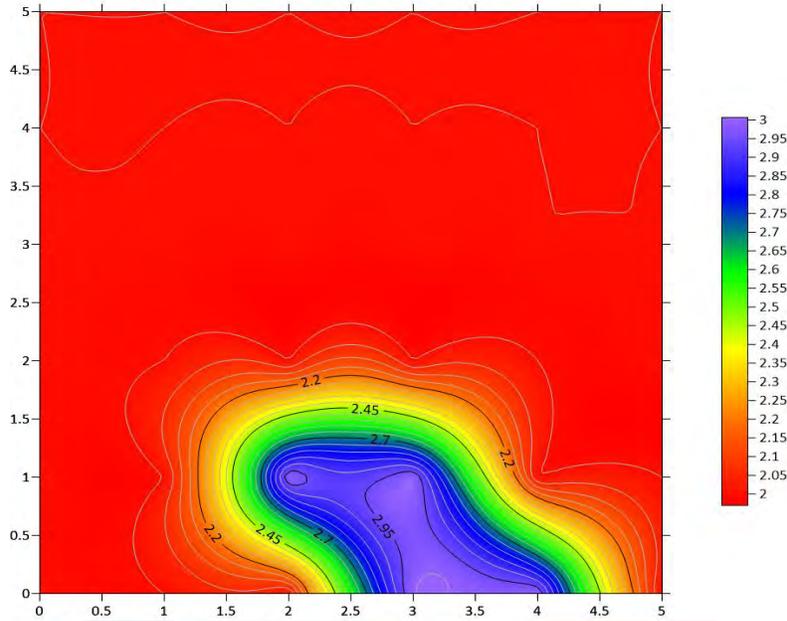
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 3 LADO A



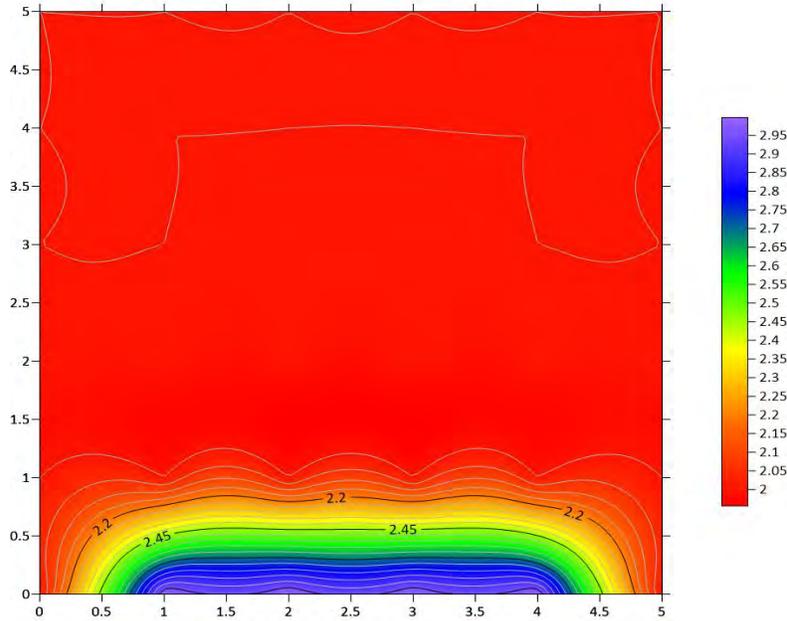
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 3 LADO B



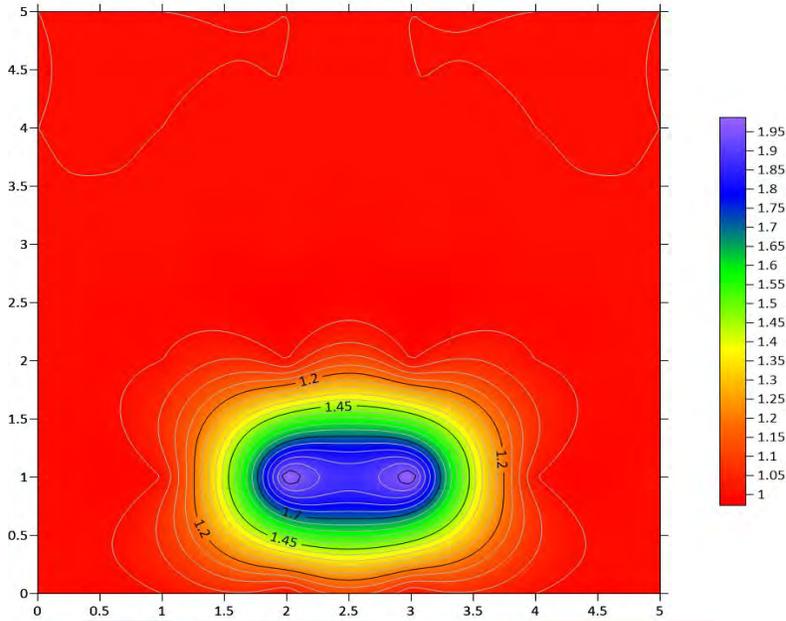
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 4 LADO A



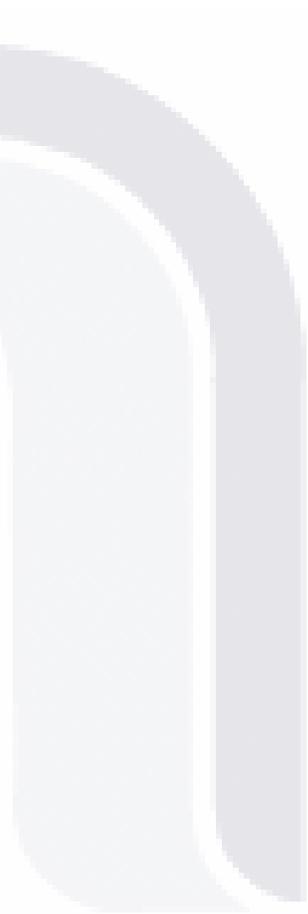
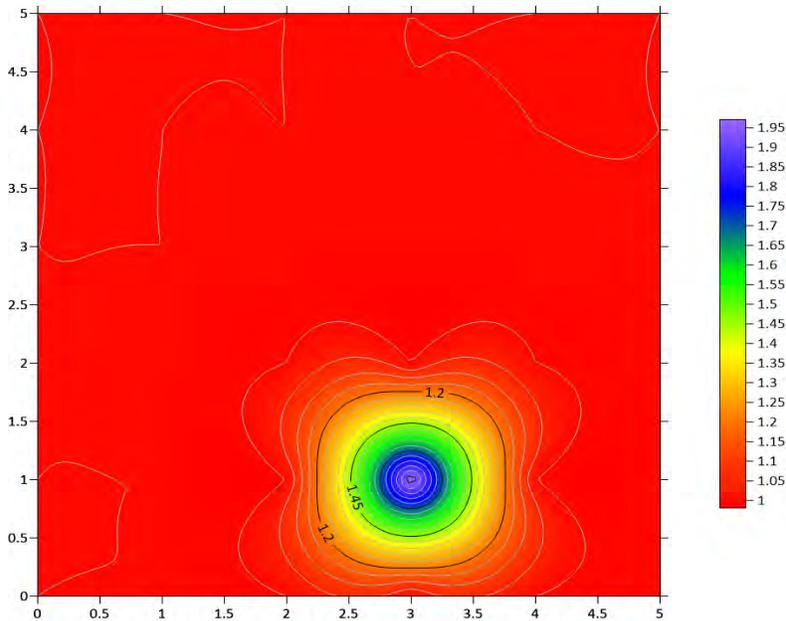
15:00 HRS 25/01/2023
MURO 4 LADO B



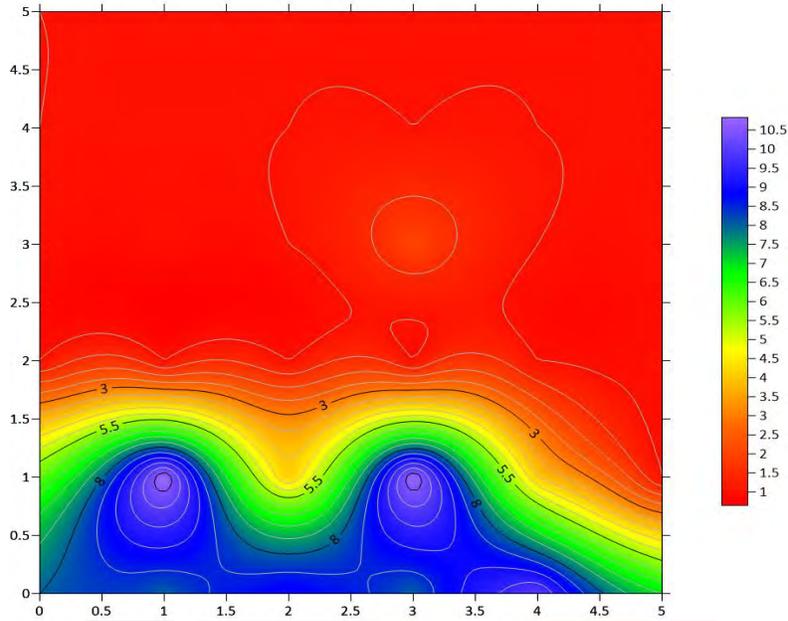
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 1 LADO A



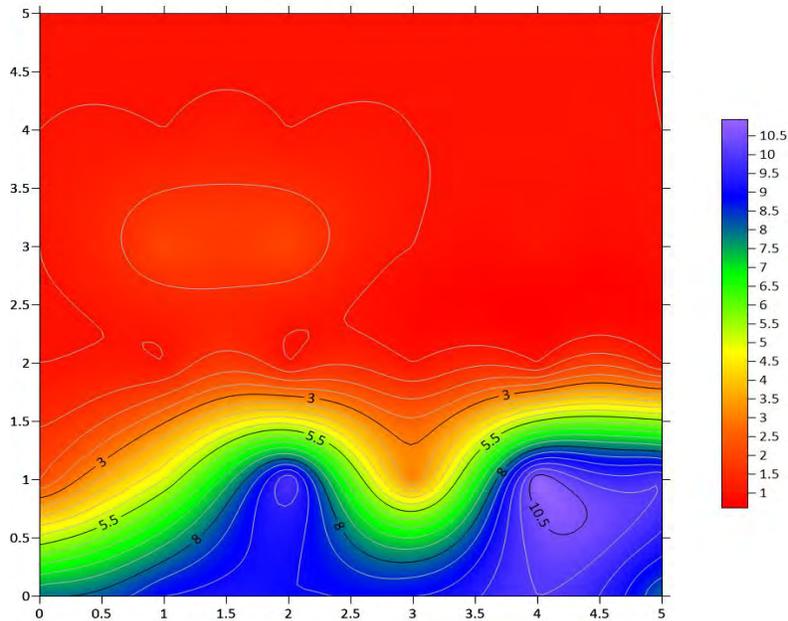
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 1 LADO B



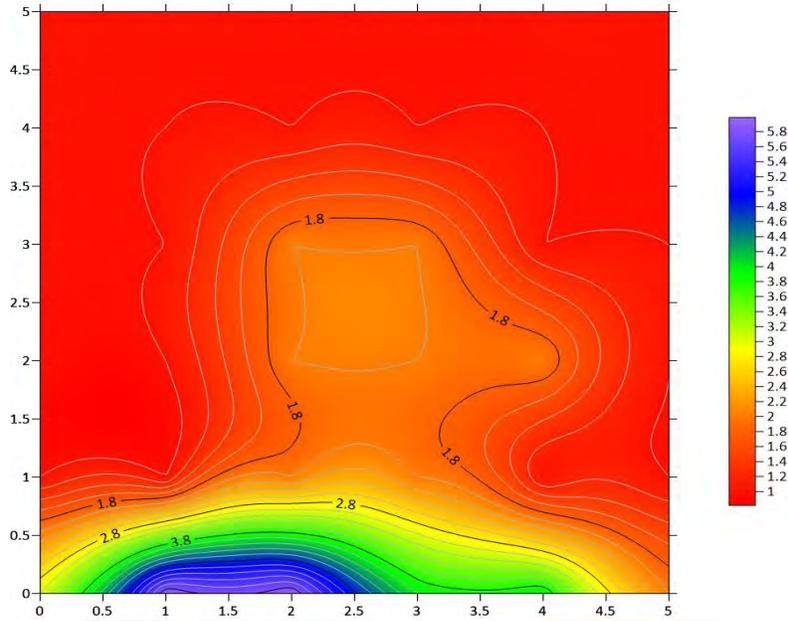
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 2 LADO A



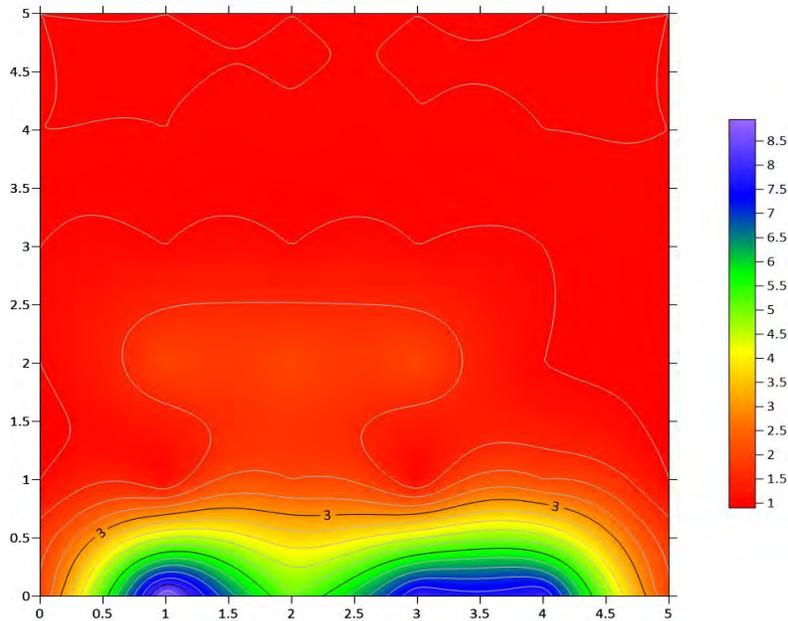
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 2 LADO B



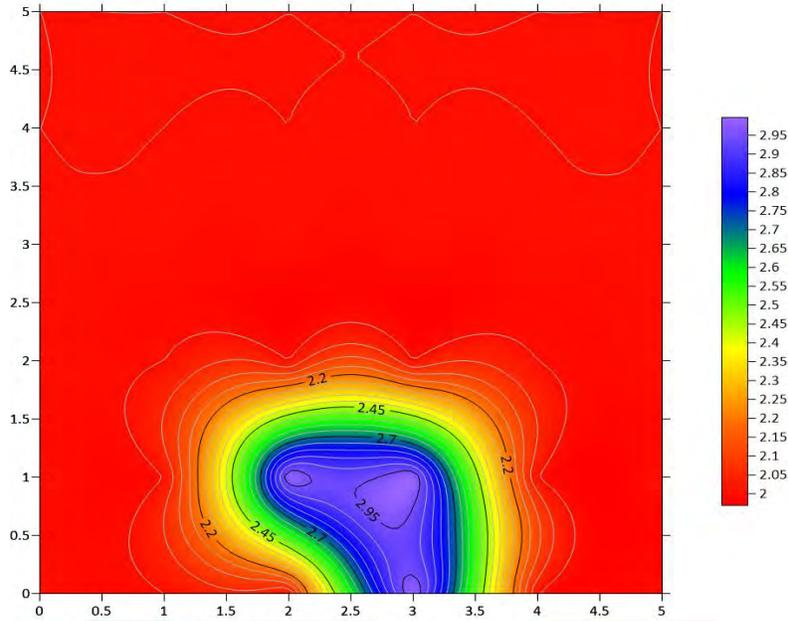
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 3 LADO A



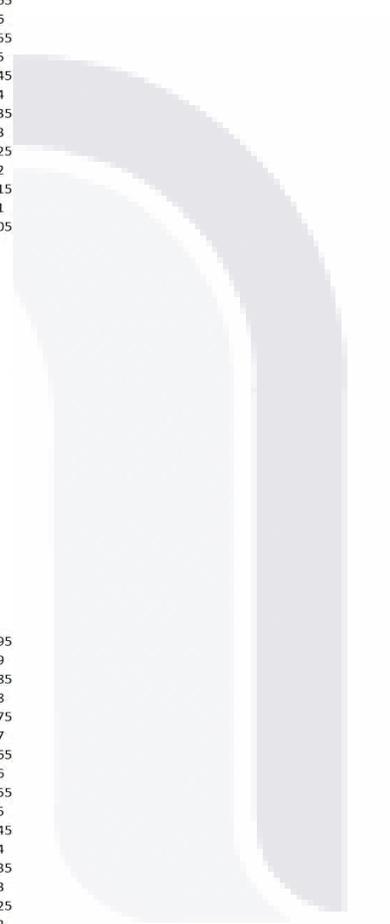
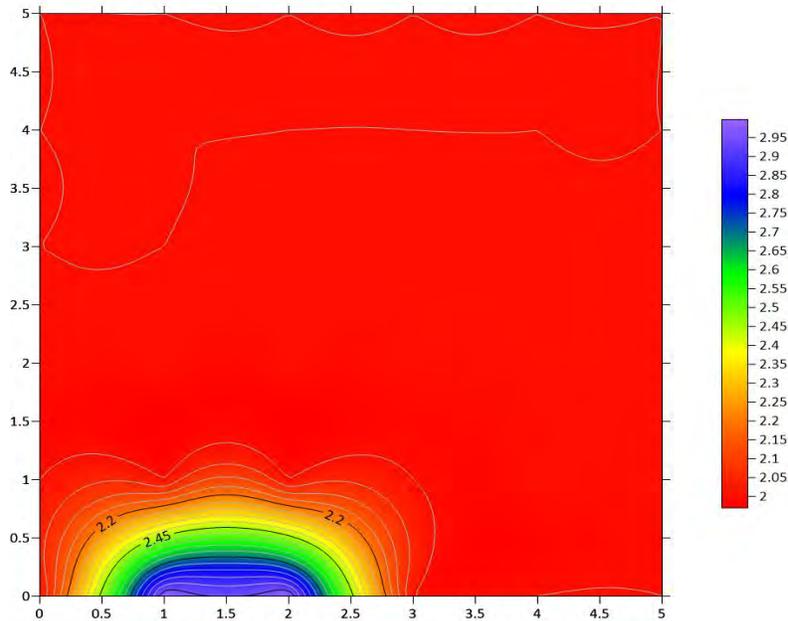
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 3 LADO B



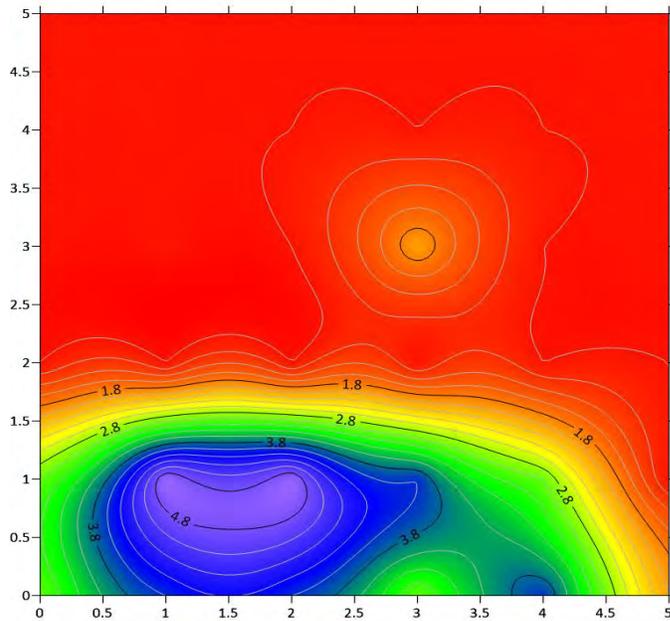
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 4 LADO A



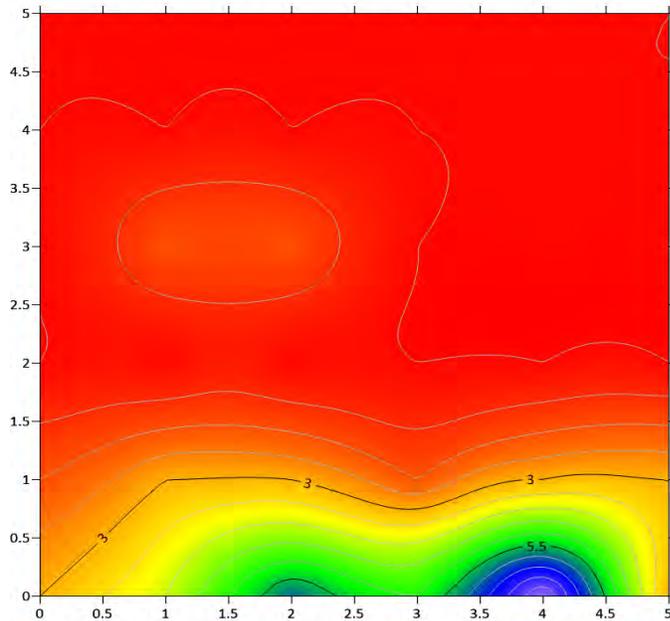
15:00 HRS 26/01/2023
MURO 4 LADO B



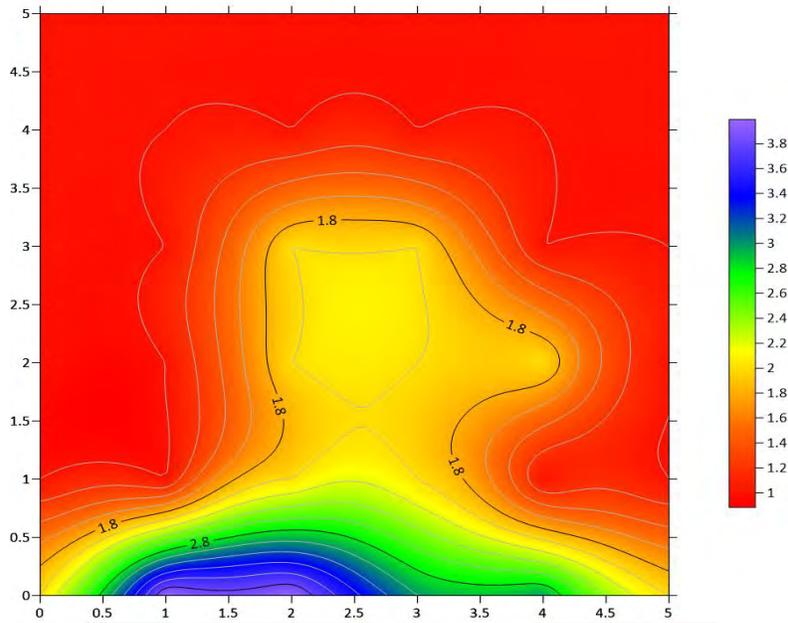
15:00 HRS 30/01/2023
MURO 2 LADO A



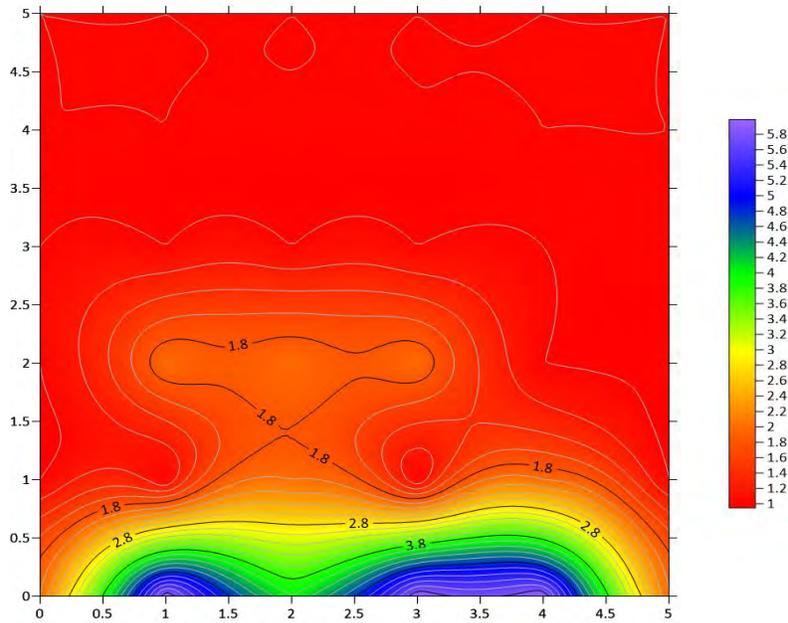
15:00 HRS 30/01/2023
MURO 2 LADO B



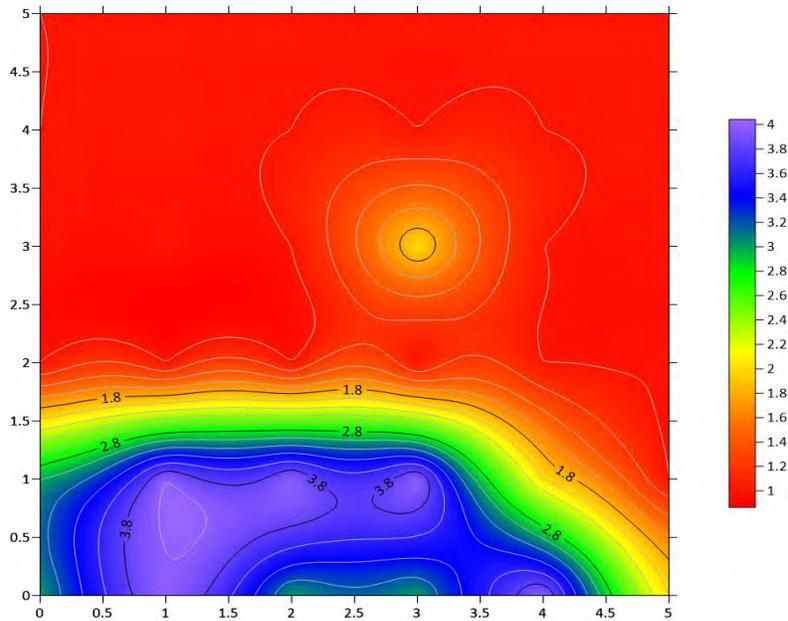
15:00 HRS 30/01/2023
MURO 3 LADO A



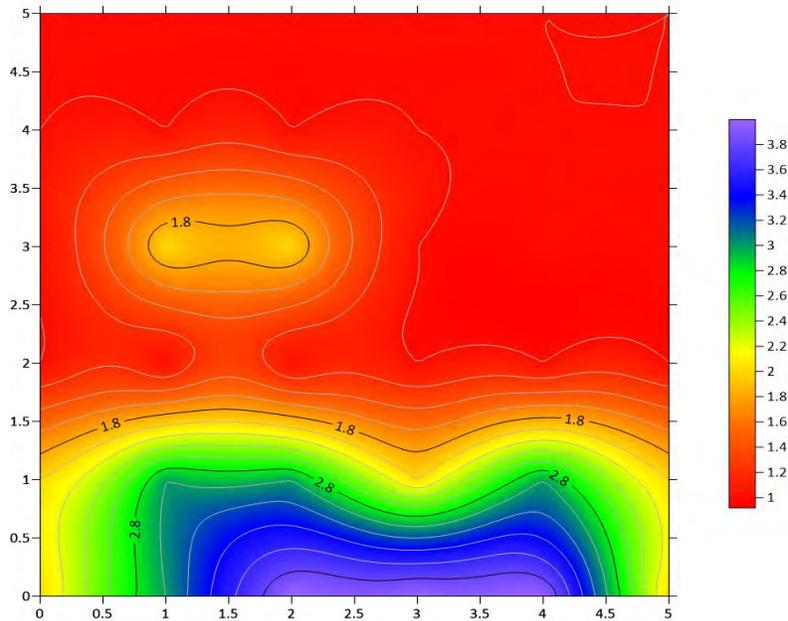
15:00 HRS 30/01/2023
MURO 3 LADO B



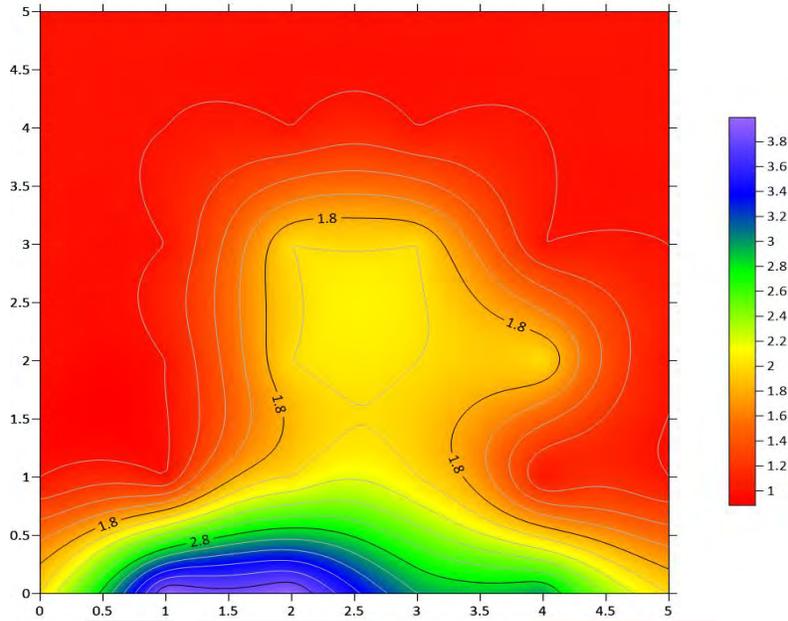
15:00 HRS 31/01/2023
MURO 2 LADO A



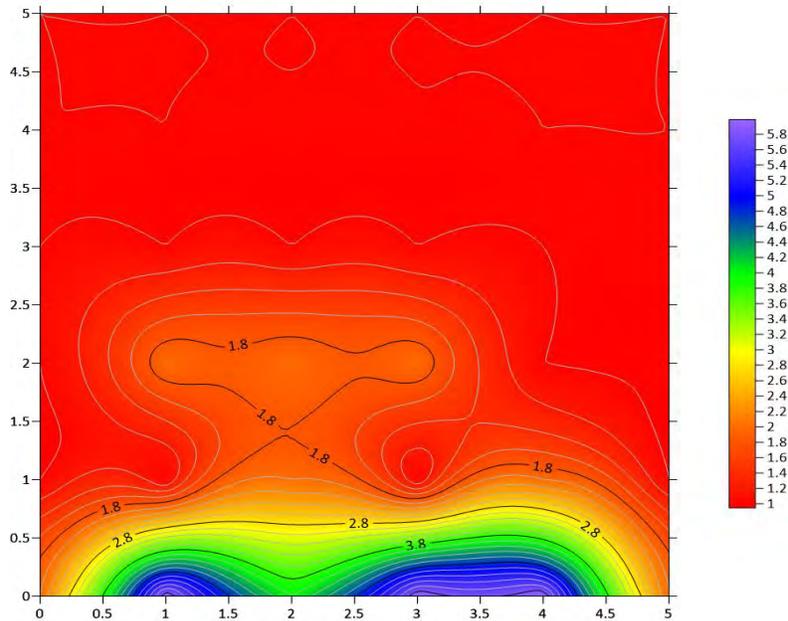
15:00 HRS 31/01/2023
MURO 2 LADO B



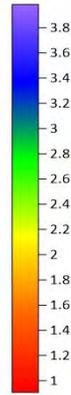
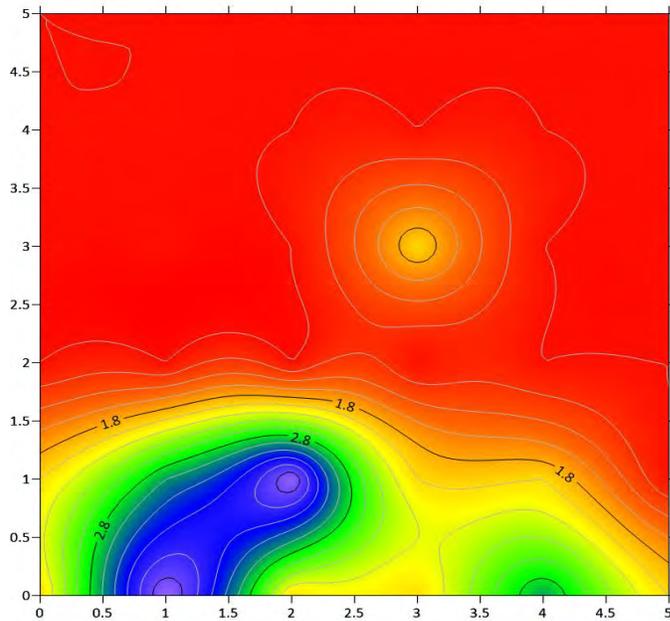
15:00 HRS 31/01/2023
MURO 3 LADO A



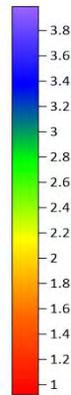
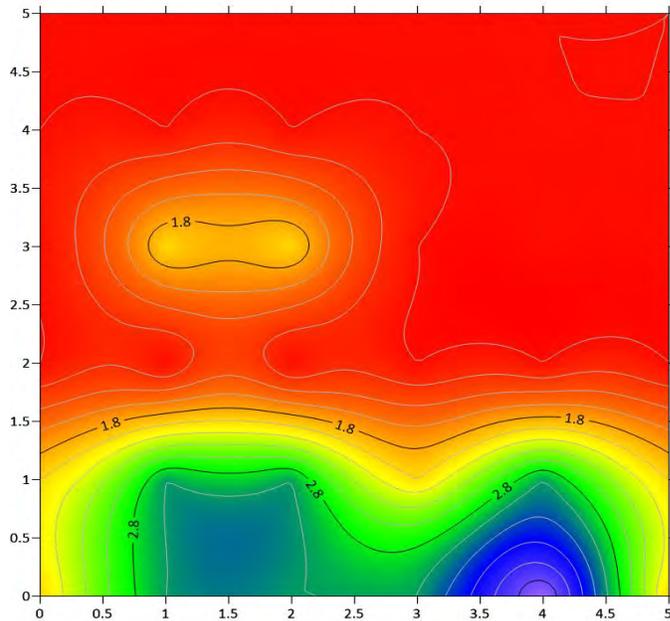
15:00 HRS 31/01/2023
MURO 3 LADO B



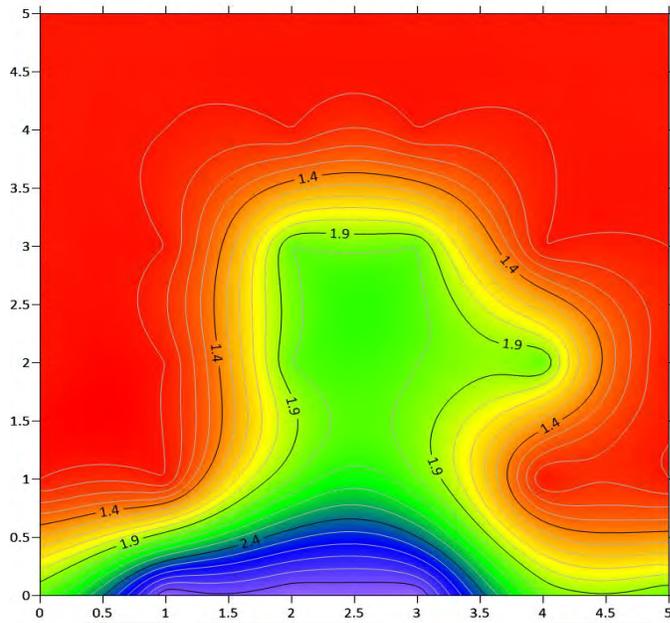
15:00 HRS 02/02/2023
MURO 2 LADO A



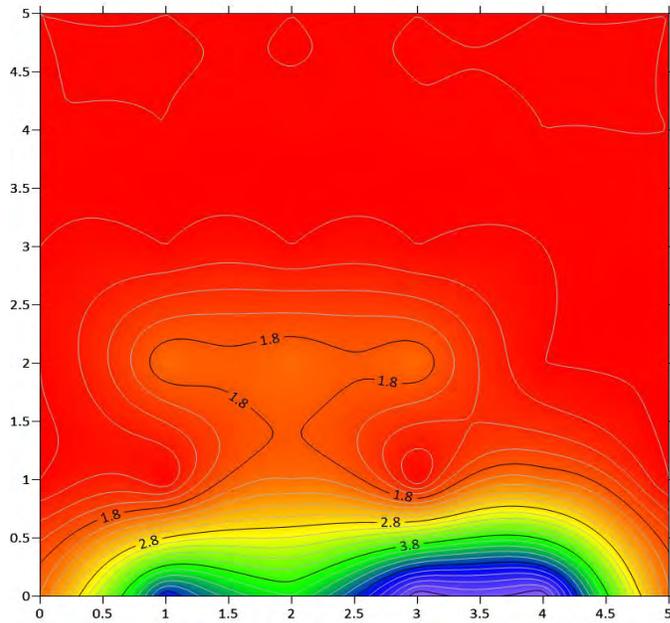
15:00 HRS 02/02/2023
MURO 2 LADO B



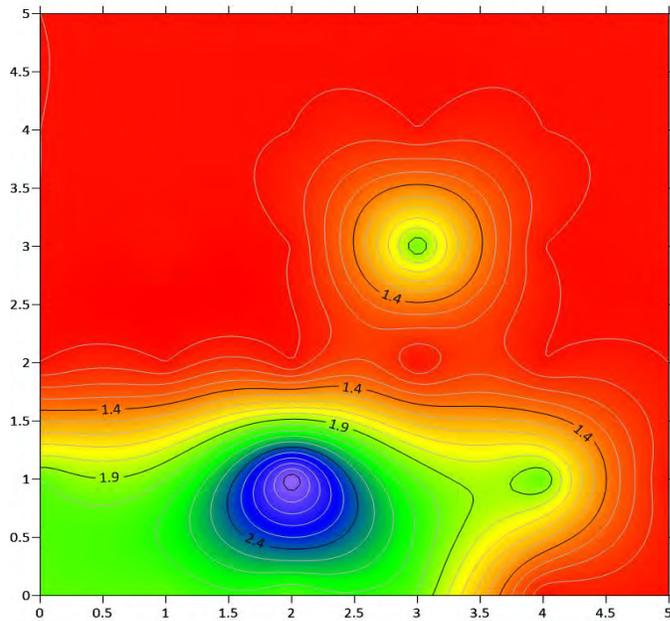
15:00 HRS 02/02/2023
MURO 3 LADO A



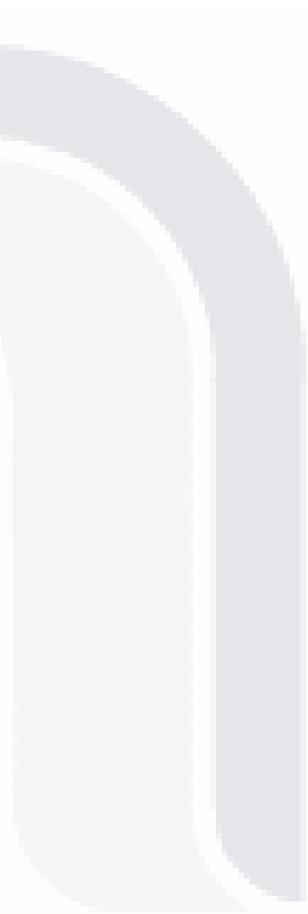
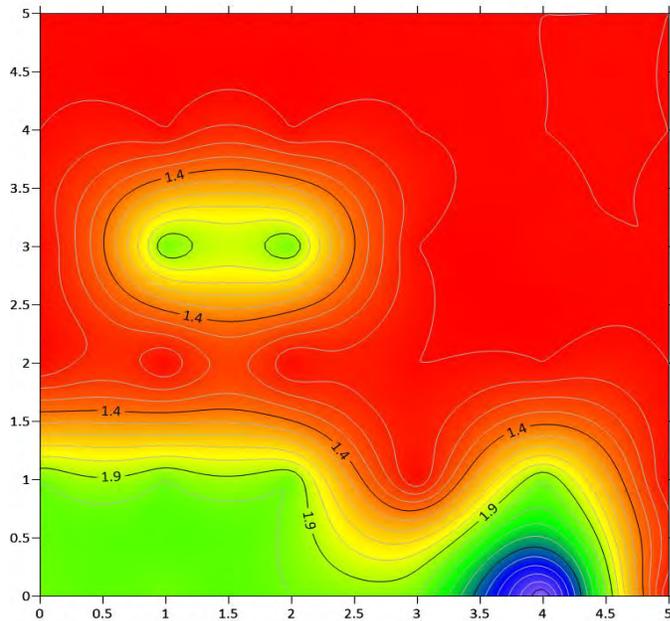
15:00 HRS 02/02/2023
MURO 3 LADO B



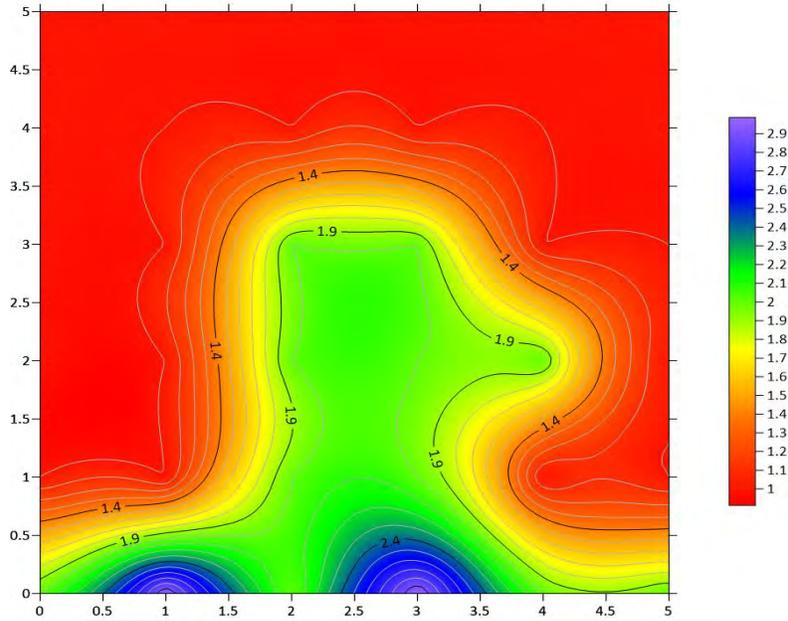
15:00 HRS 07/02/2023
MURO 2 LADO A



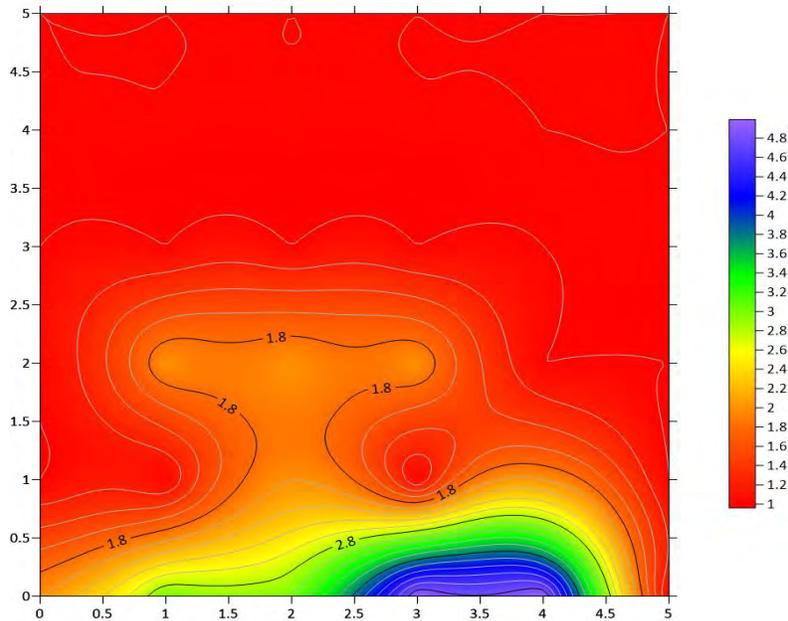
15:00 HRS 07/02/2023
MURO 2 LADO B



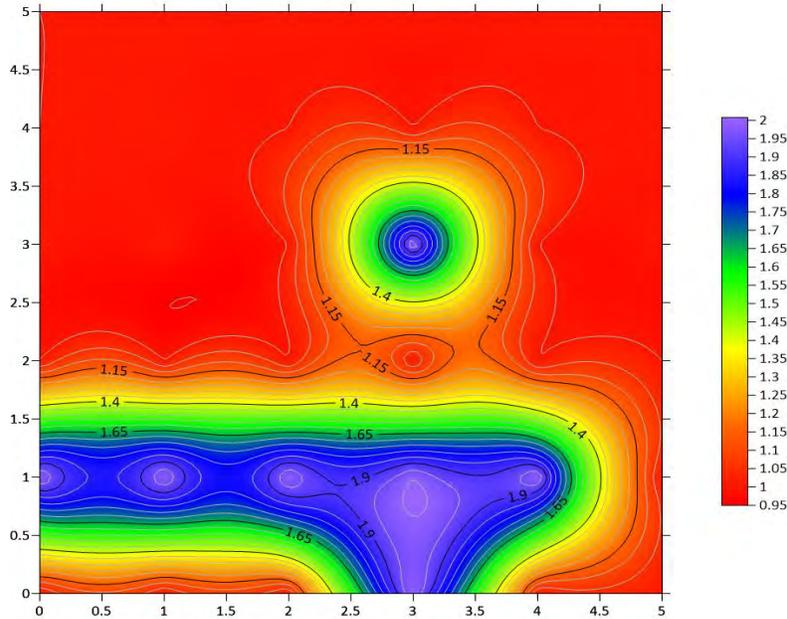
15:00 HRS 07/02/2023
MURO 3 LADO A



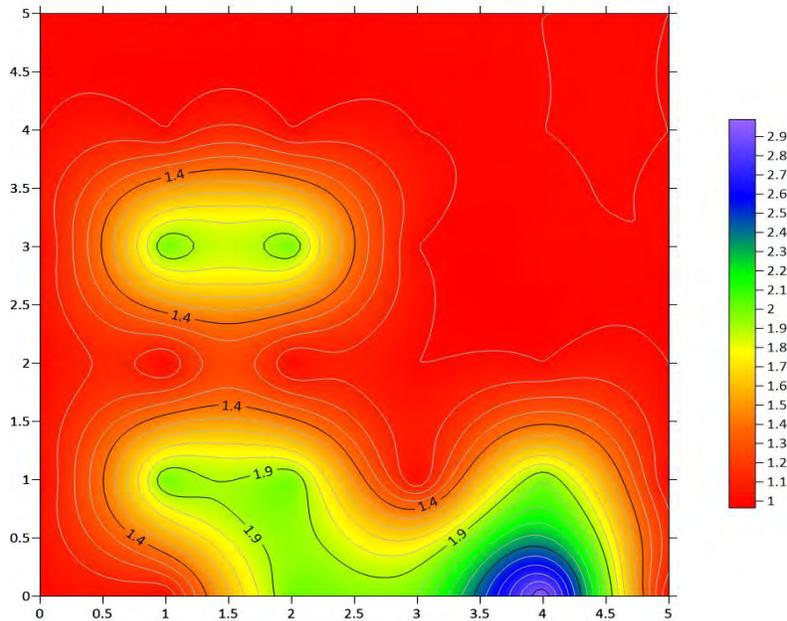
15:00 HRS 07/02/2023
MURO 3 LADO B



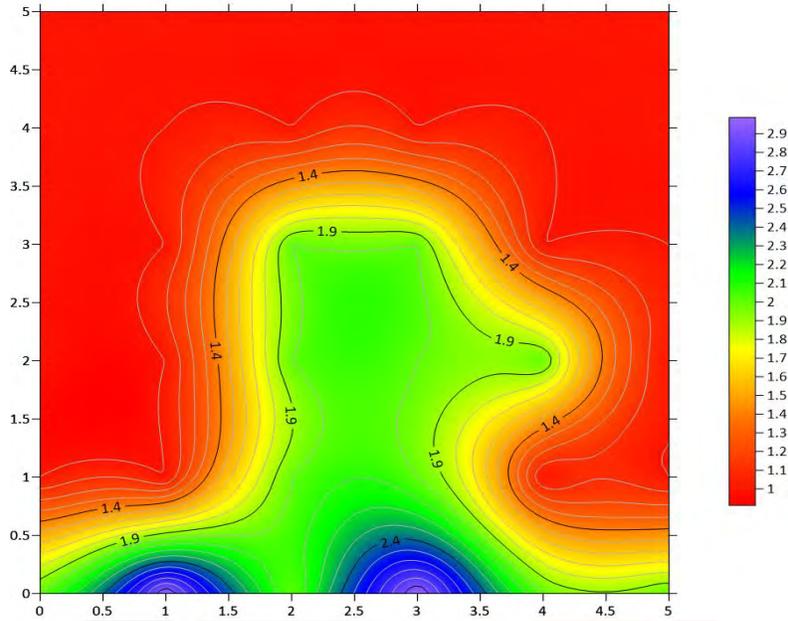
15:00 HRS 09/02/2023
MURO 2 LADO A



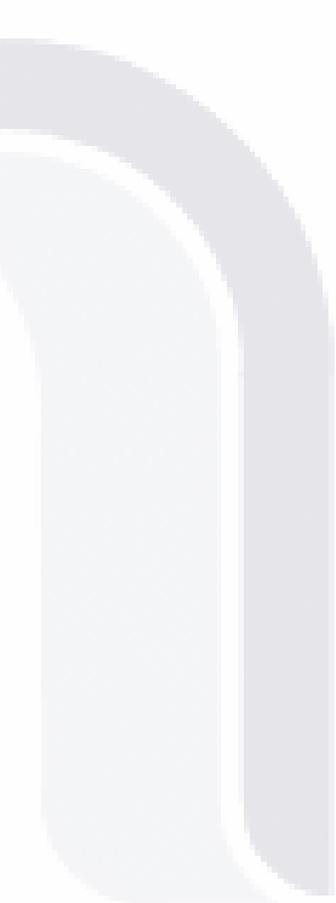
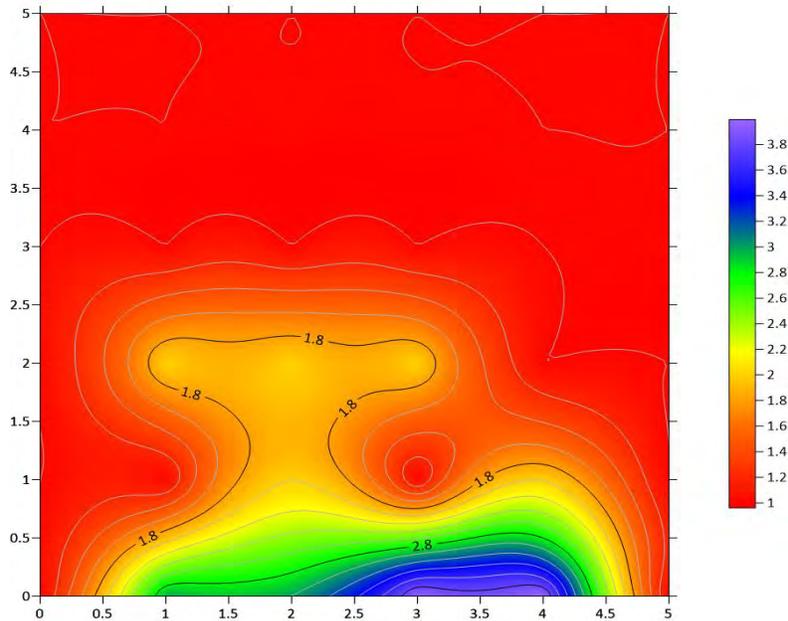
15:00 HRS 09/02/2023
MURO 2 LADO B



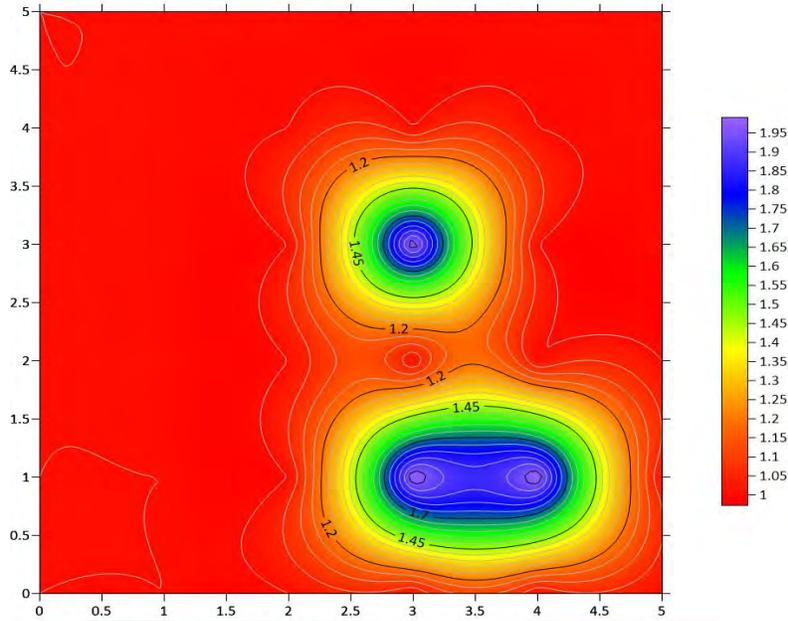
15:00 HRS 09/02/2023
MURO 3 LADO A



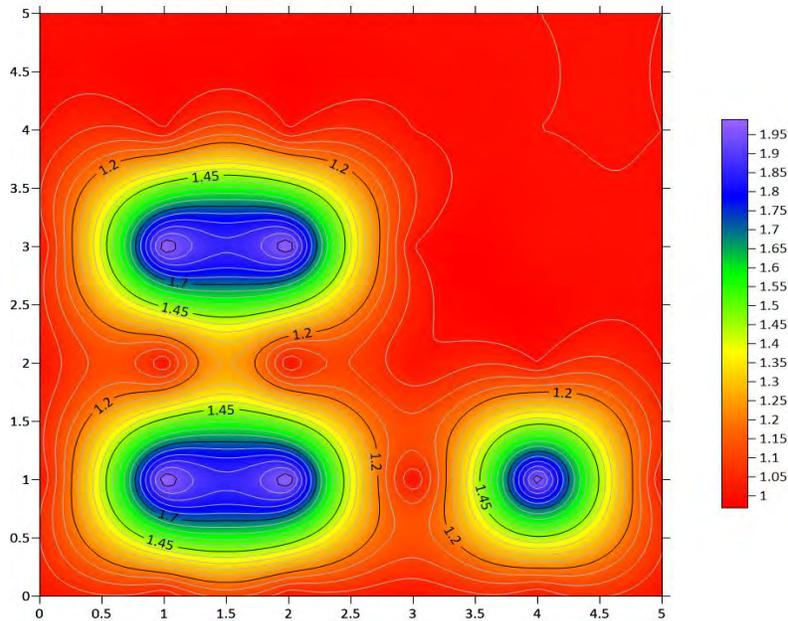
15:00 HRS 09/02/2023
MURO 3 LADO B



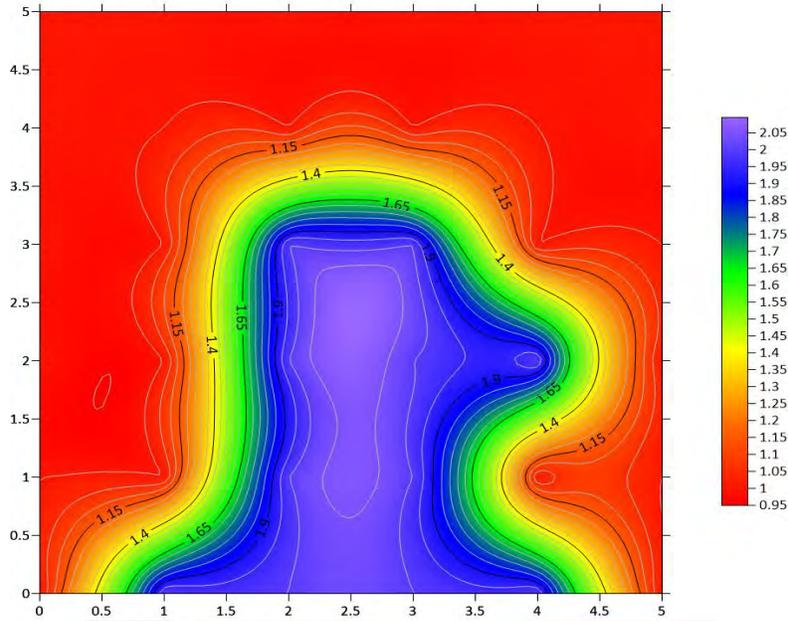
15:00 HRS 13/02/2023
MURO 2 LADO A



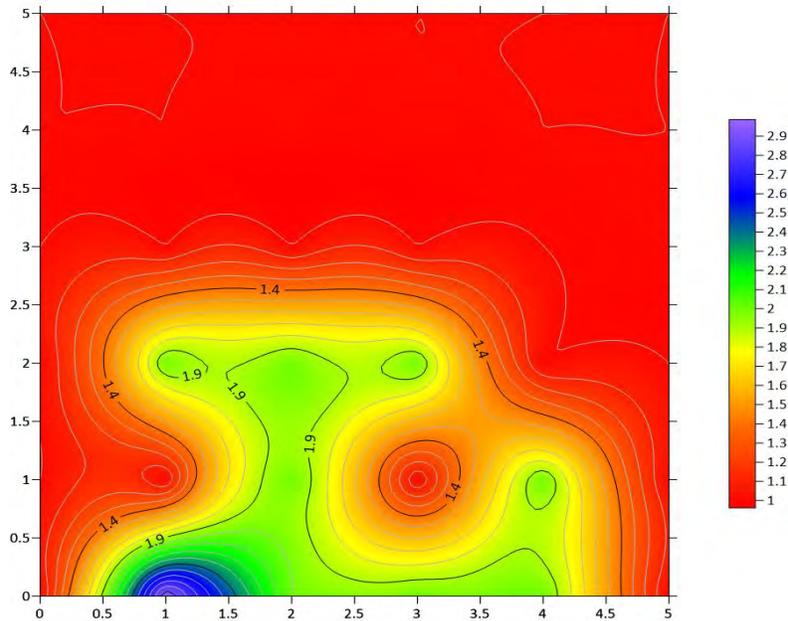
15:00 HRS 13/02/2023
MURO 2 LADO B



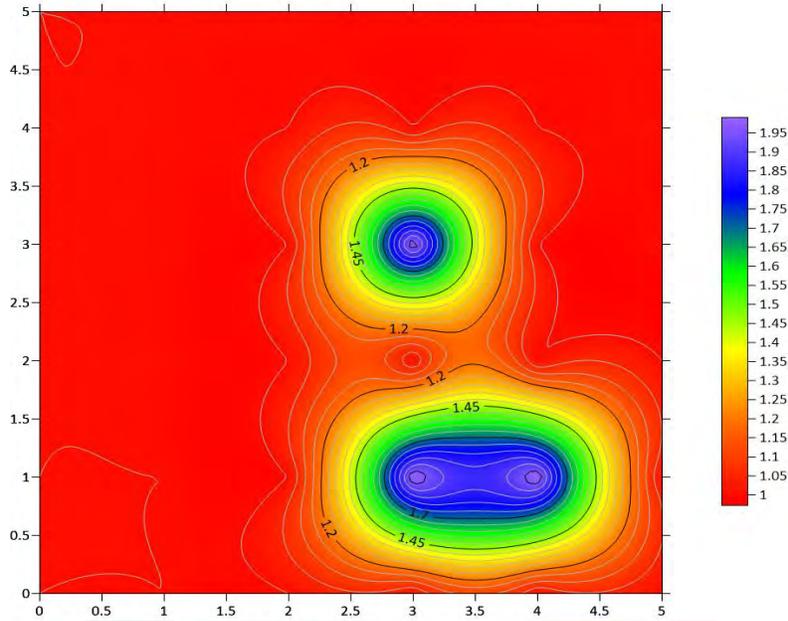
15:00 HRS 13/02/2023
MURO 3 LADO A



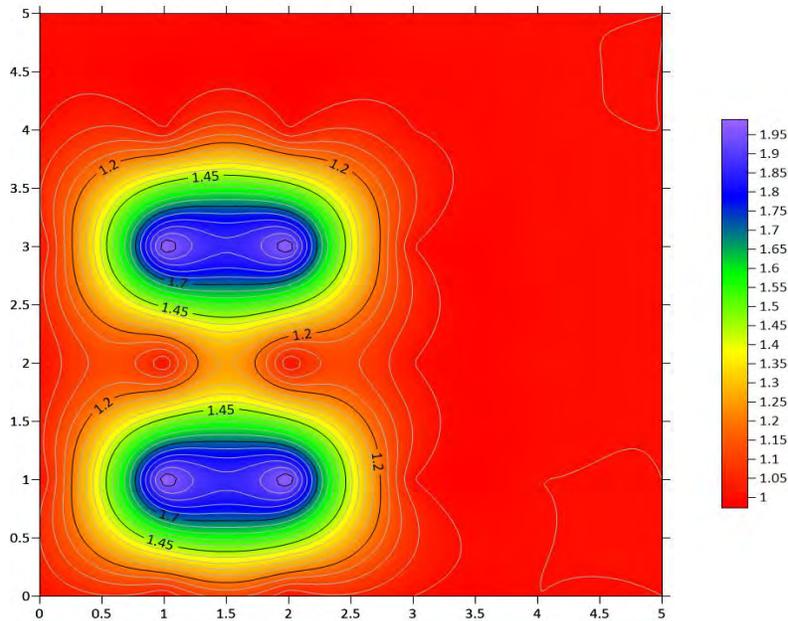
15:00 HRS 13/02/2023
MURO 3 LADO B



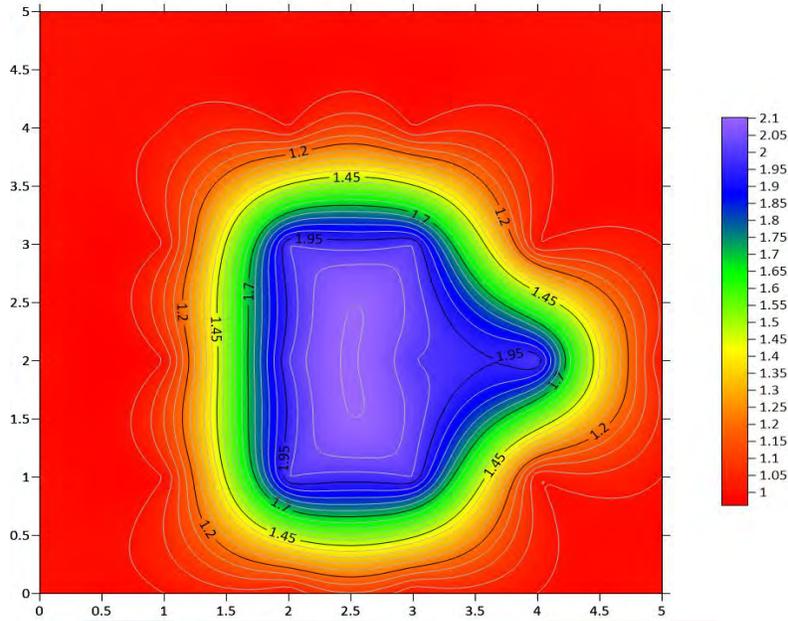
15:00 HRS 17/02/2023
MURO 2 LADO A



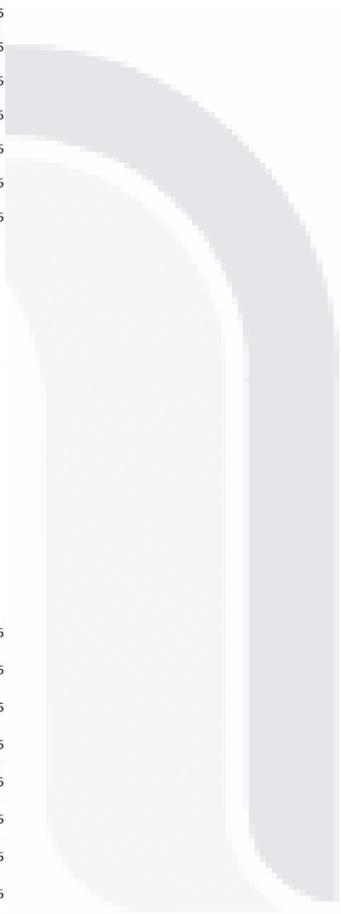
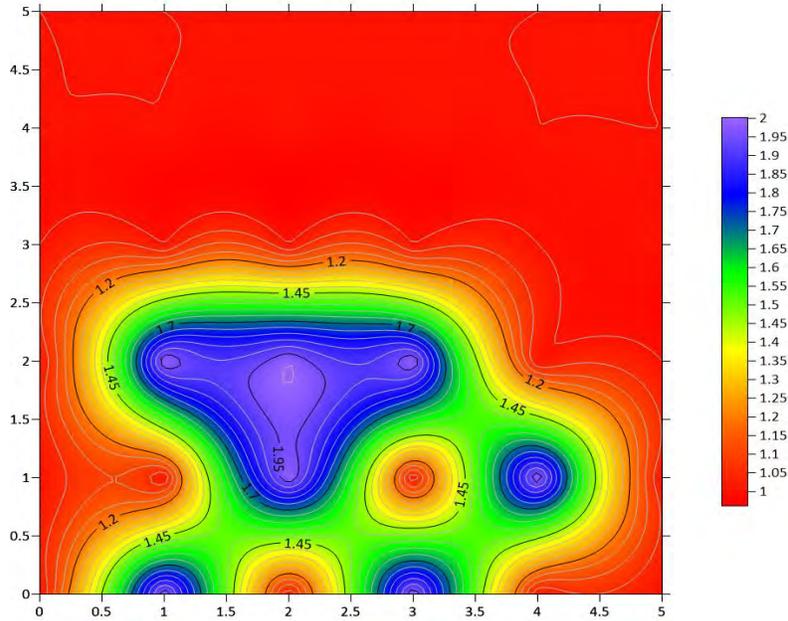
15:00 HRS 17/02/2023
MURO 2 LADO B



15:00 HRS 17/02/2023
MURO 3 LADO A



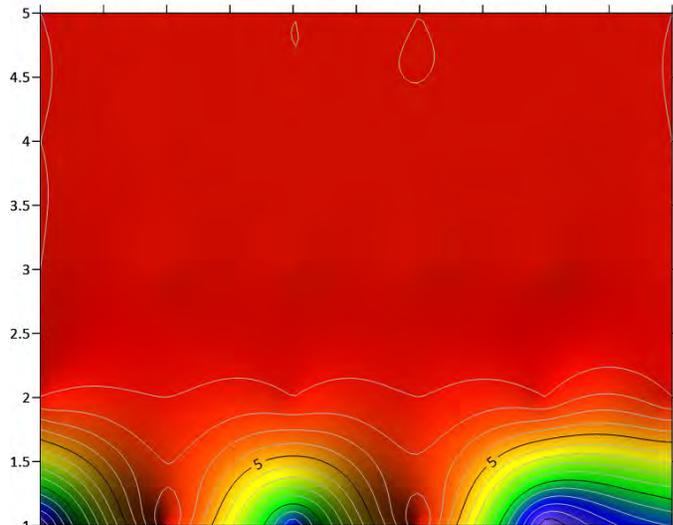
15:00 HRS 17/02/2023
MURO 3 LADO B



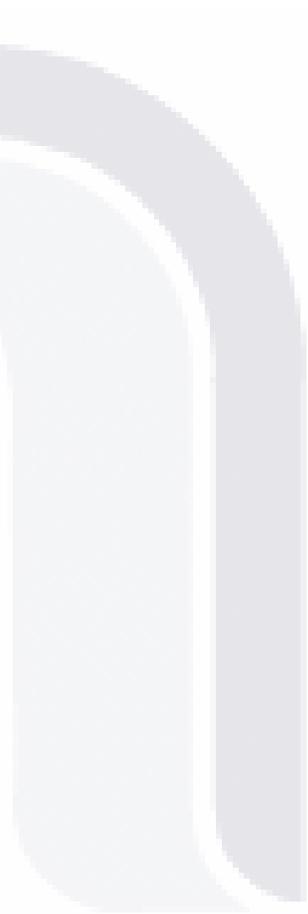
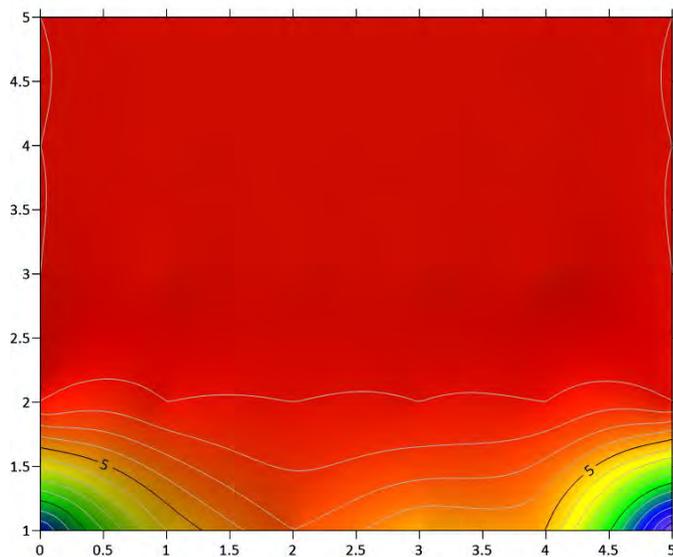
Segunda parte de la campaña experimental



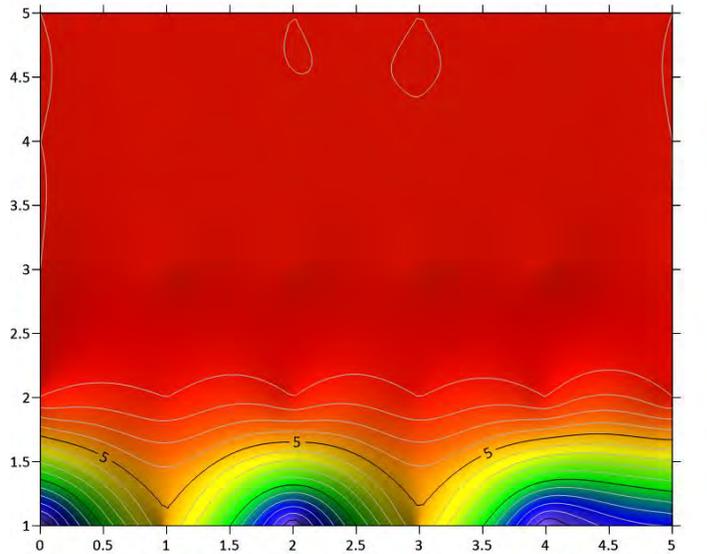
13:30 HRS 01/03/2023
MURO 1 LADO A



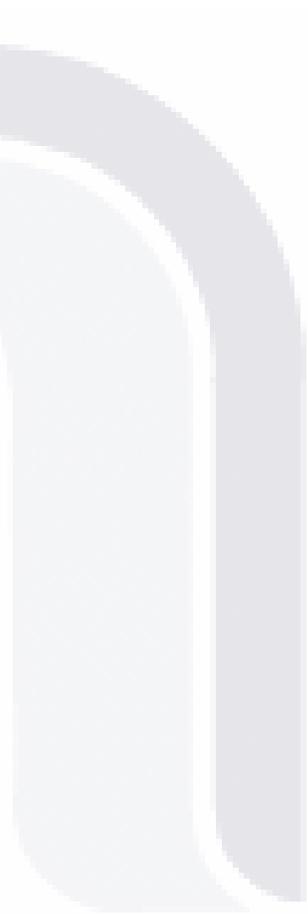
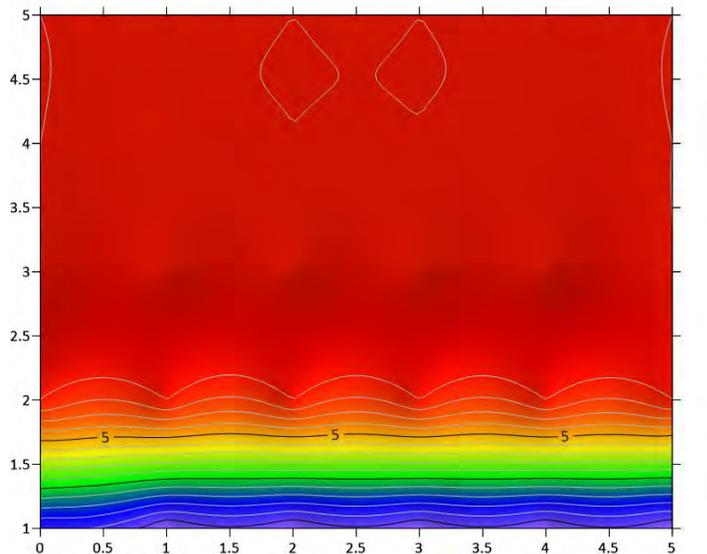
13:30 HRS 01/03/2023
MURO 1 LADO B



14:30 HRS 01/03/2023
MURO 1 LADO A

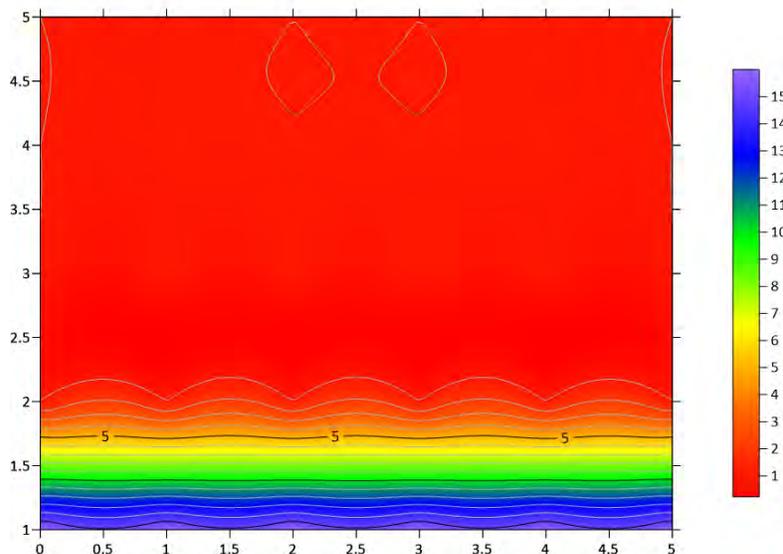


14:30 HRS 01/03/2023
MURO 1 LADO B



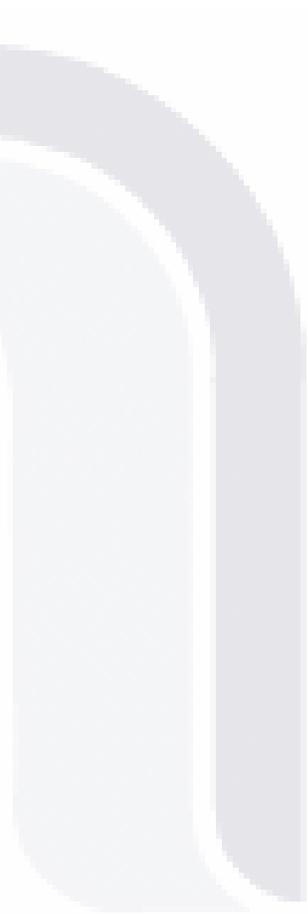
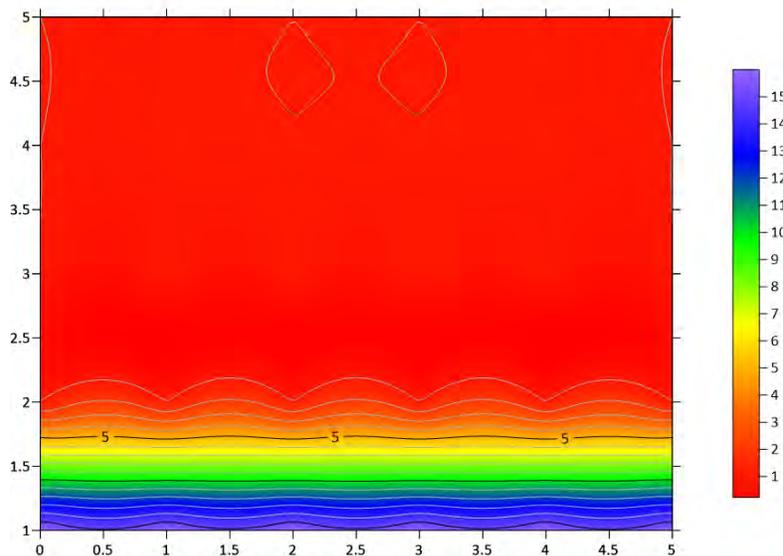
16:00 HRS 01/03/2023

MURO 1 LADO A

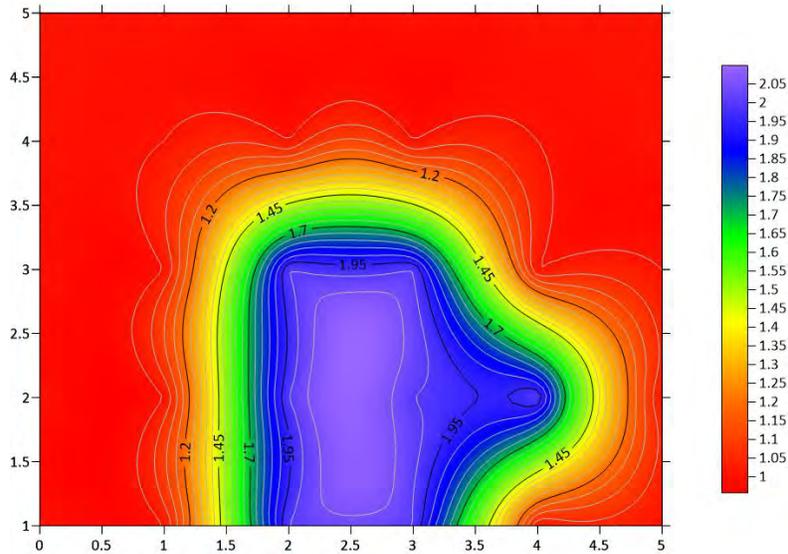


16:00 HRS 01/03/2023

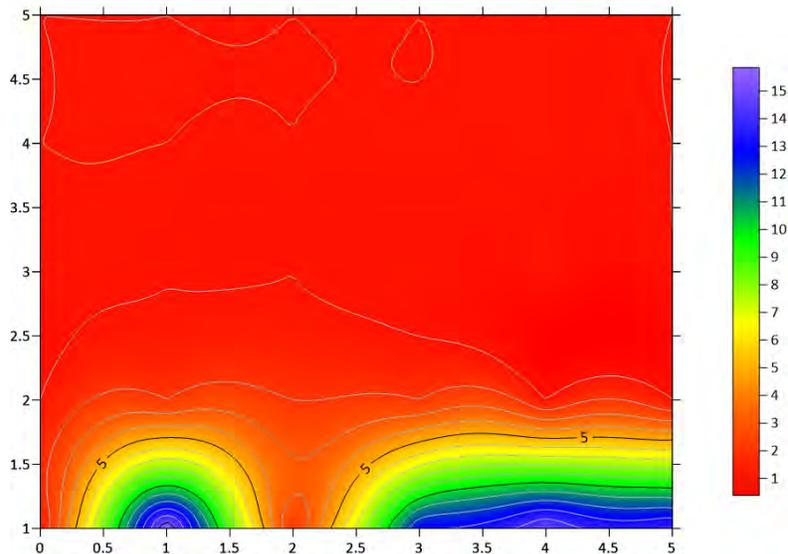
MURO 1 LADO B



16:00 HRS 01/03/2023
MURO 3 LADO A

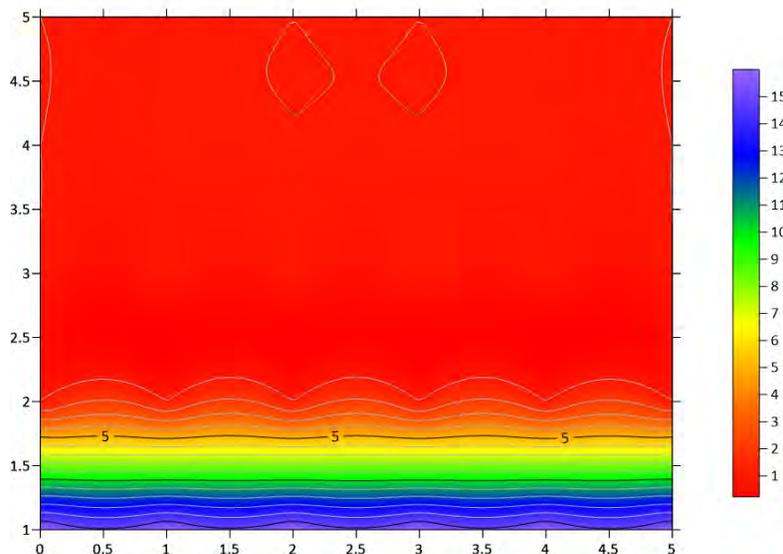


16:00 HRS 01/03/2023
MURO 3 LADO B



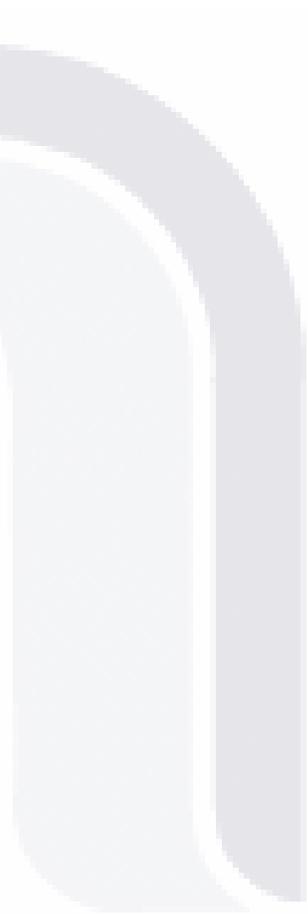
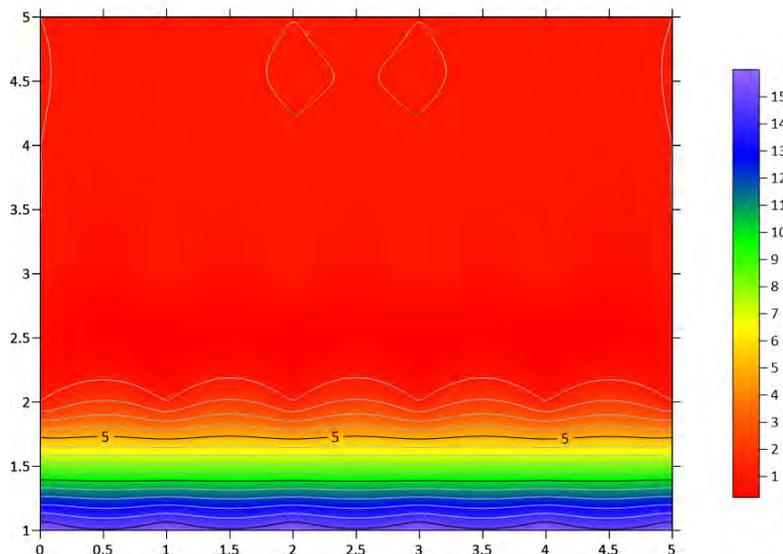
18:00 HRS 01/03/2023

MURO 1 LADO A



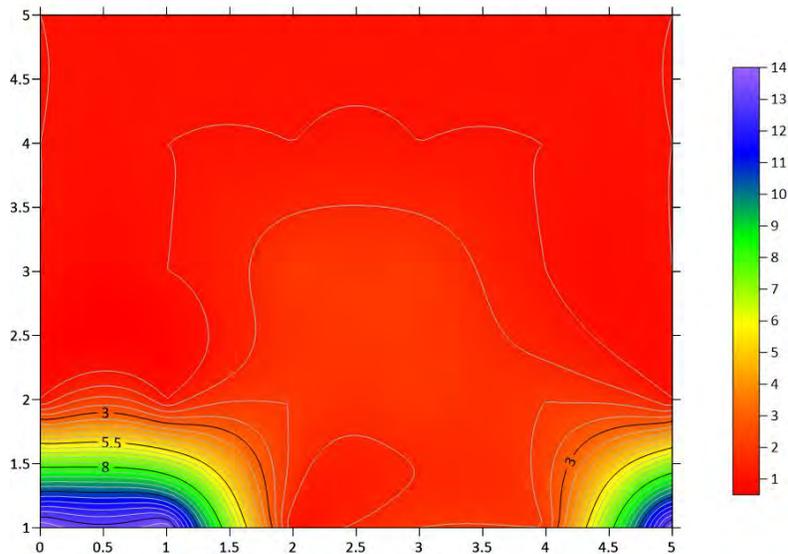
18:00 HRS 01/03/2023

MURO 1 LADO B



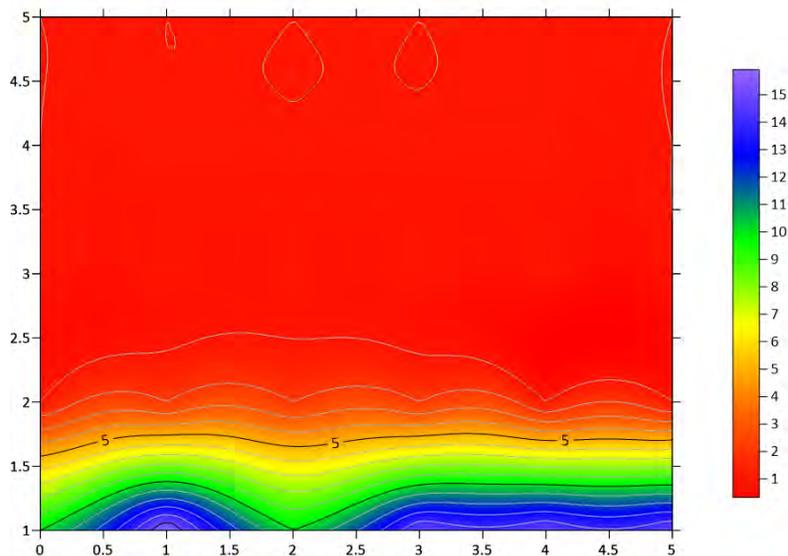
18:00 HRS 01/03/2023

MURO 3 LADO A



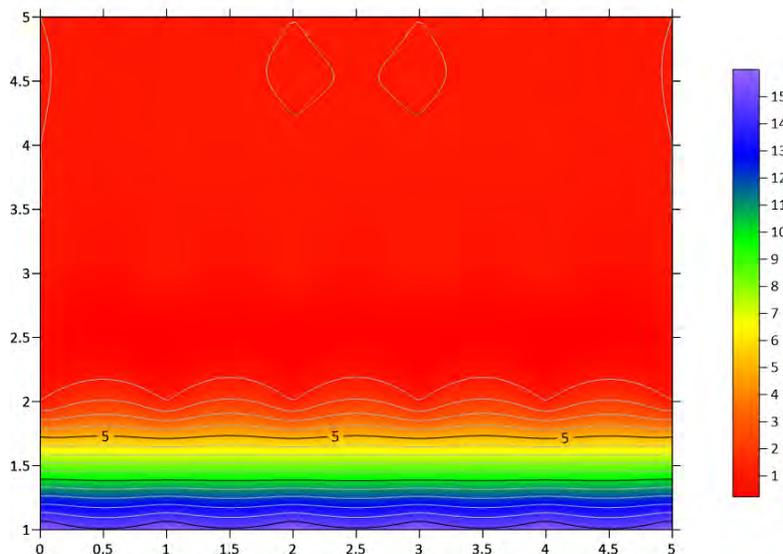
18:00 HRS 01/03/2023

MURO 3 LADO B



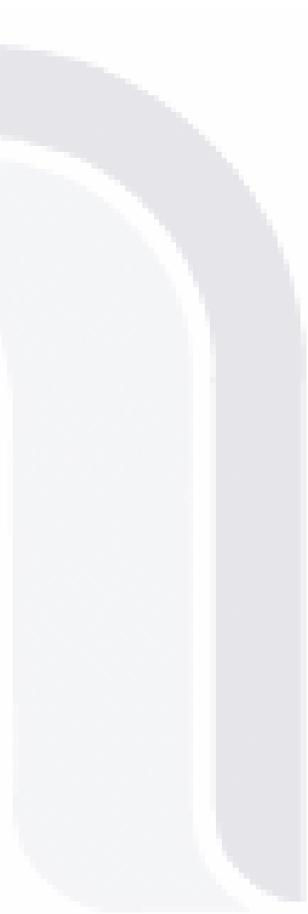
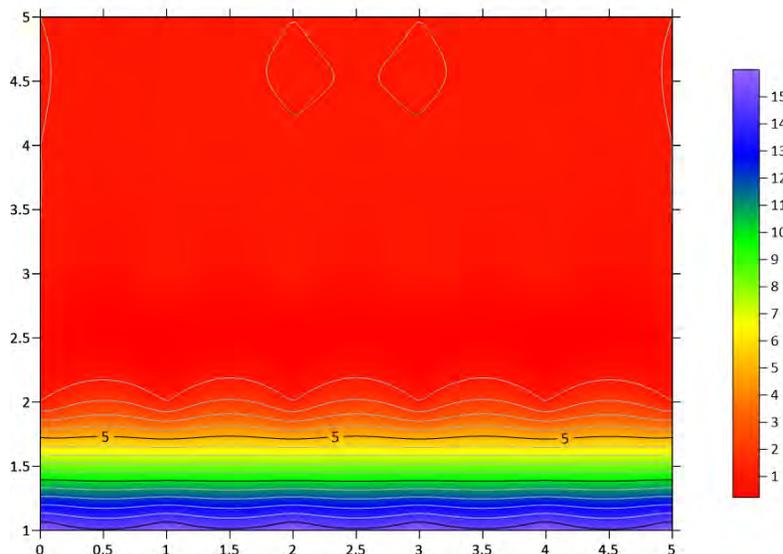
21:00 HRS 01/03/2023

MURO 1 LADO A

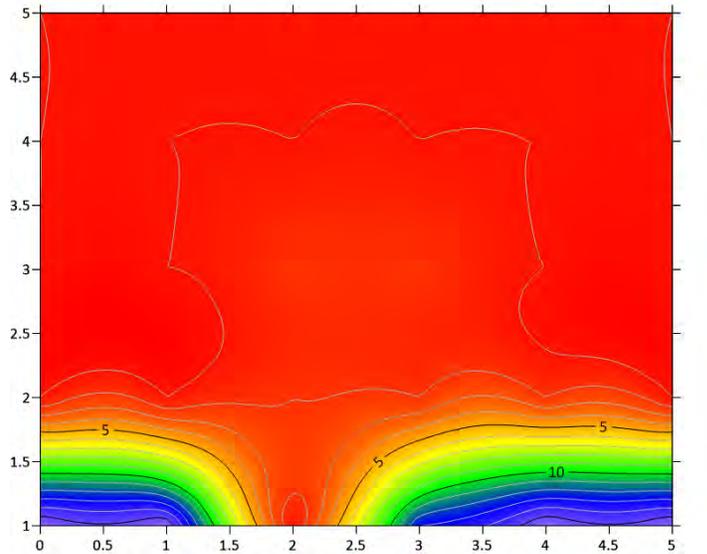


21:00 HRS 01/03/2023

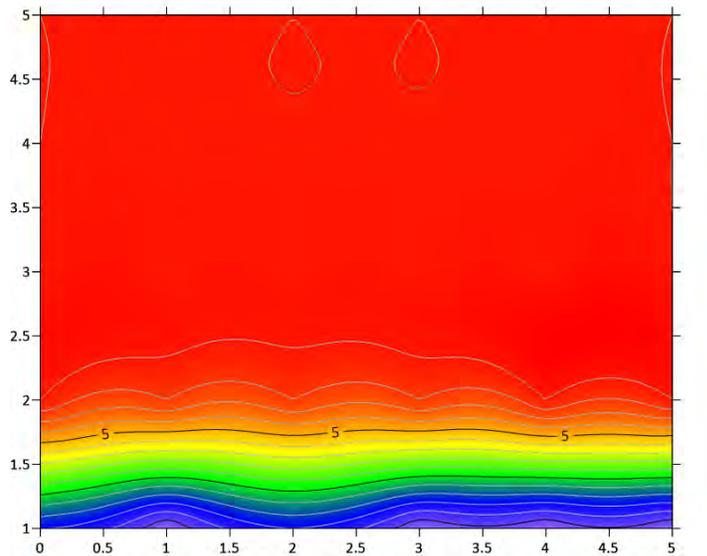
MURO 1 LADO B



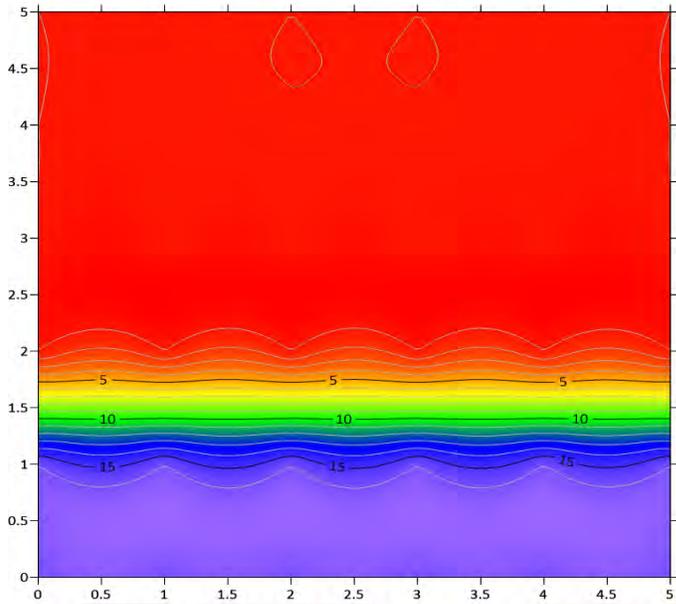
21:00 HRS 01/03/2023
MURO 3 LADO A



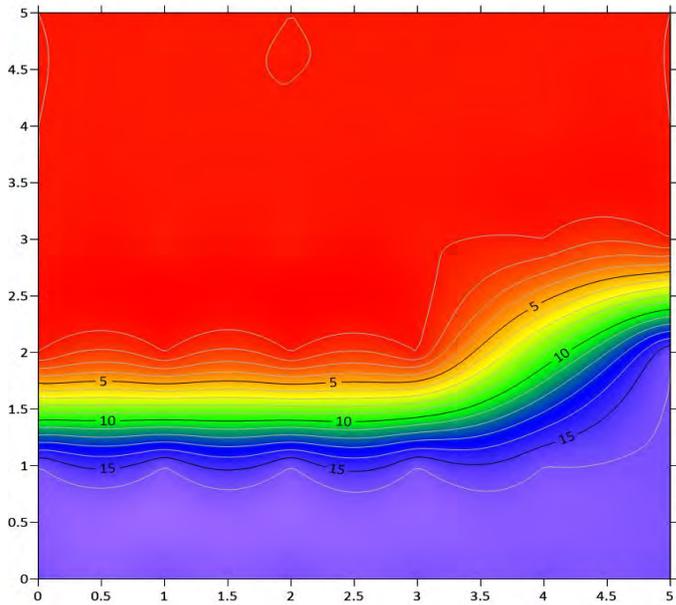
21:00 HRS 01/03/2023
MURO 3 LADO B



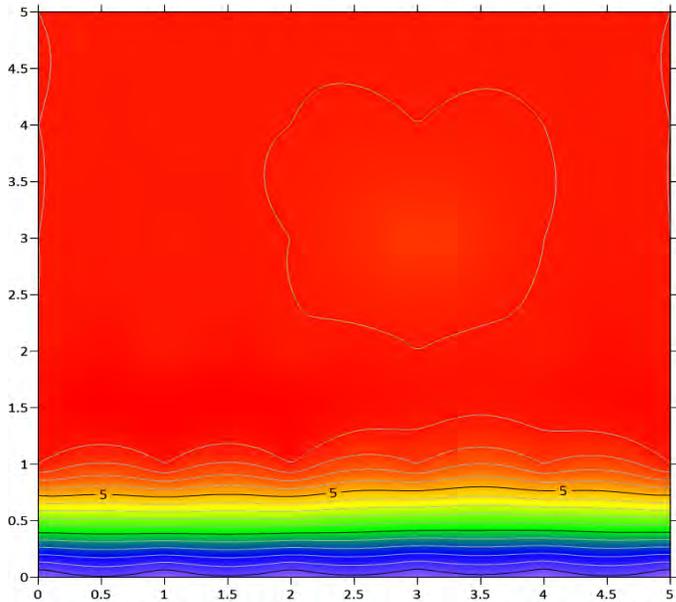
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO A



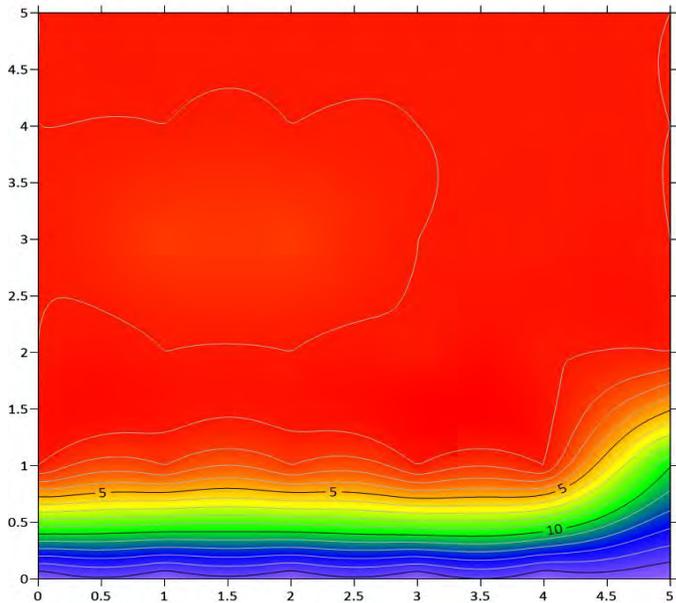
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO B



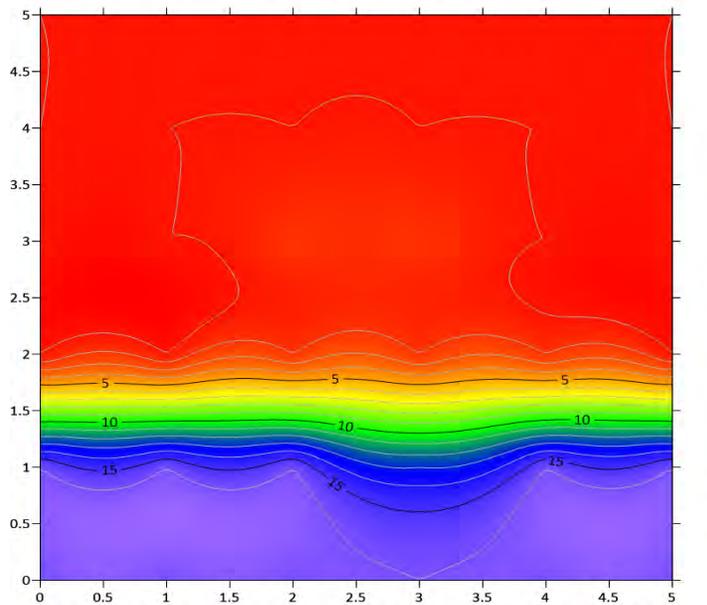
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO A



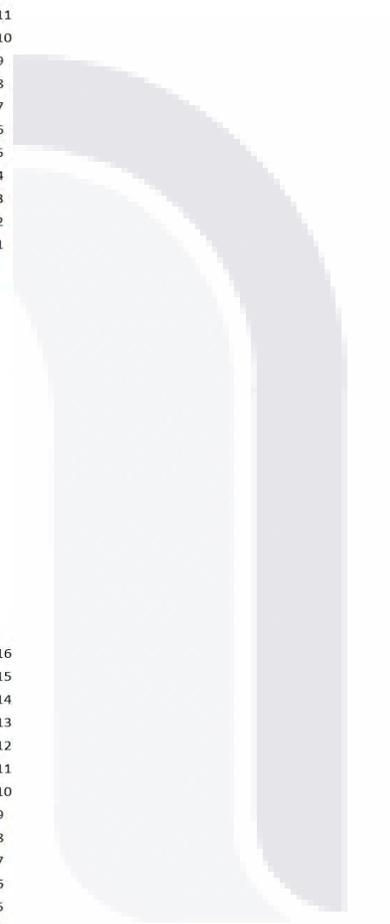
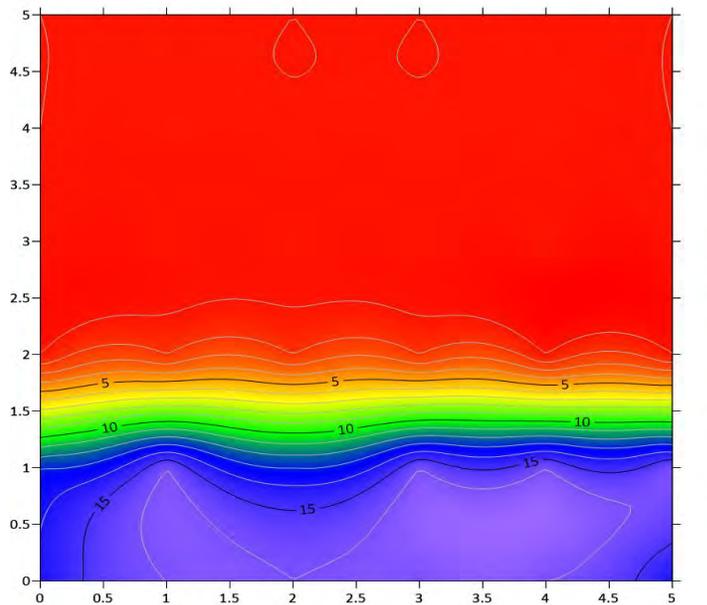
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO B



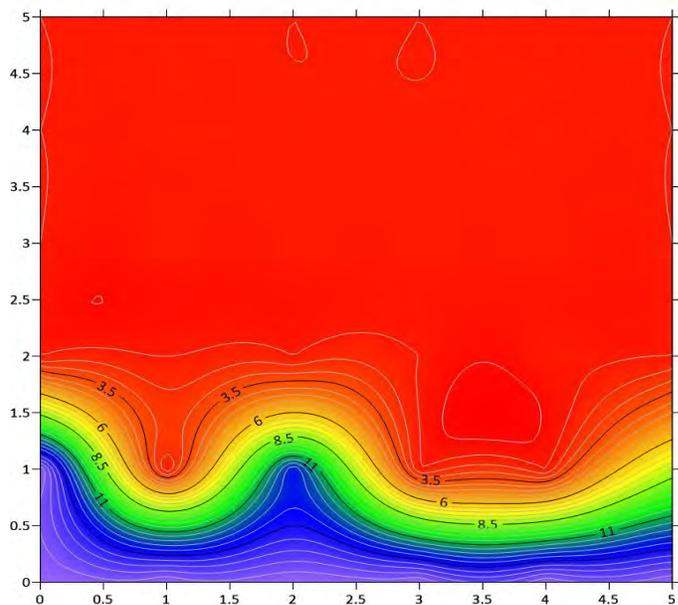
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO A



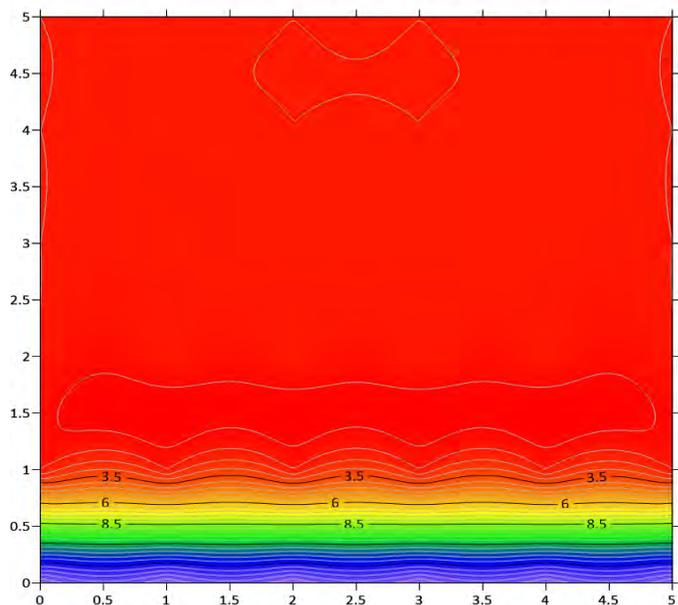
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO B



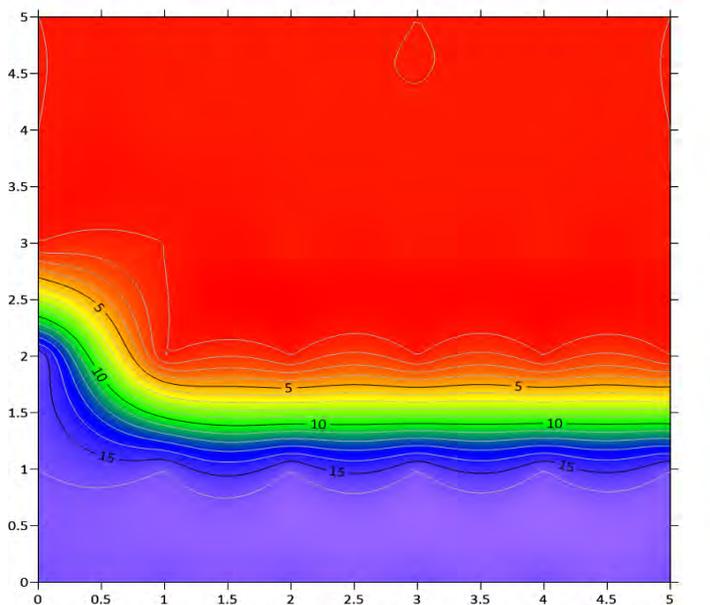
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO A



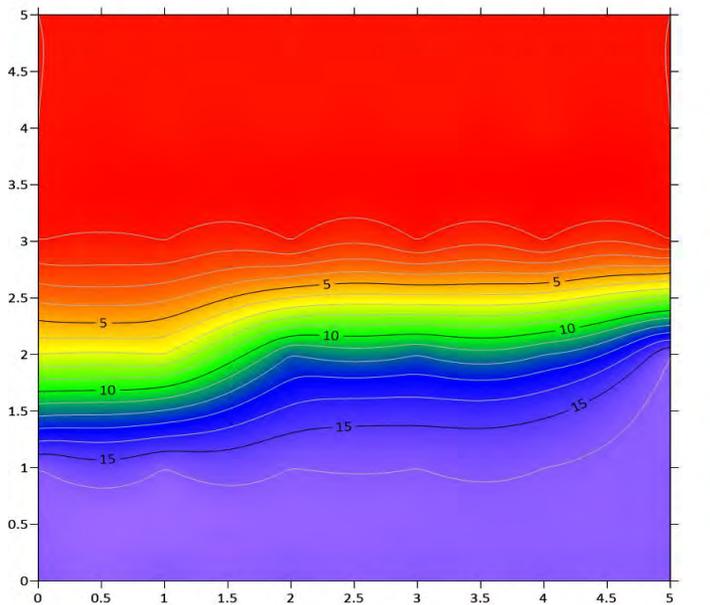
10:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO B



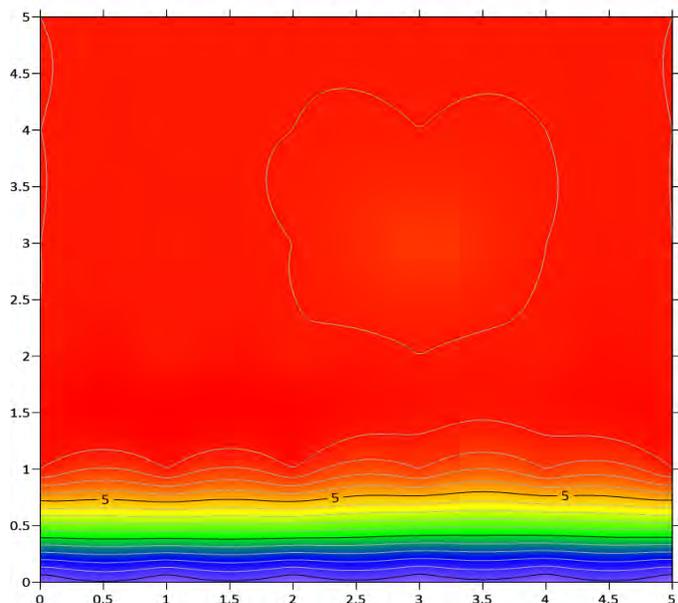
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO A



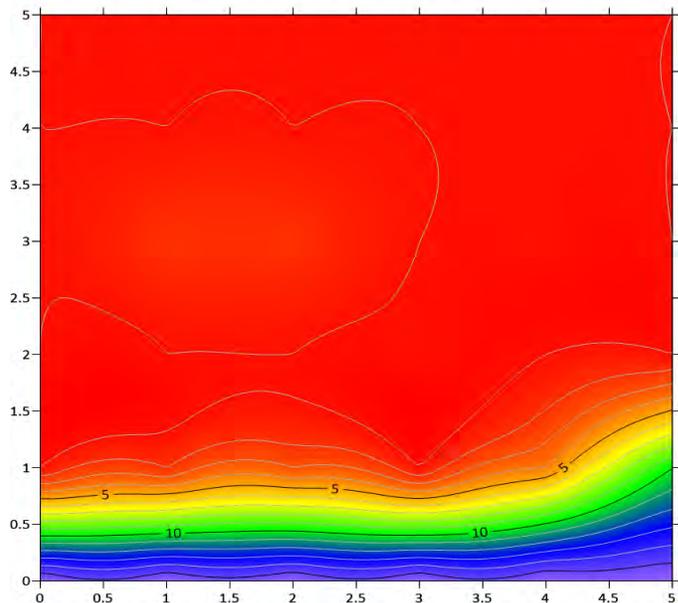
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO B



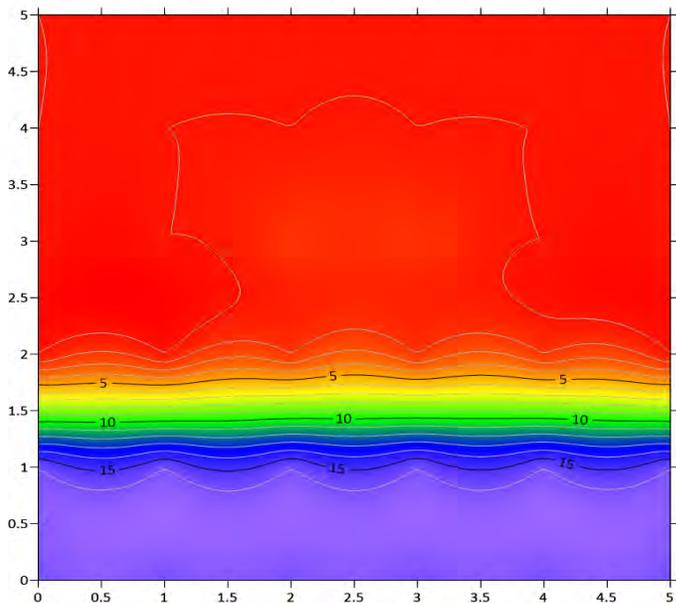
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO A



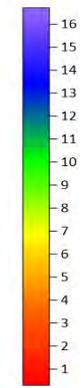
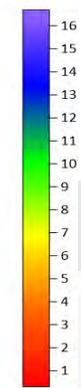
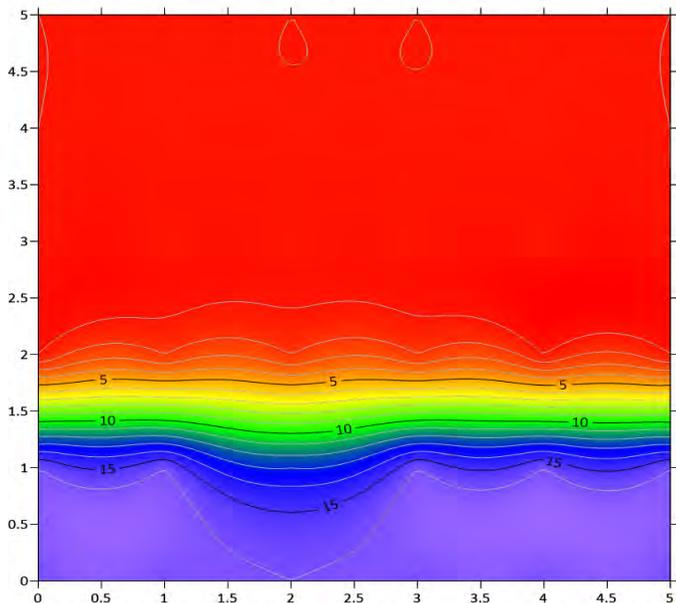
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO B



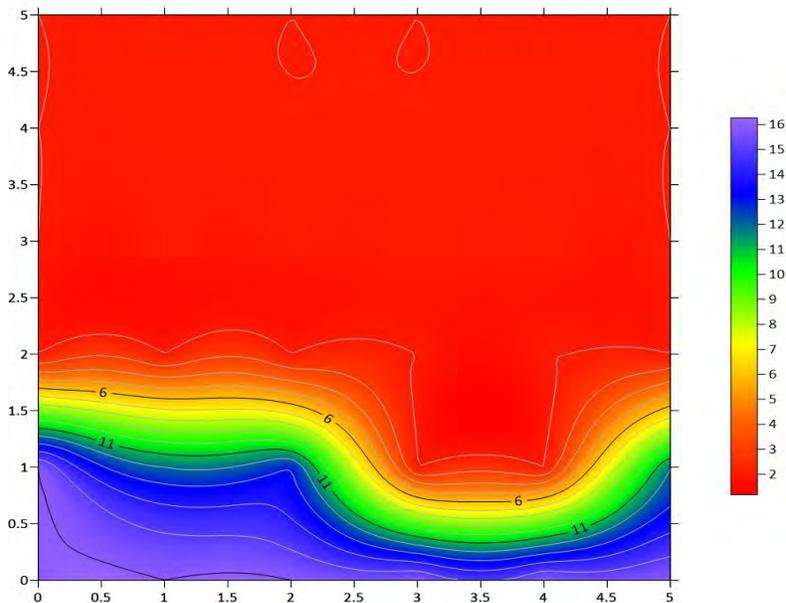
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO A



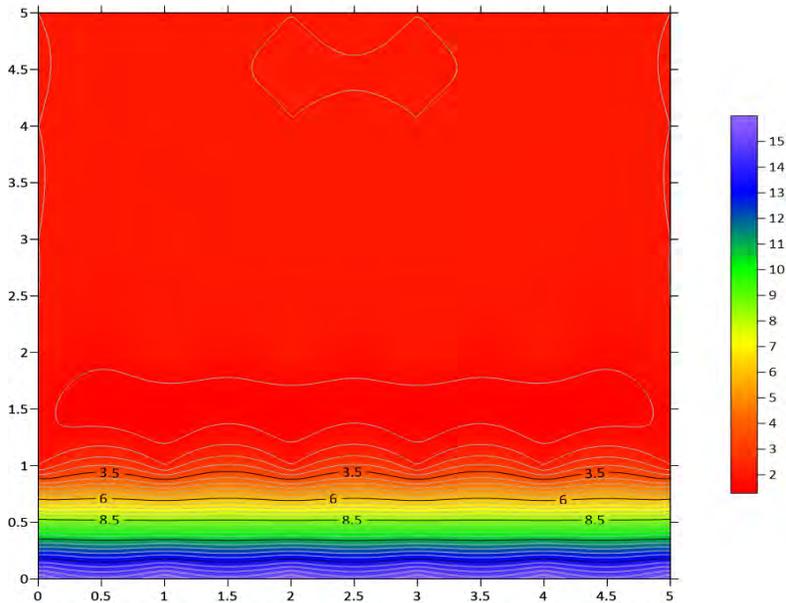
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO B



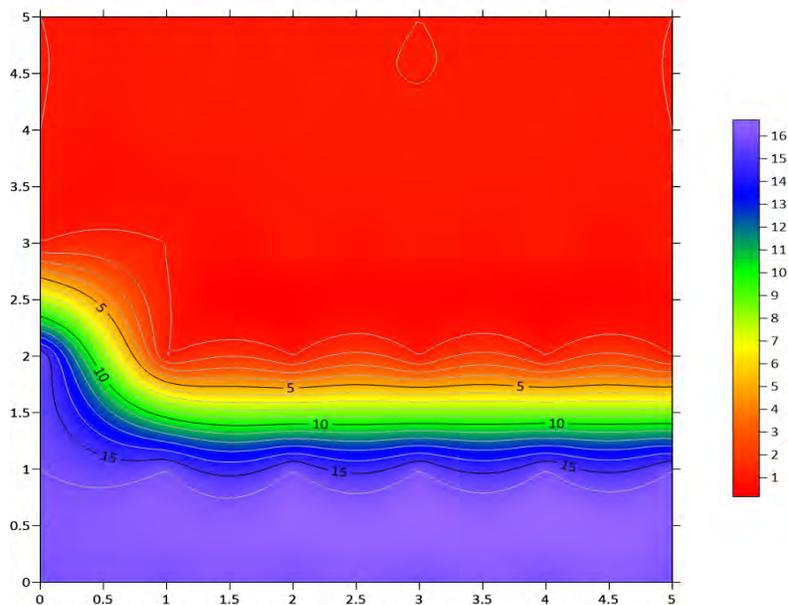
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO A



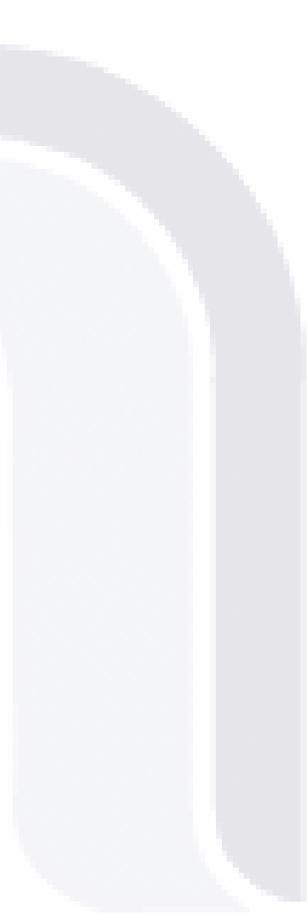
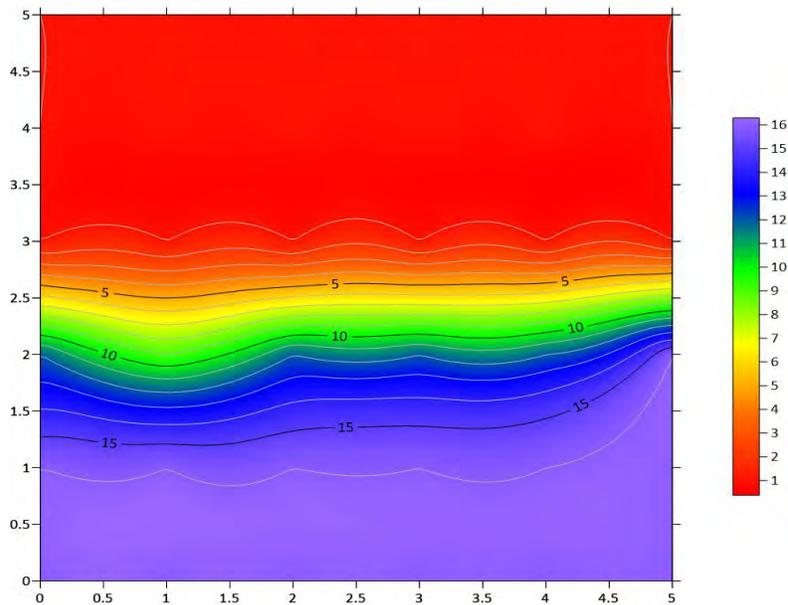
15:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO B



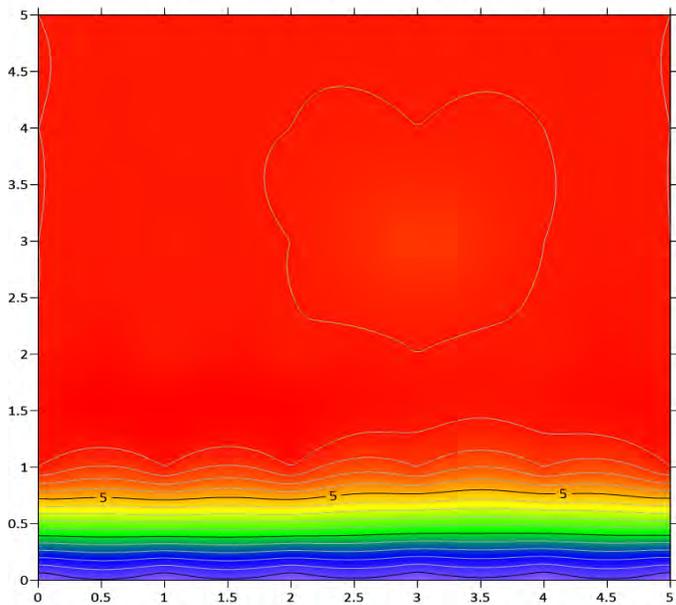
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO A



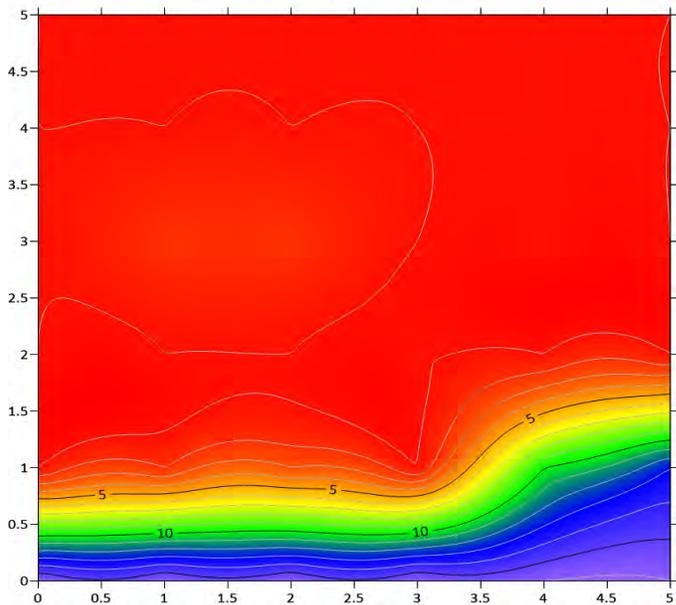
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 1 LADO B



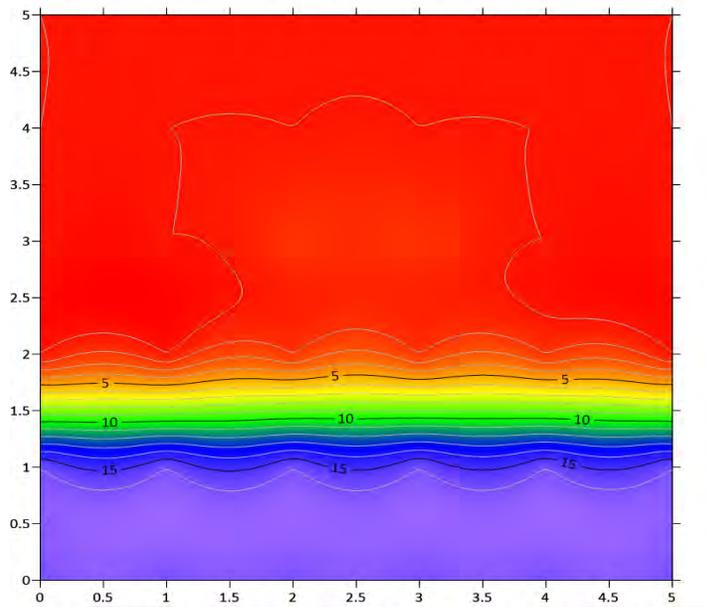
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO A



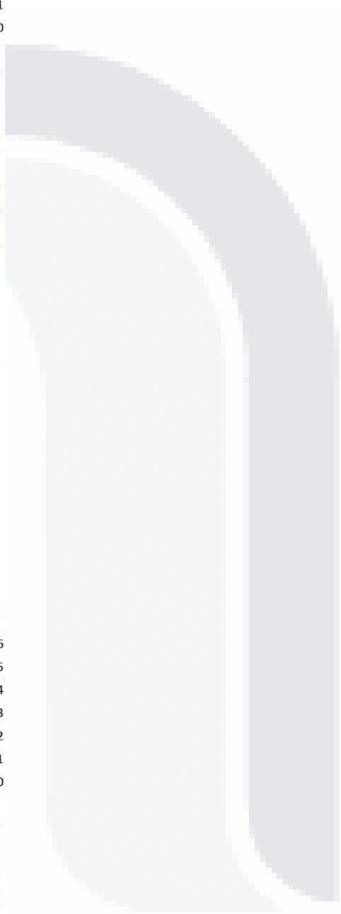
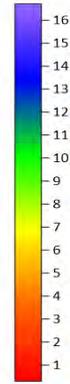
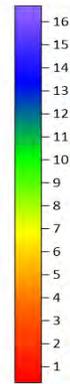
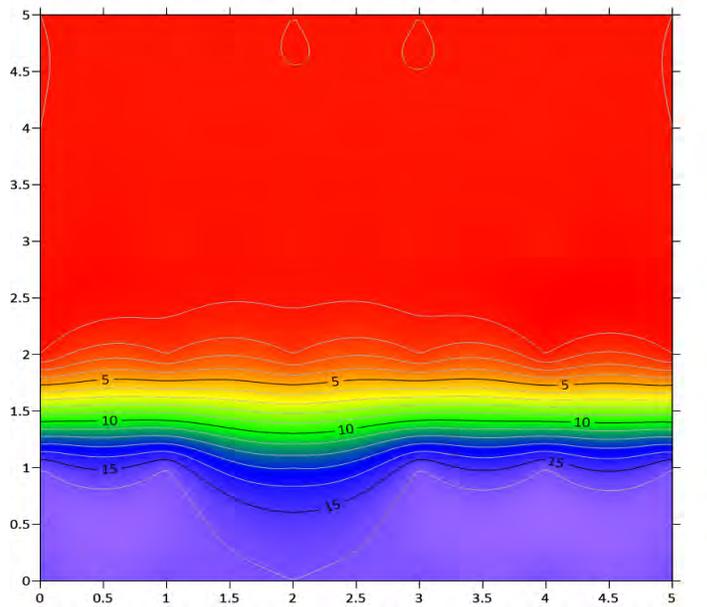
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 2 LADO B



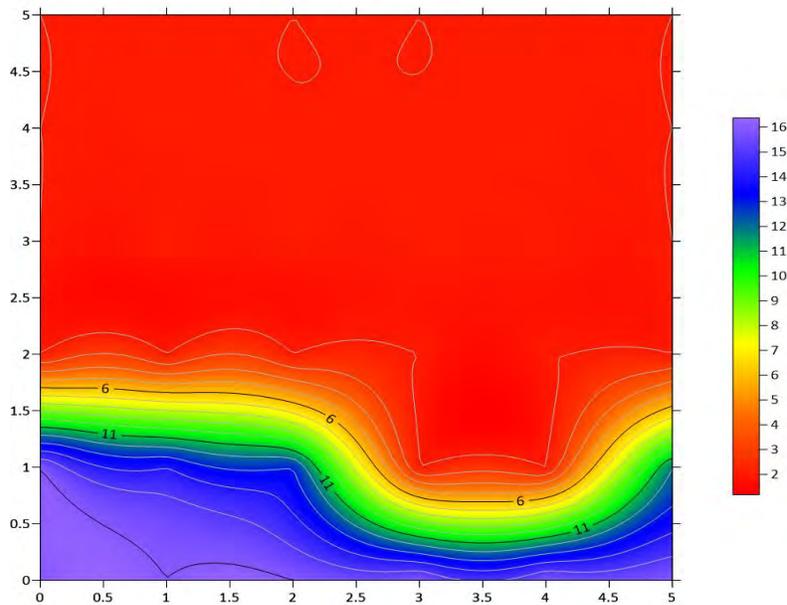
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO A



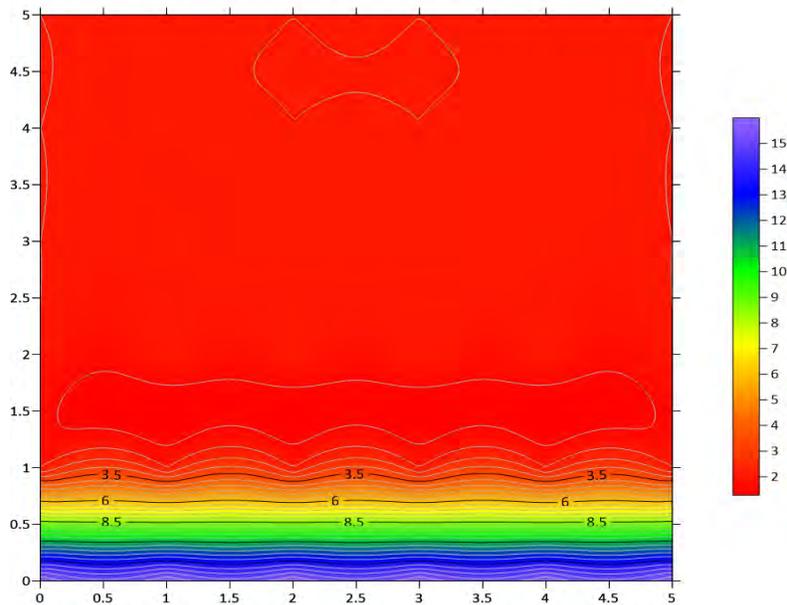
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 3 LADO B



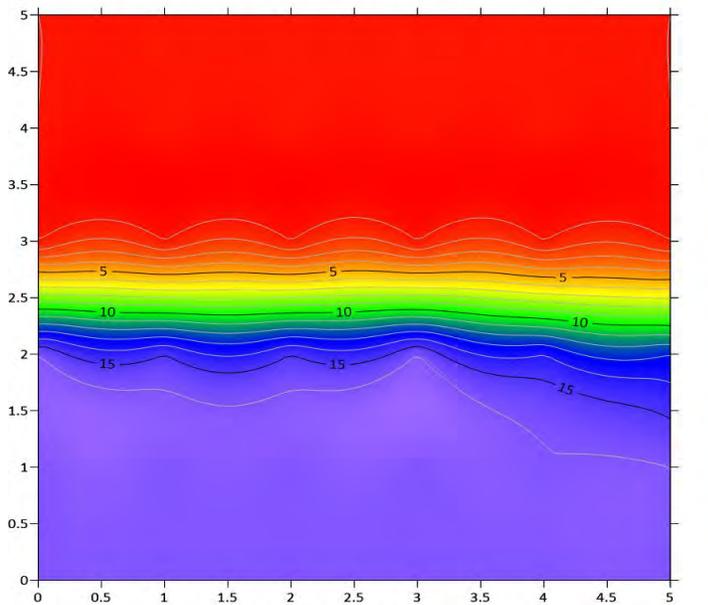
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO A



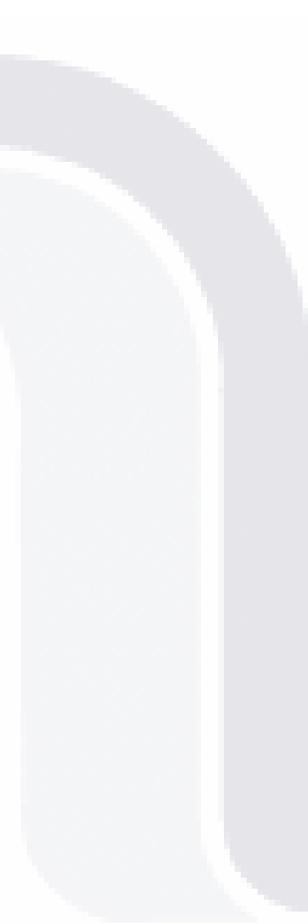
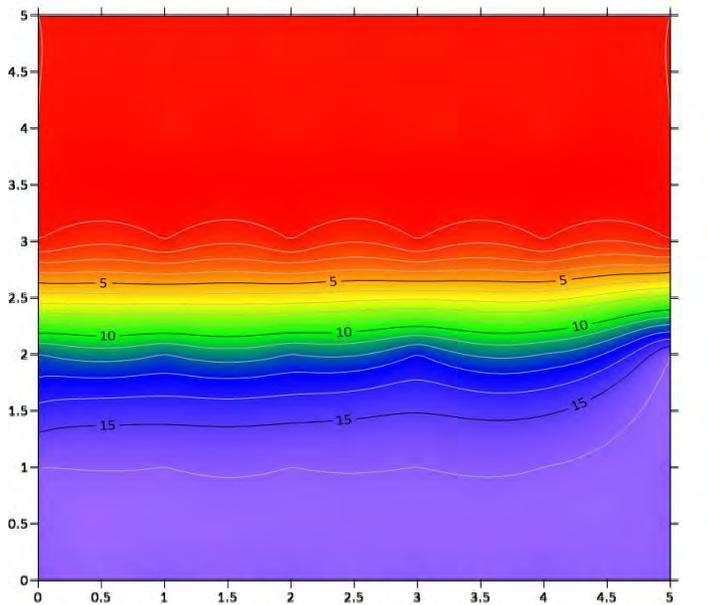
19:00 HRS 02/03/2023
MURO 4 LADO B



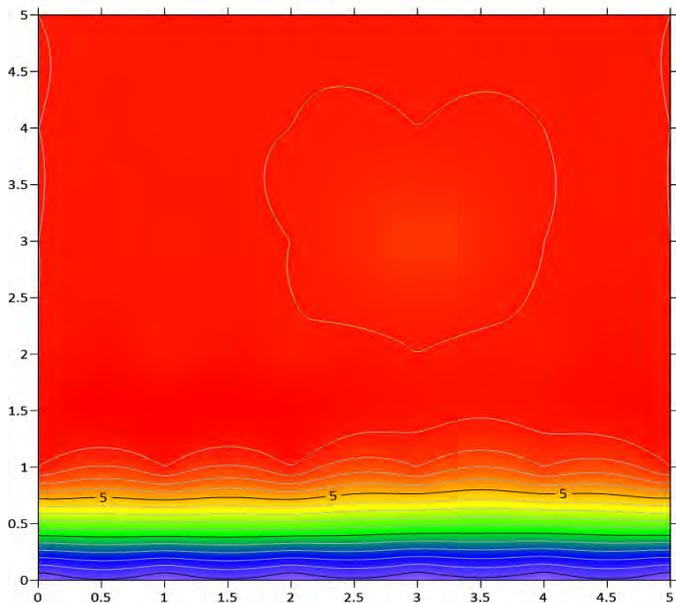
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 1 LADO A



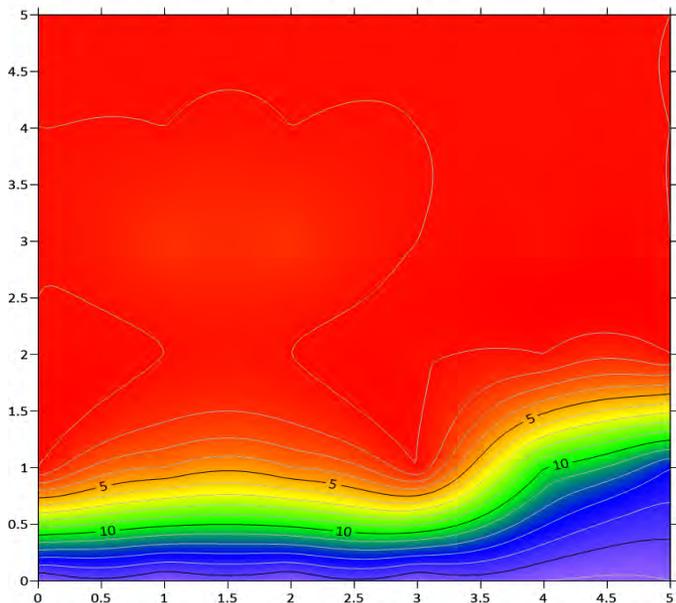
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 1 LADO B



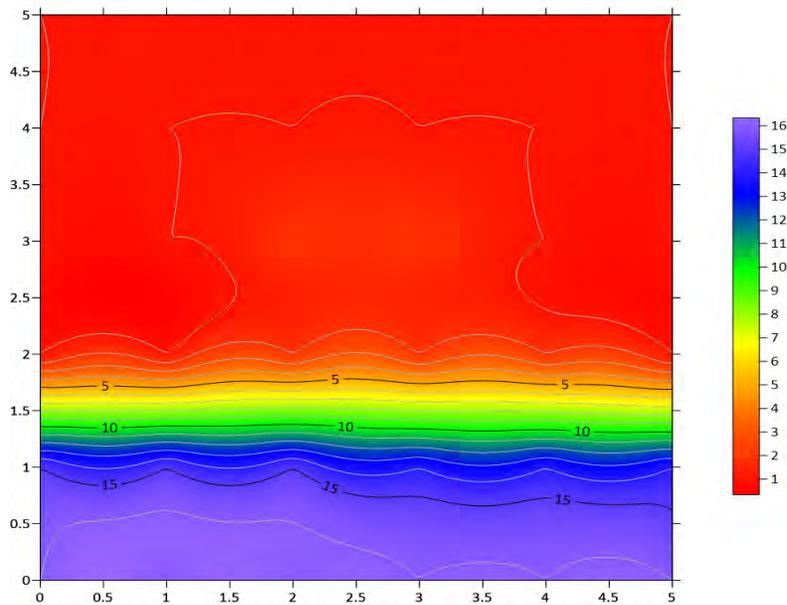
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 2 LADO A



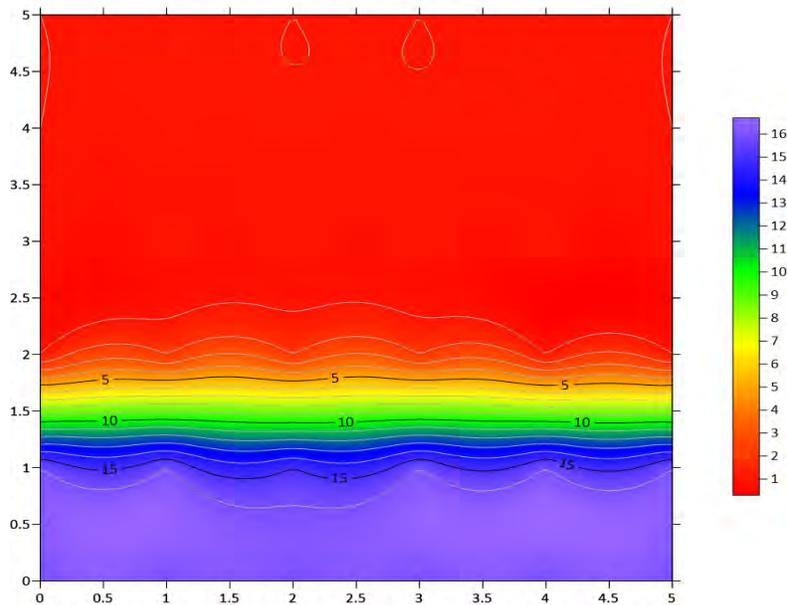
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 2 LADO B



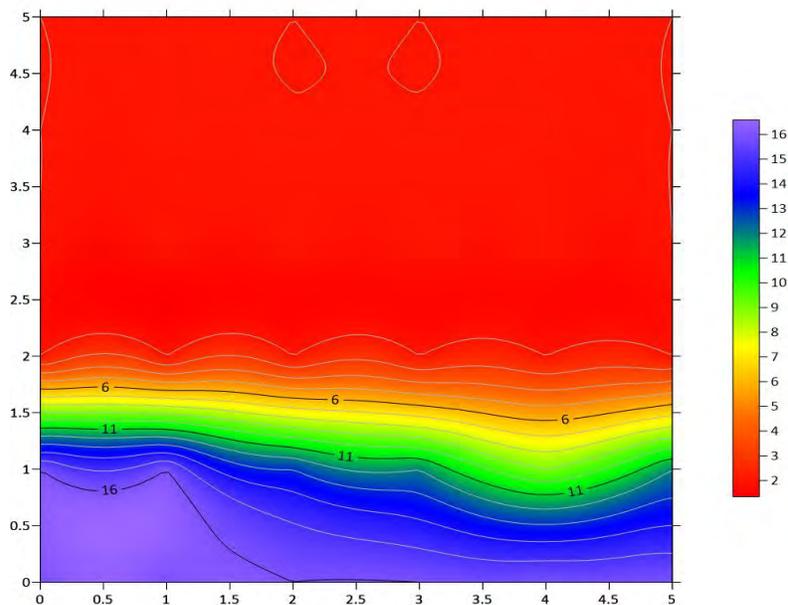
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 3 LADO A



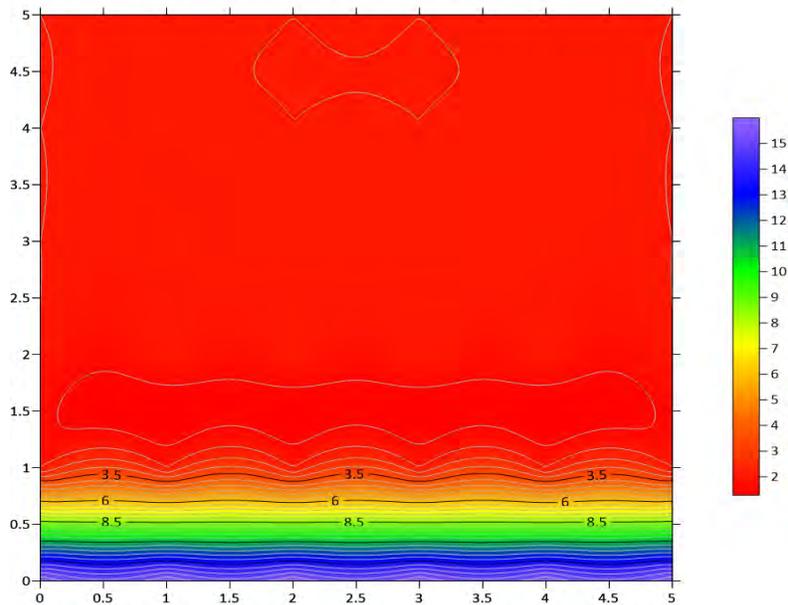
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 3 LADO B



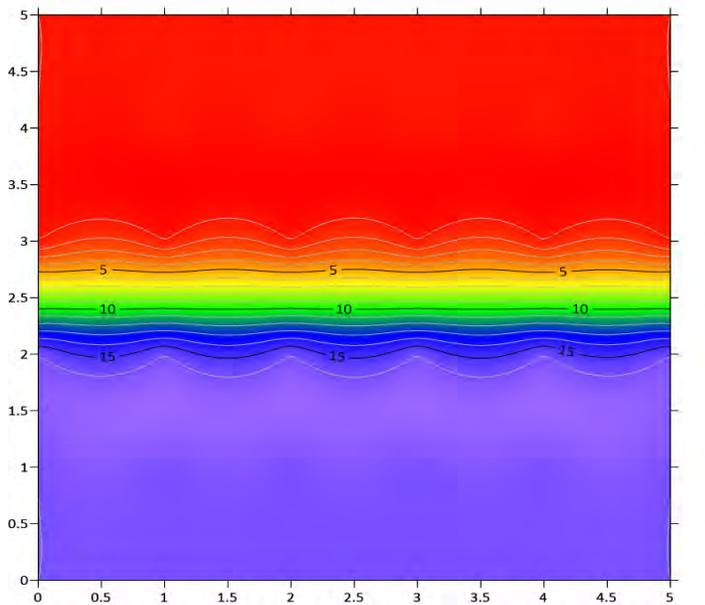
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 4 LADO A



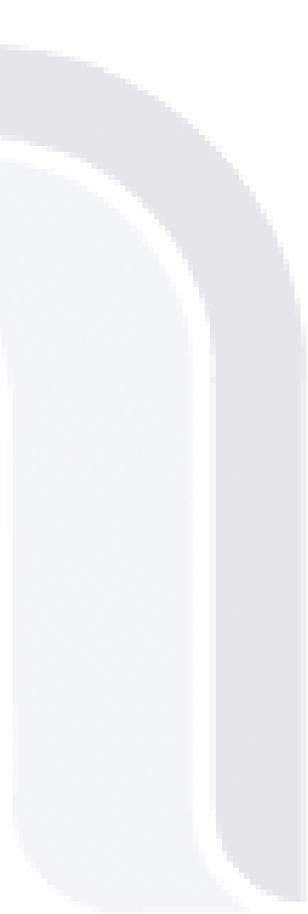
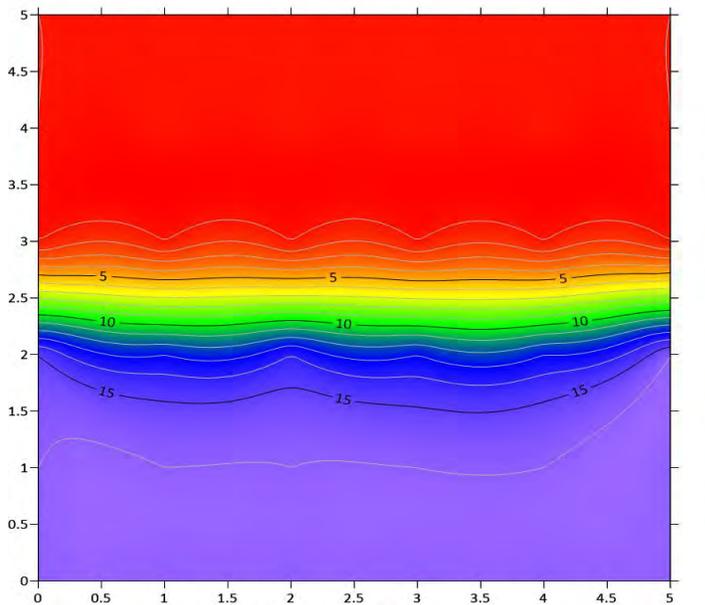
10:00 HRS 03/03/2023
MURO 4 LADO B



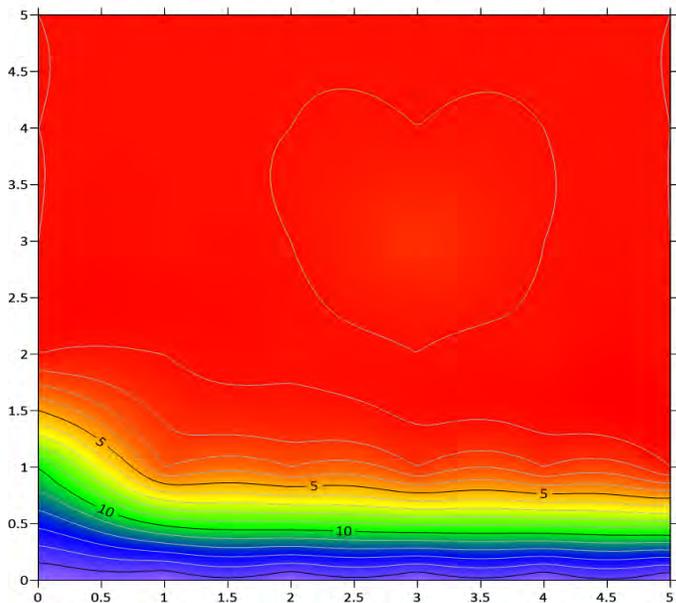
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 1 LADO A



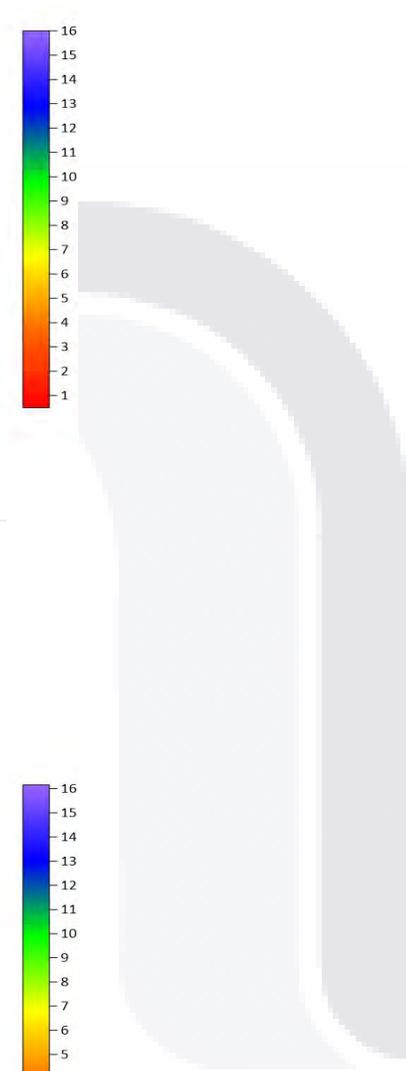
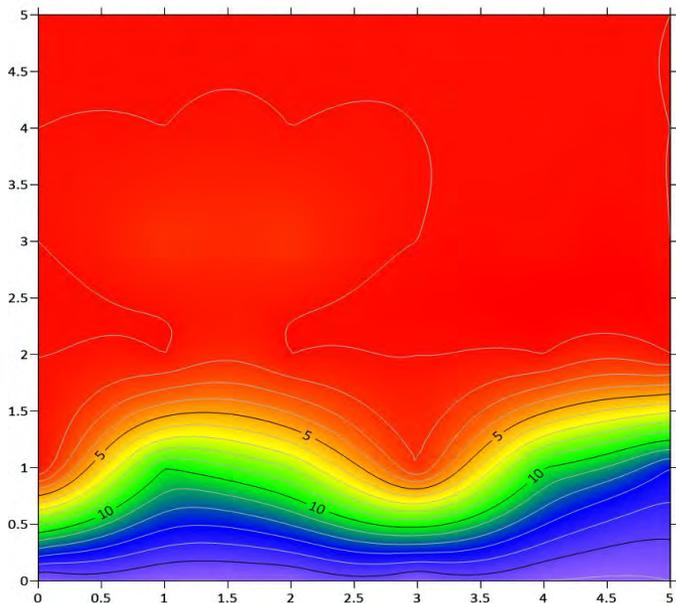
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 1 LADO B



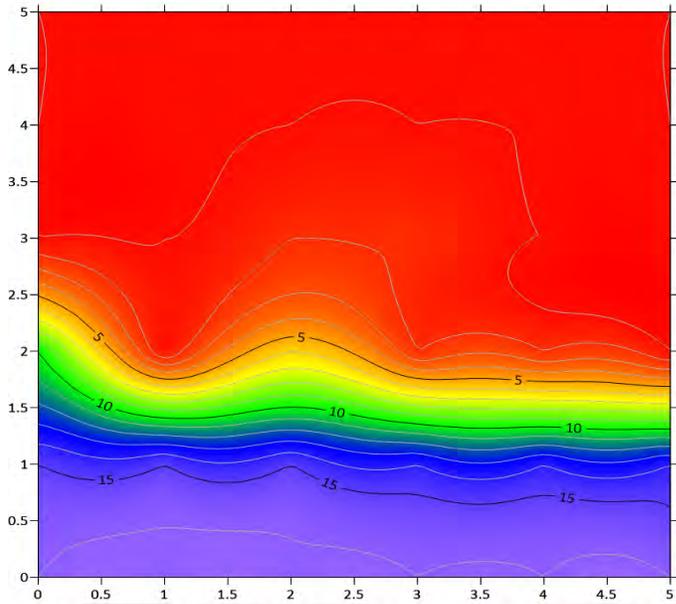
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 2 LADO A



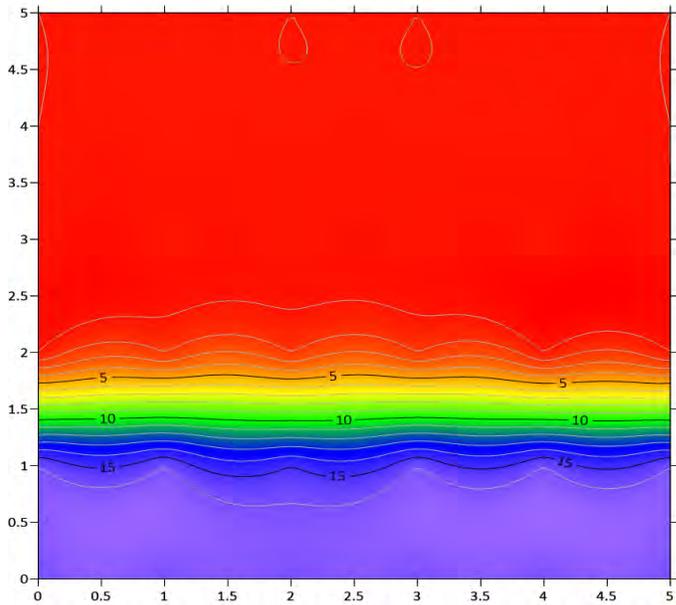
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 2 LADO B



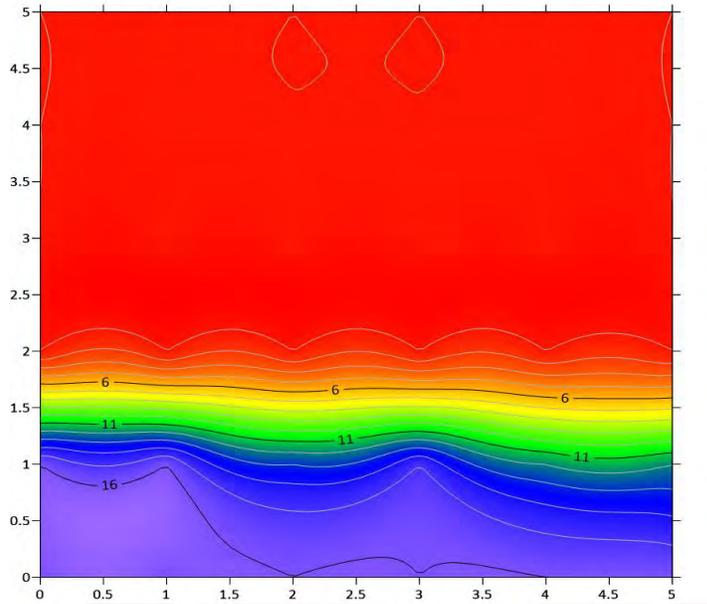
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 3 LADO A



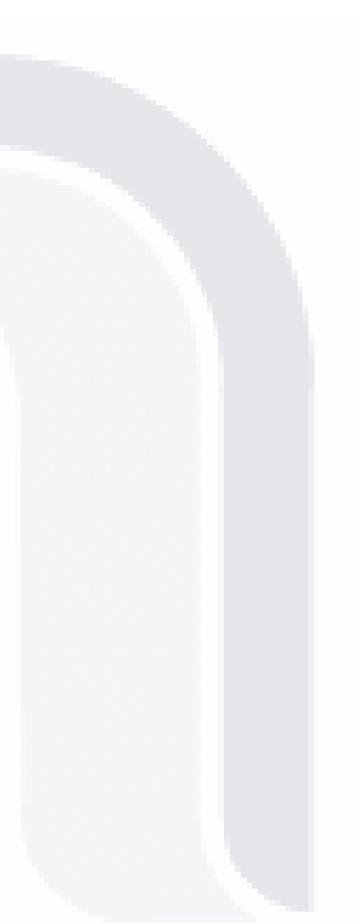
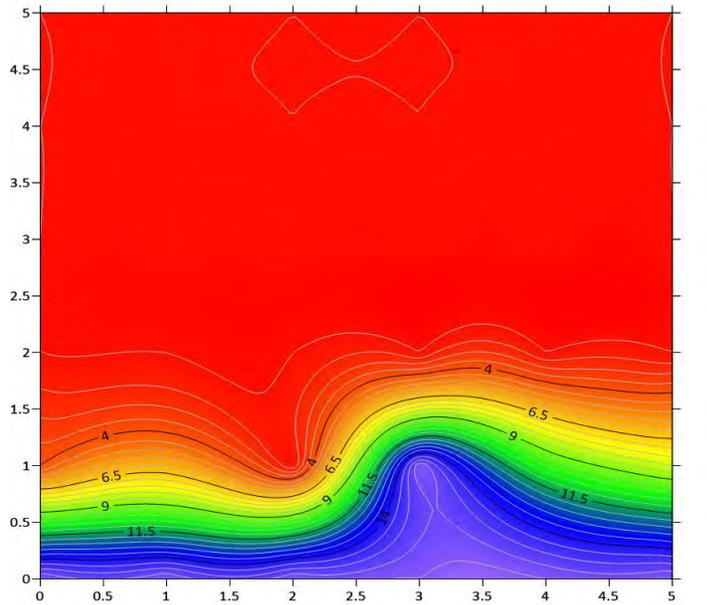
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 3 LADO B



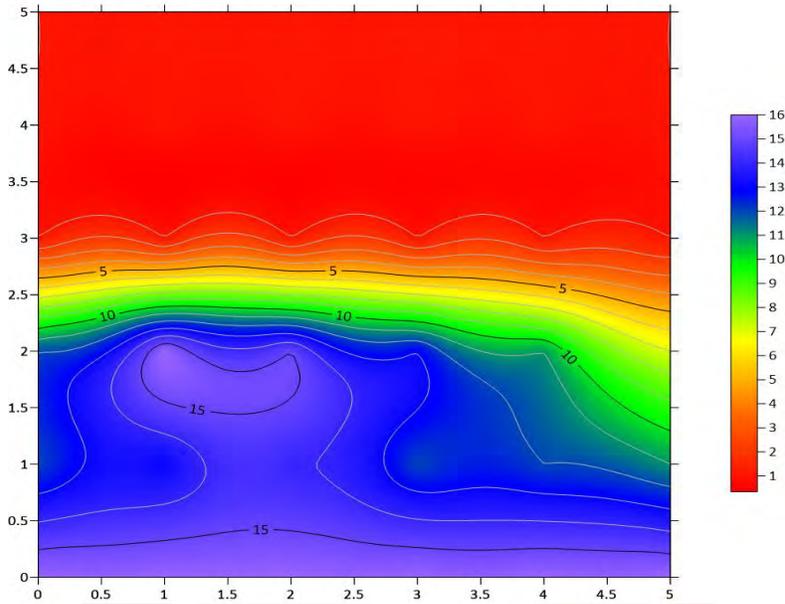
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 4 LADO A



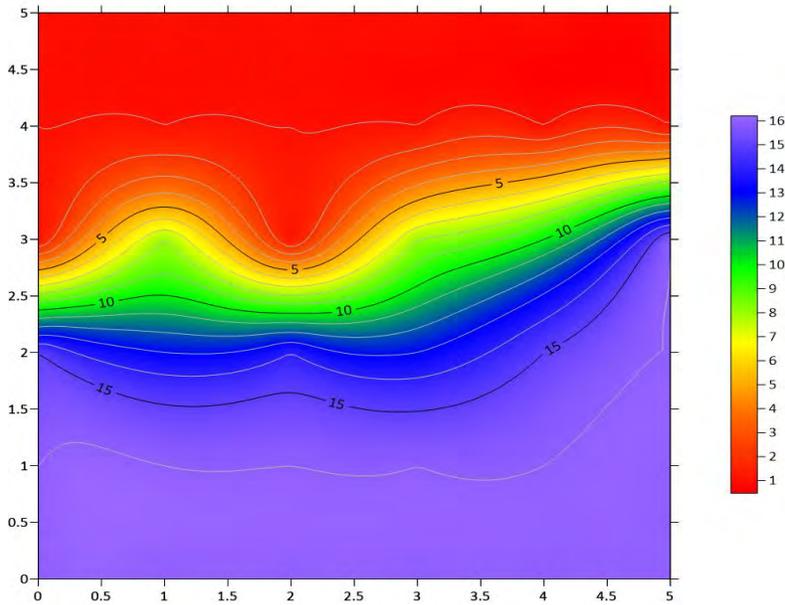
13:00 HRS 04/03/2023
MURO 4 LADO B



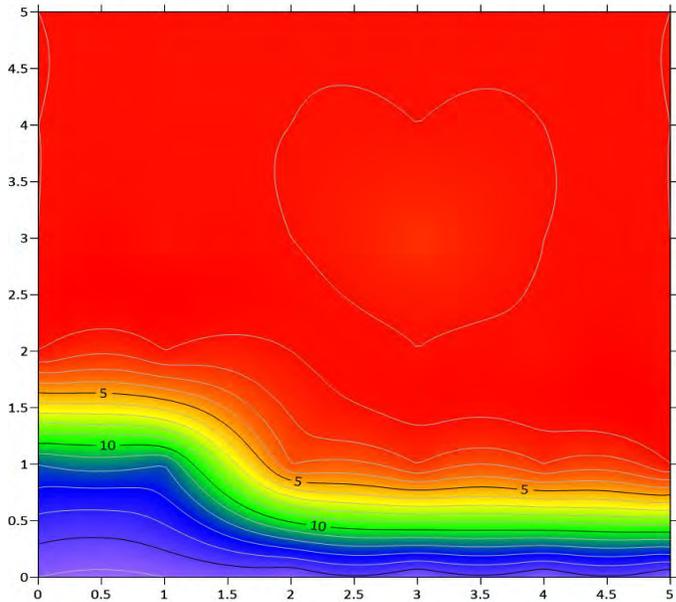
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 1 LADO A



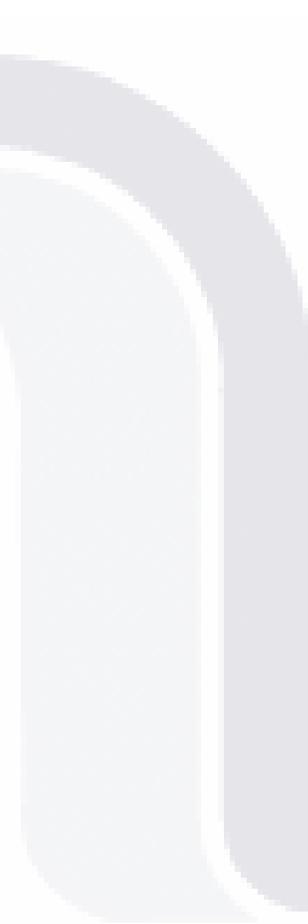
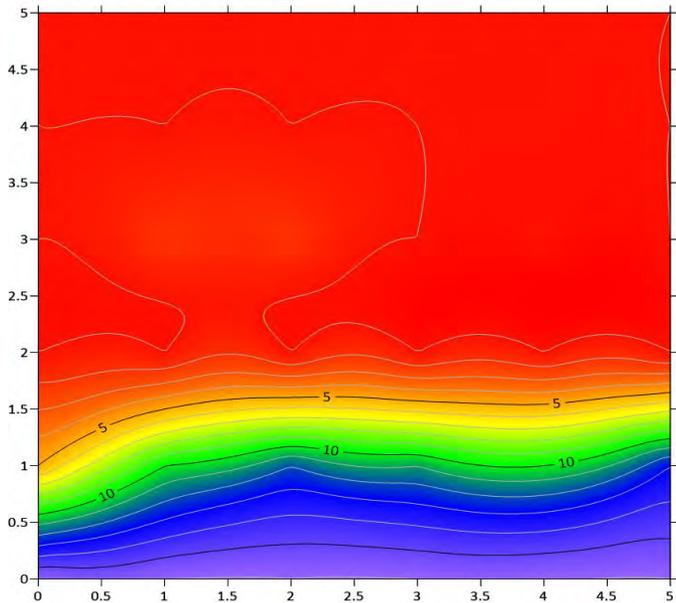
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 1 LADO B



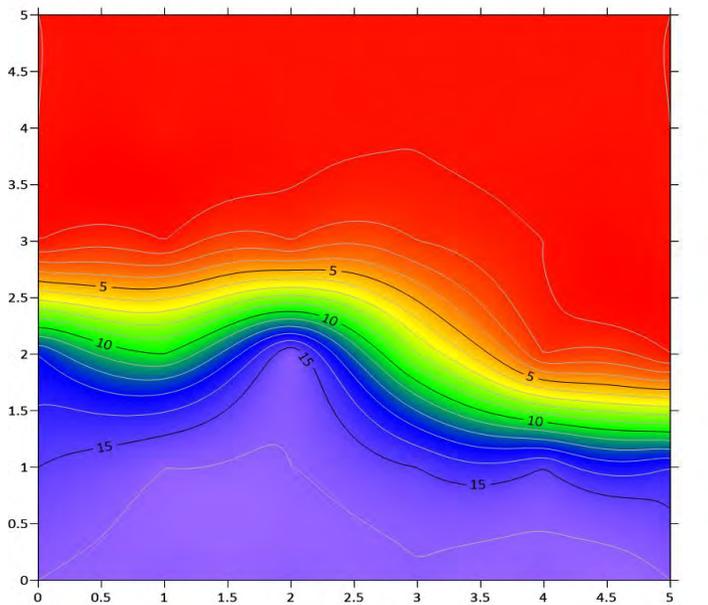
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 2 LADO A



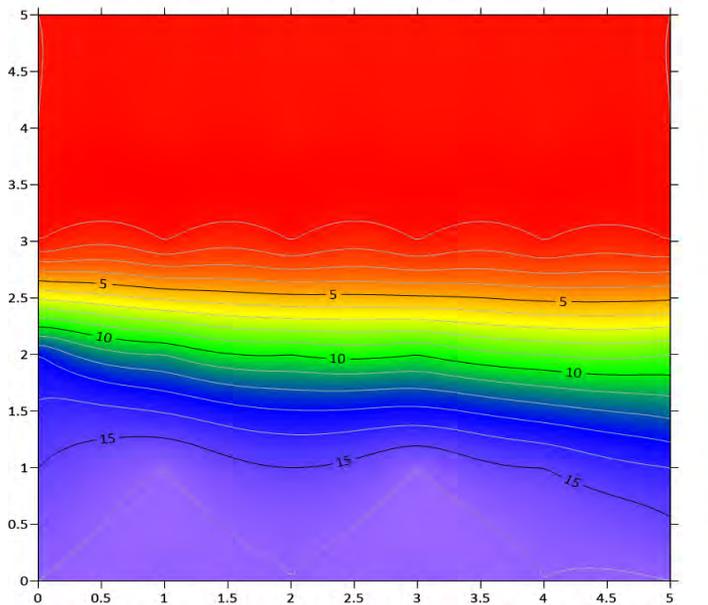
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 2 LADO B



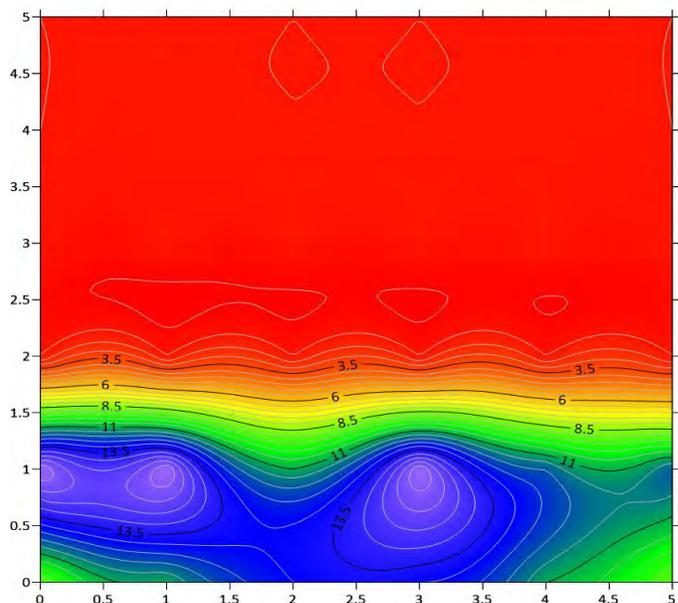
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 3 LADO A



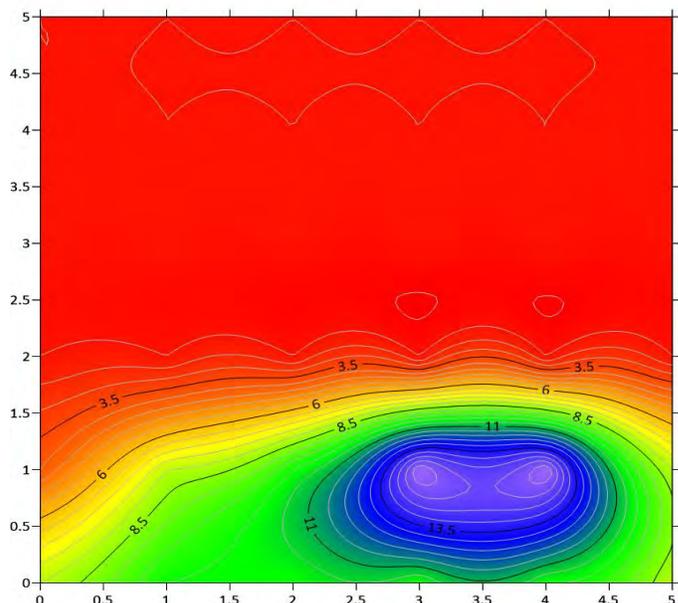
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 3 LADO B



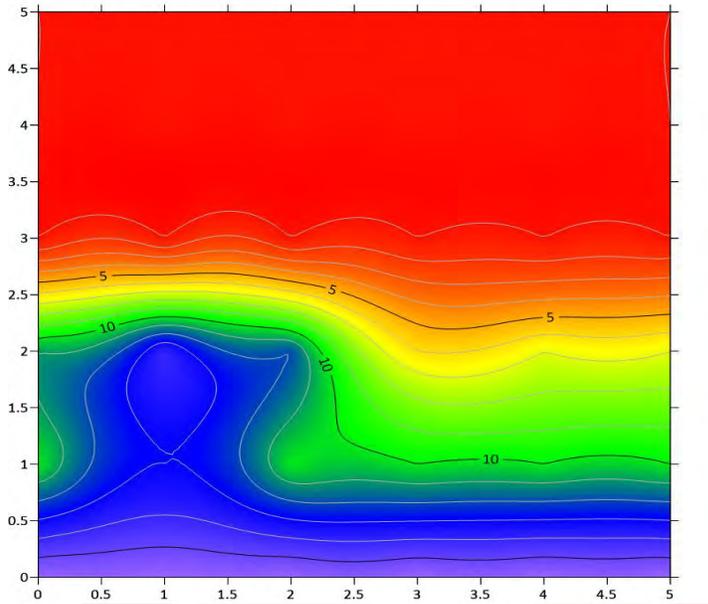
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 4 LADO A



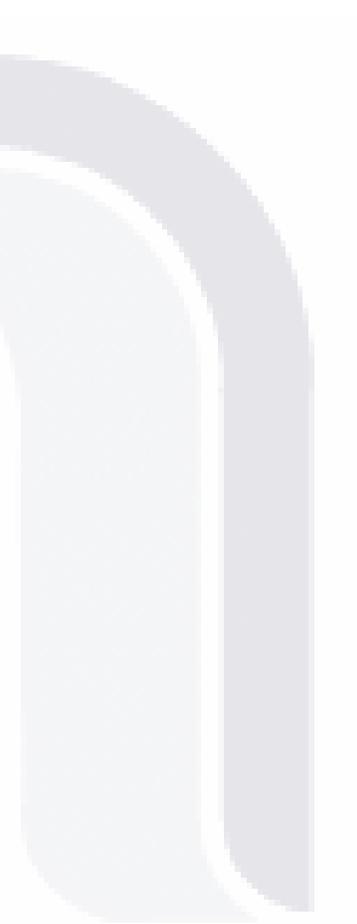
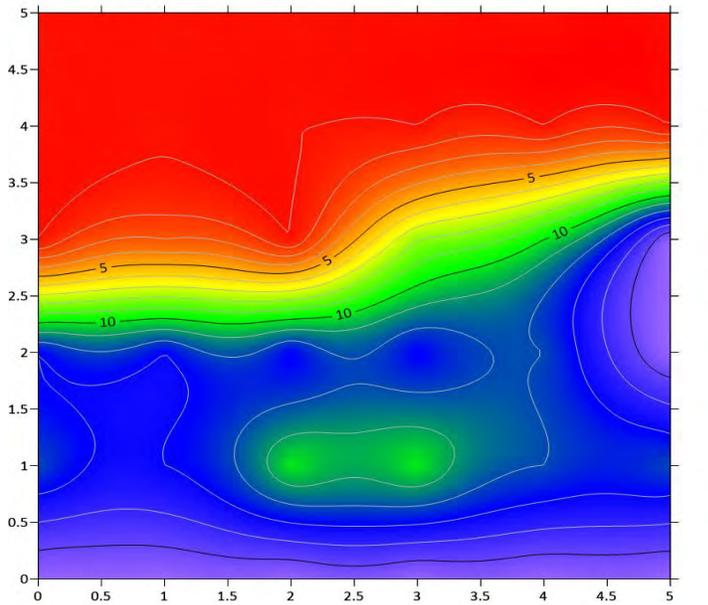
15:00 HRS 06/03/2023
MURO 4 LADO B



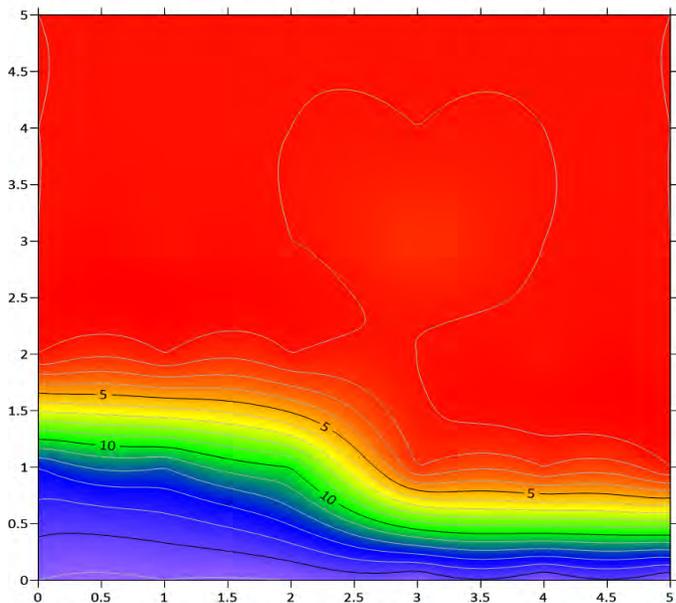
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 1 LADO A



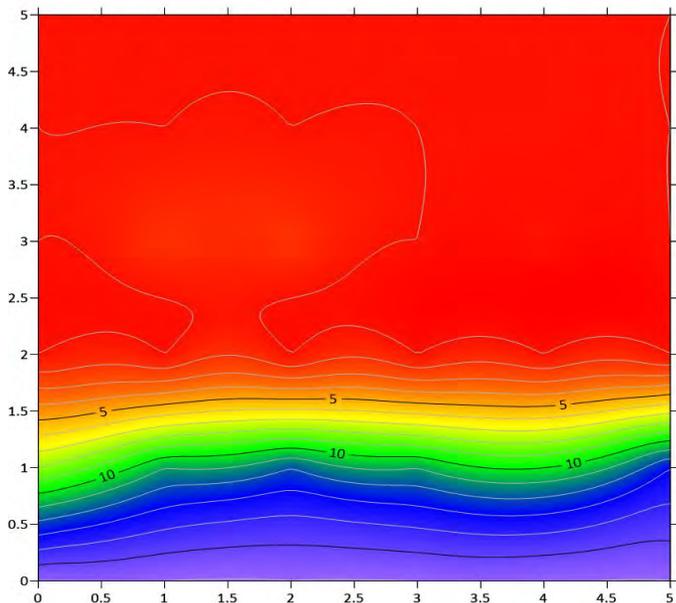
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 1 LADO B



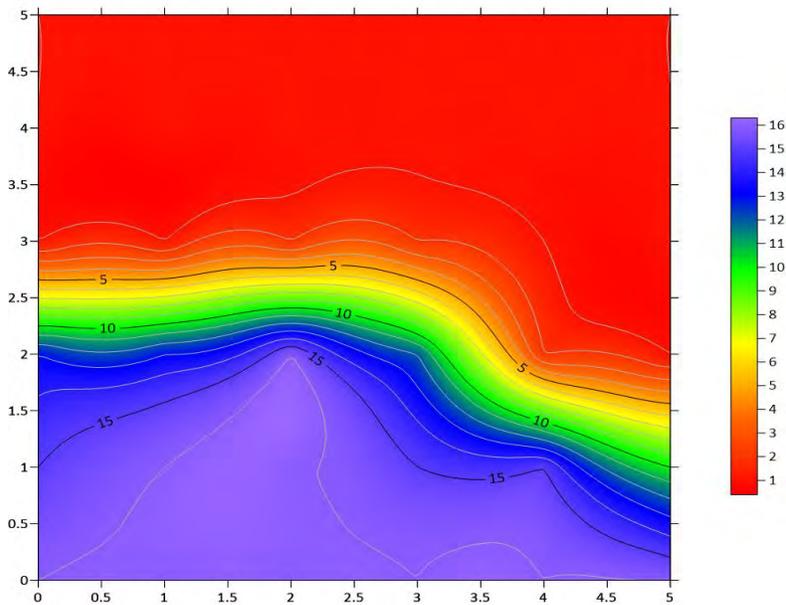
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 2 LADO A



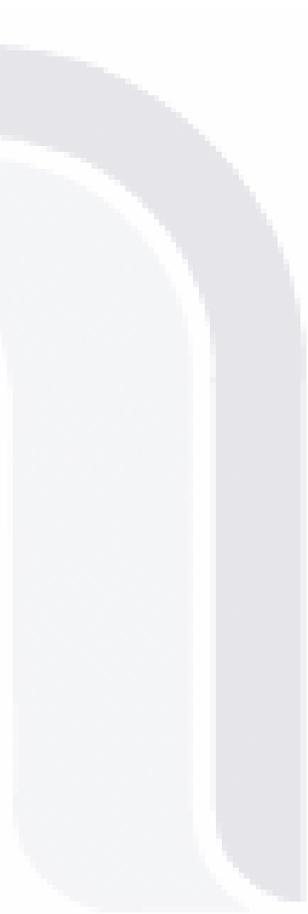
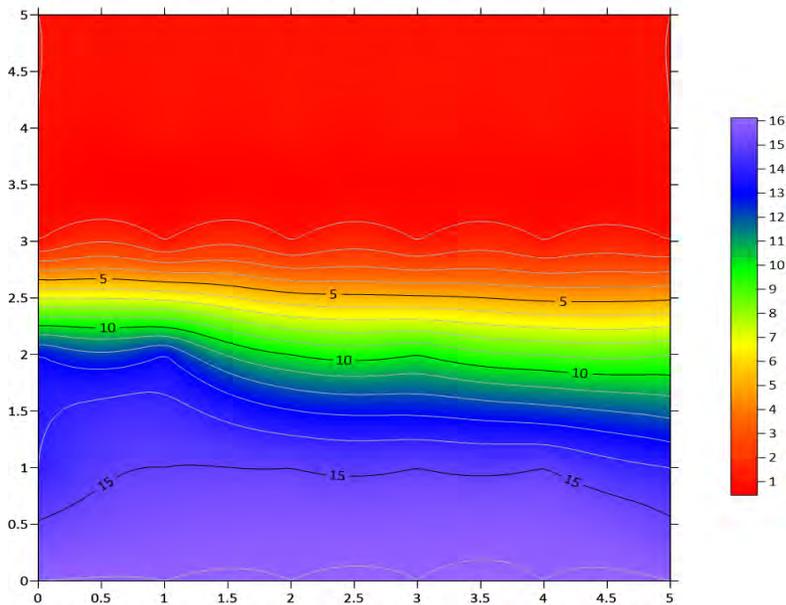
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 2 LADO B



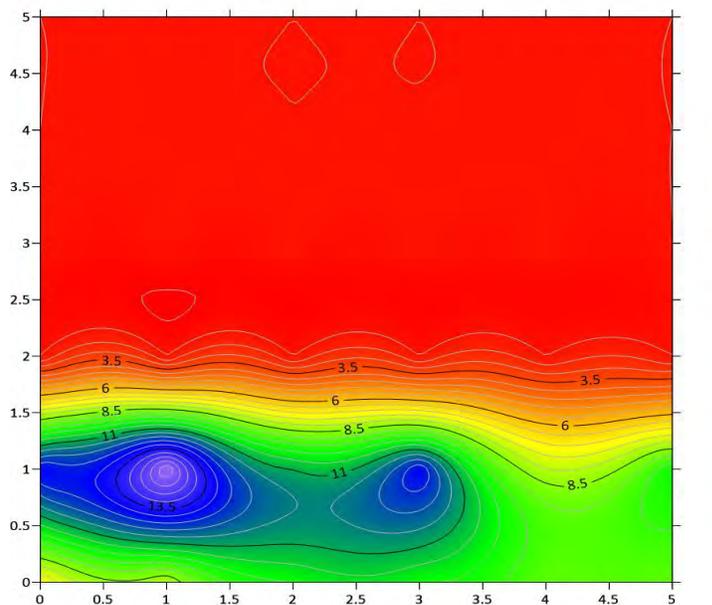
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 3 LADO A



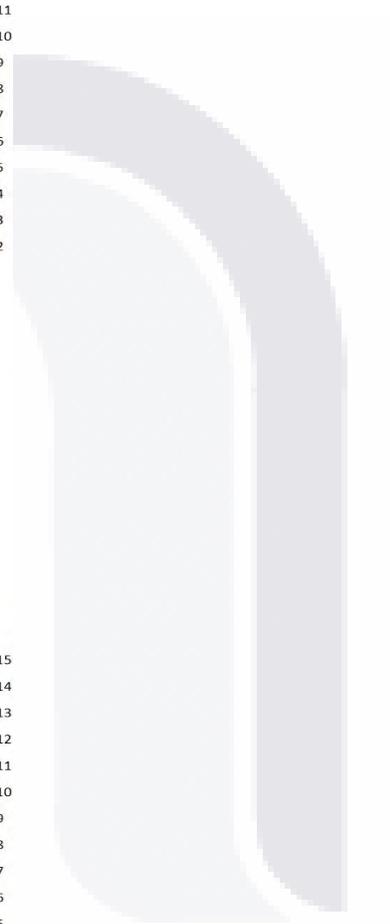
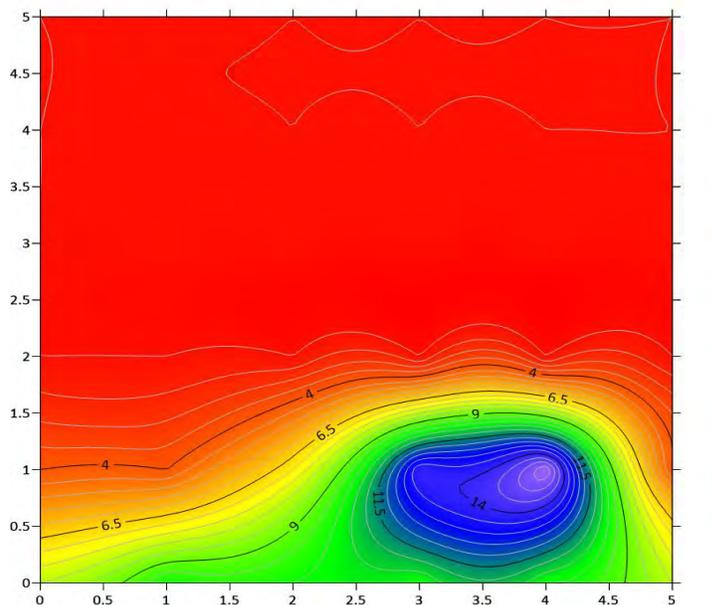
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 3 LADO B



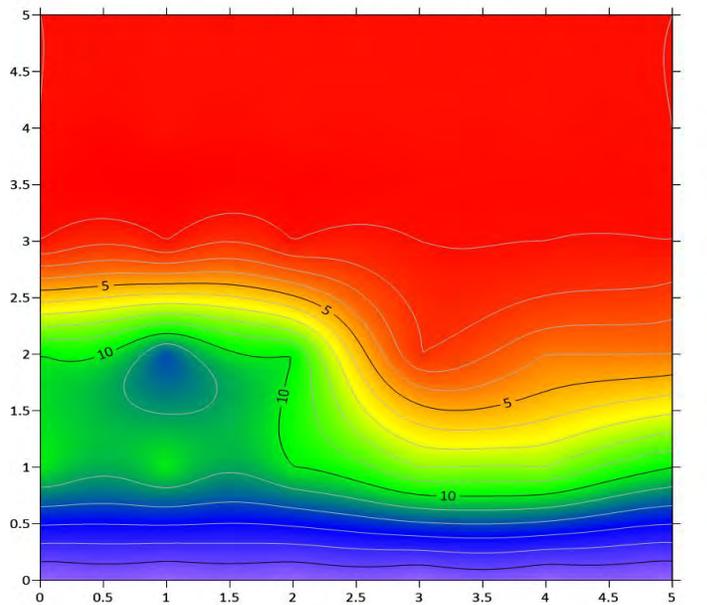
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 4 LADO A



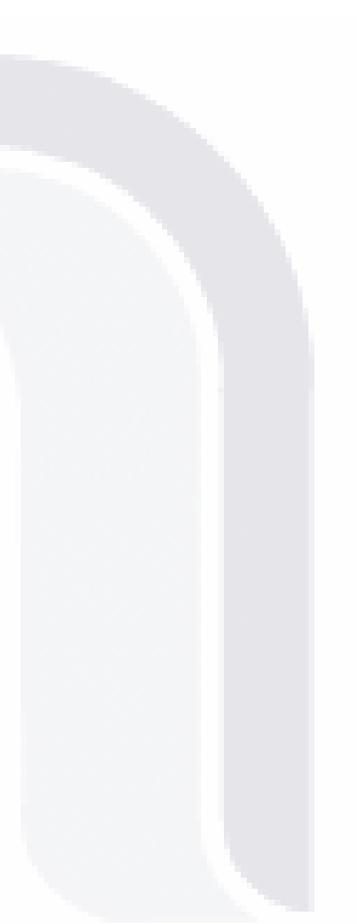
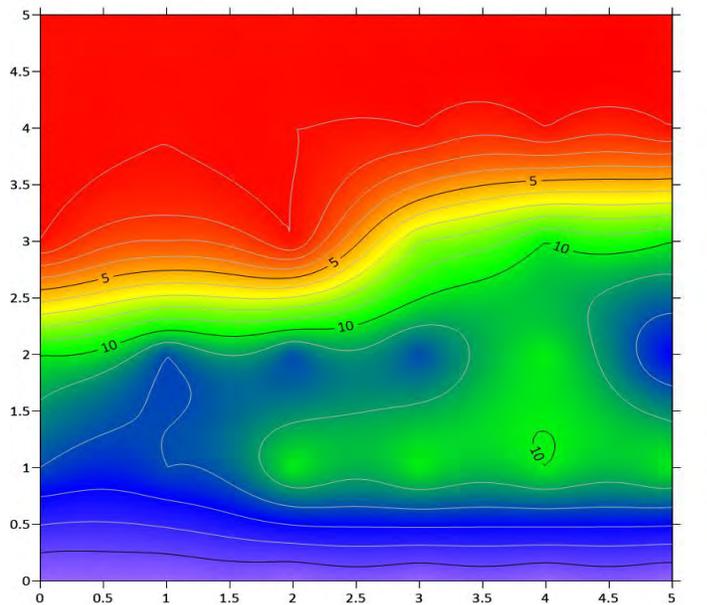
15:00 HRS 07/03/2023
MURO 4 LADO B



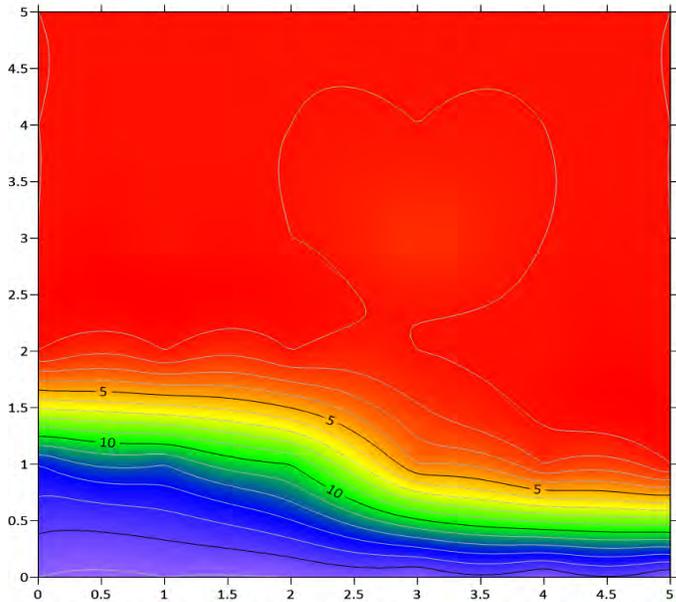
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 1 LADO A



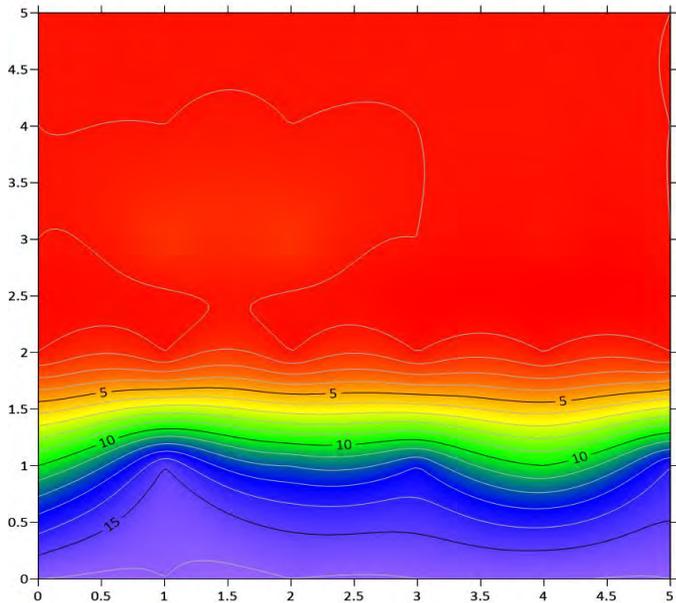
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 1 LADO B



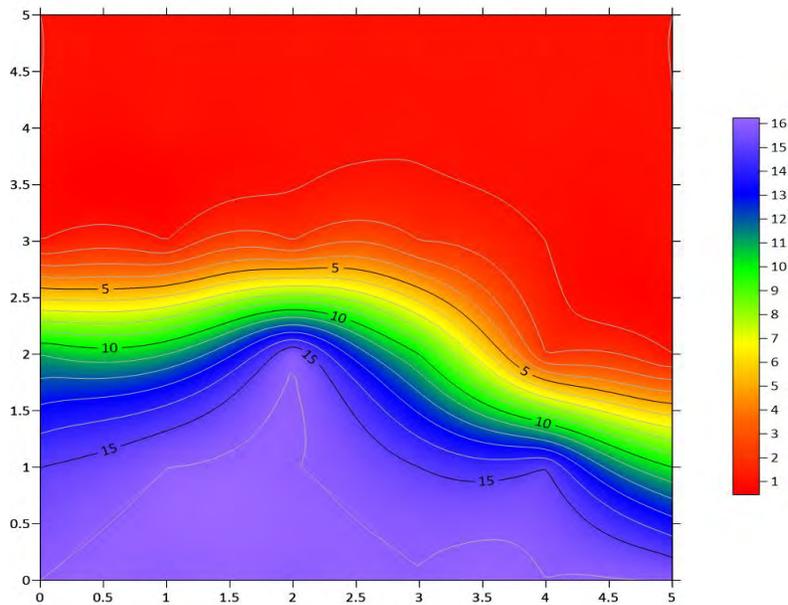
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 2 LADO A



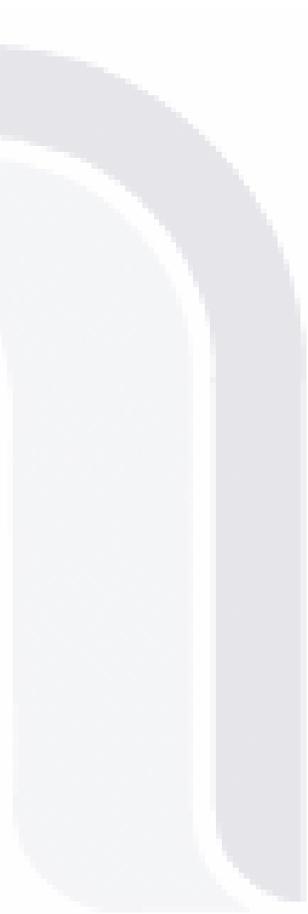
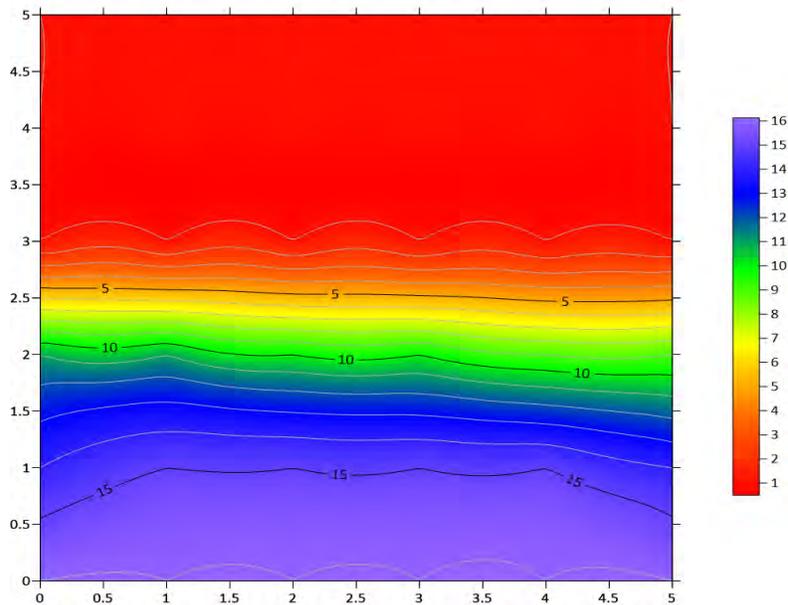
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 2 LADO B



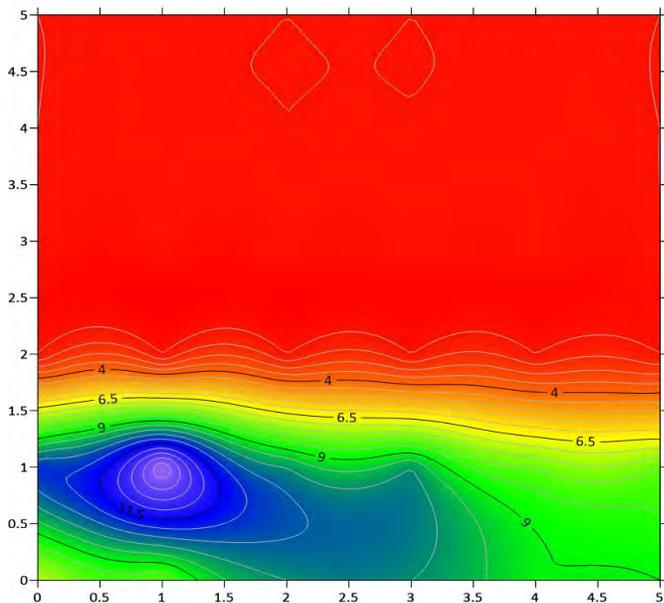
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 3 LADO A



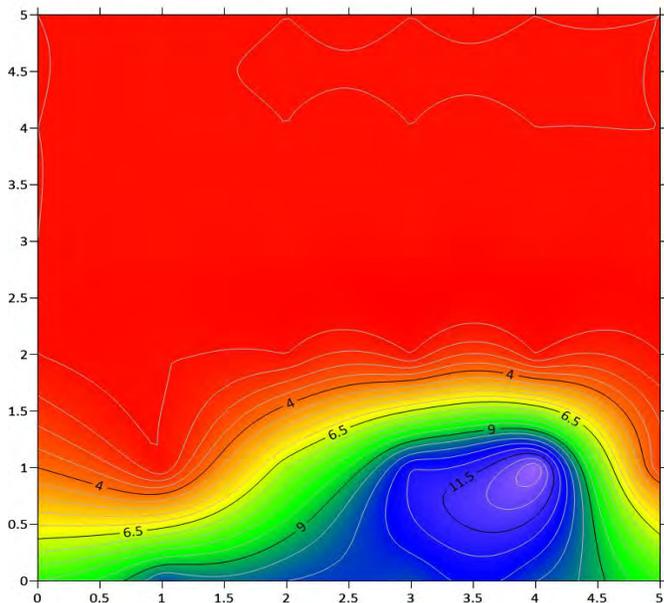
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 3 LADO B



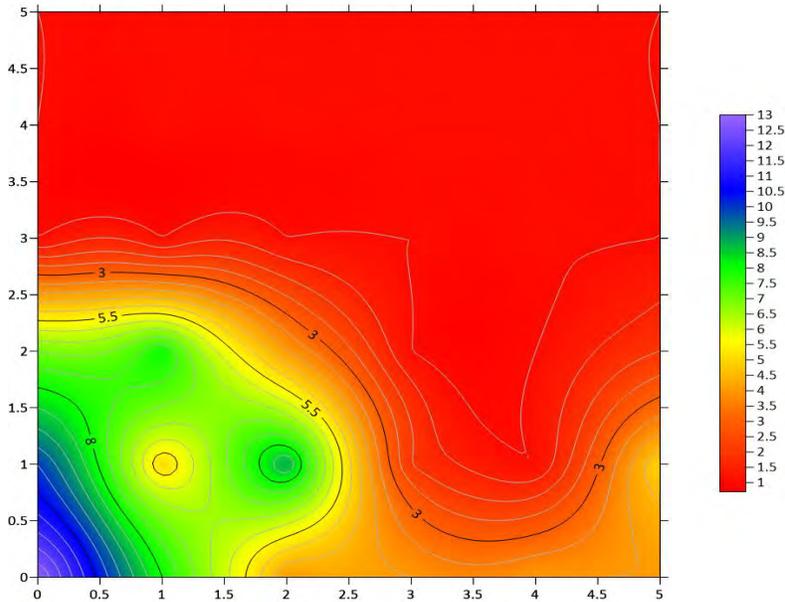
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 4 LADO A



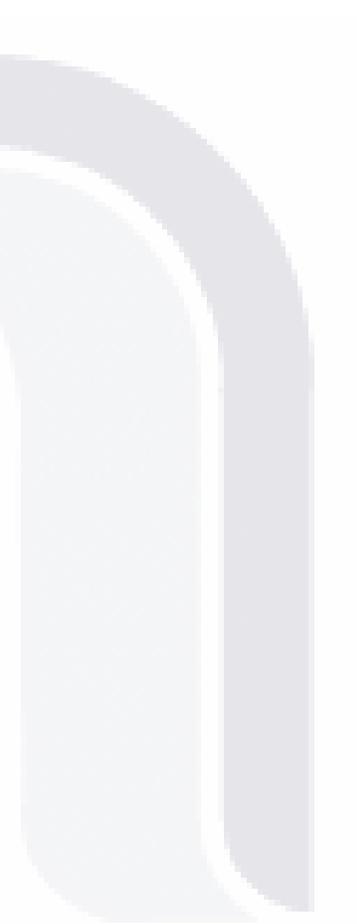
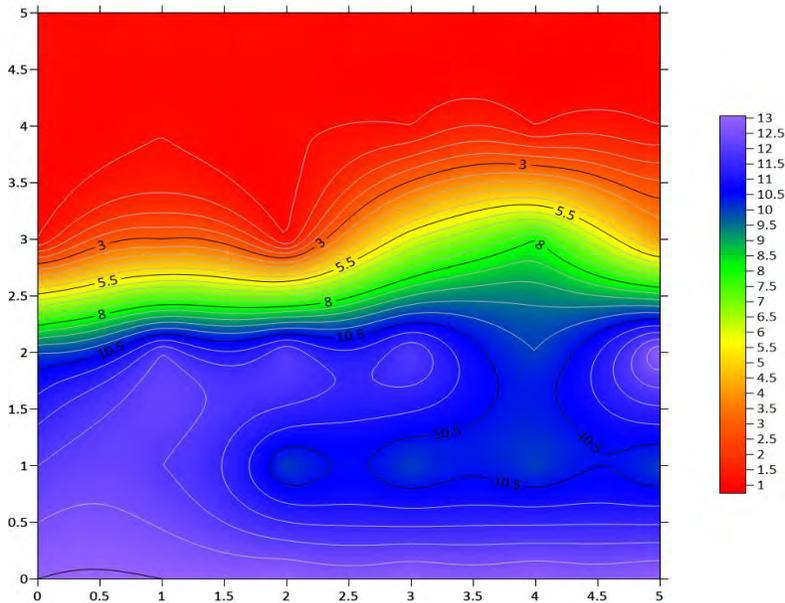
13:00 HRS 08/03/2023
MURO 4 LADO B



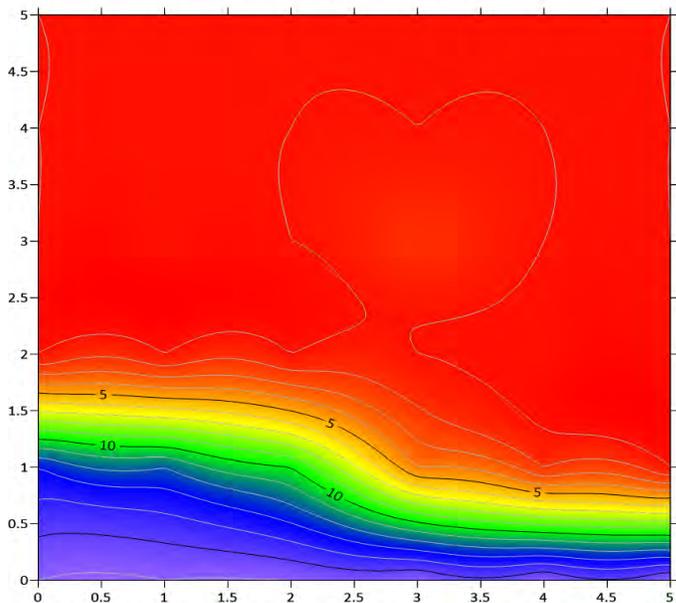
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 1 LADO A



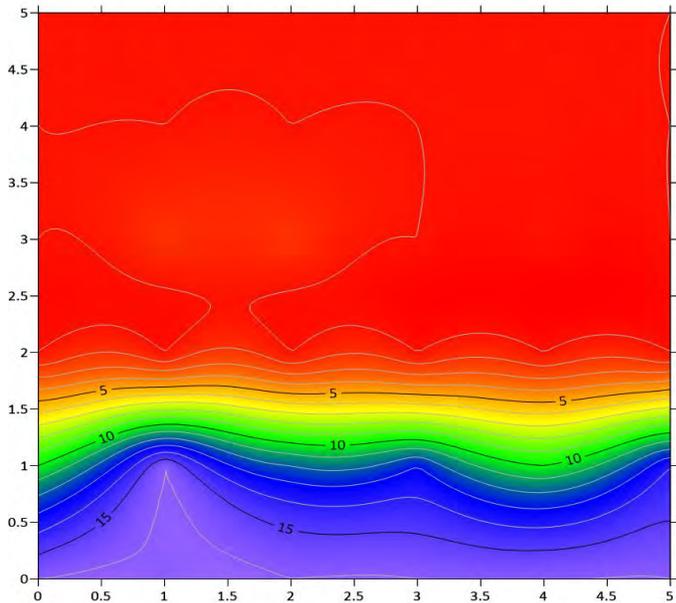
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 1 LADO B



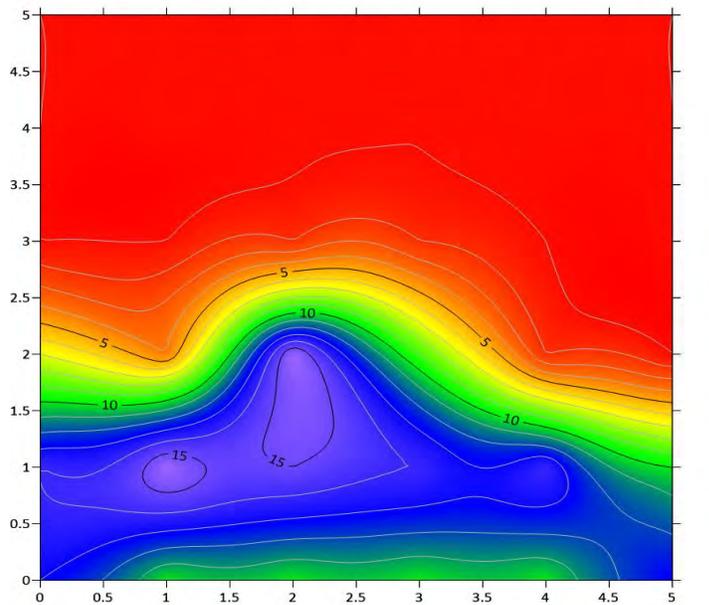
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 2 LADO A



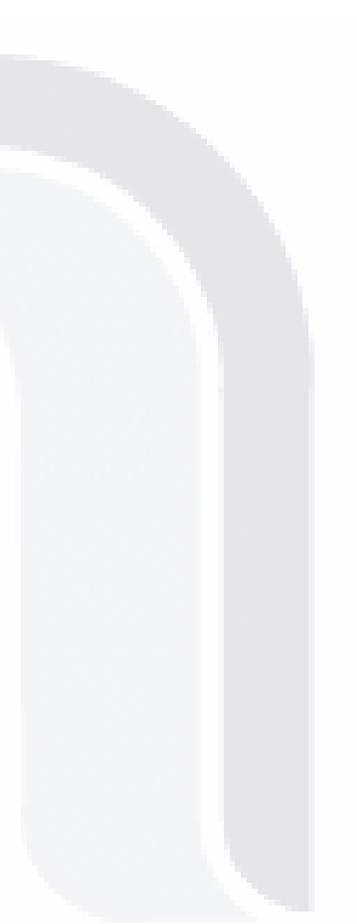
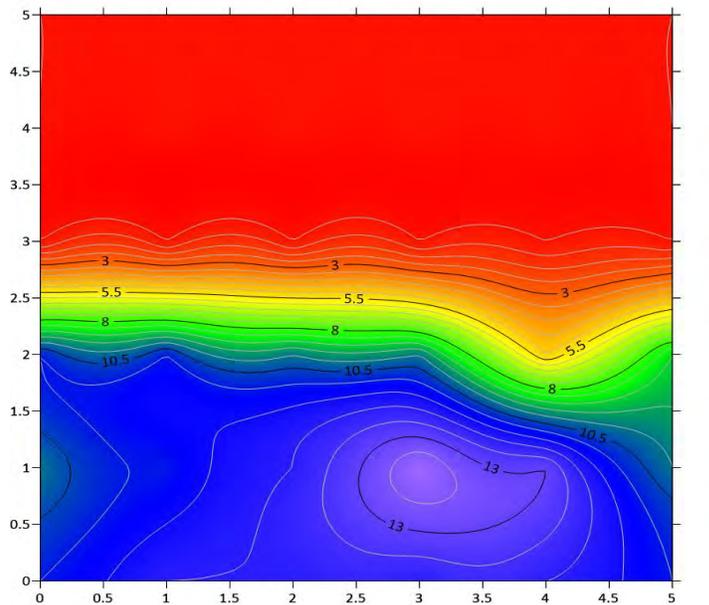
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 2 LADO B



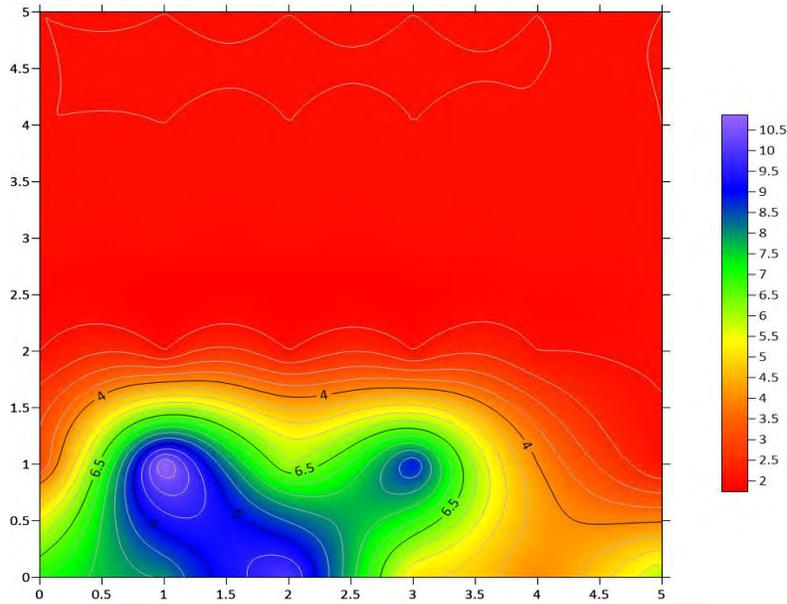
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 3 LADO A



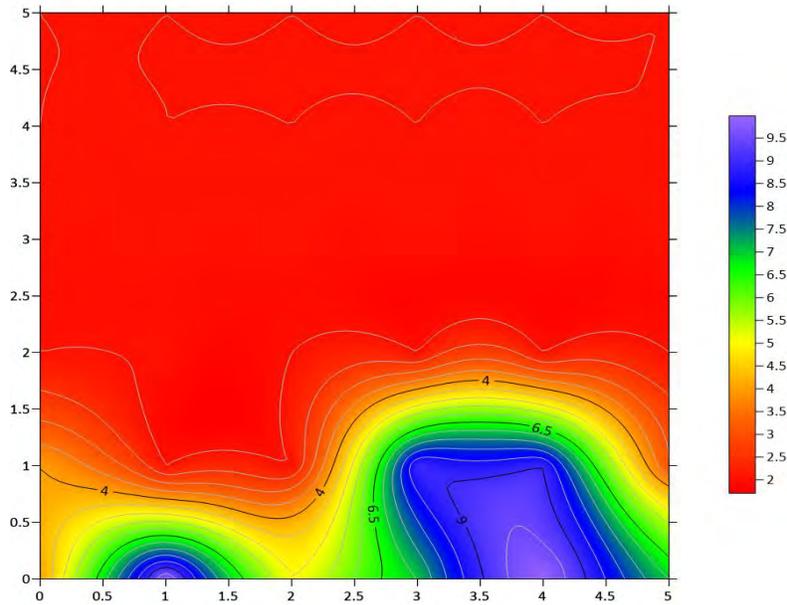
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 3 LADO B



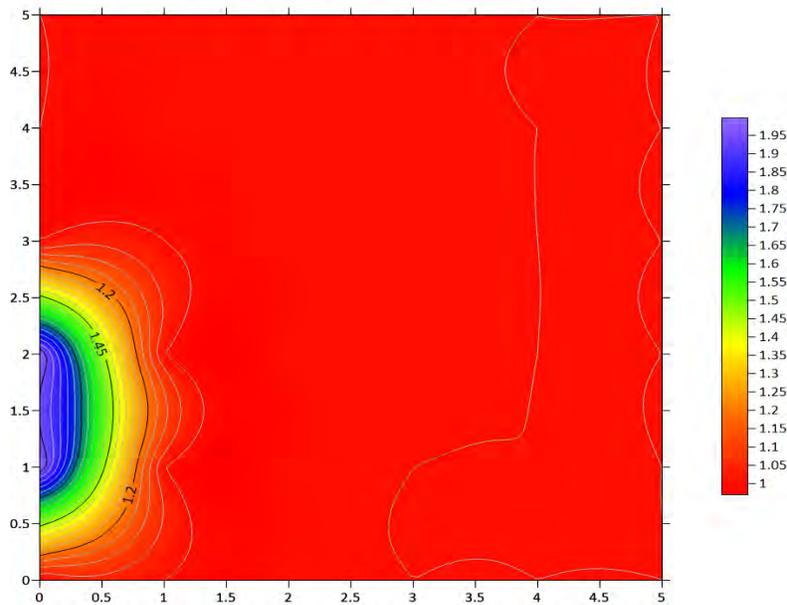
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 4 LADO A



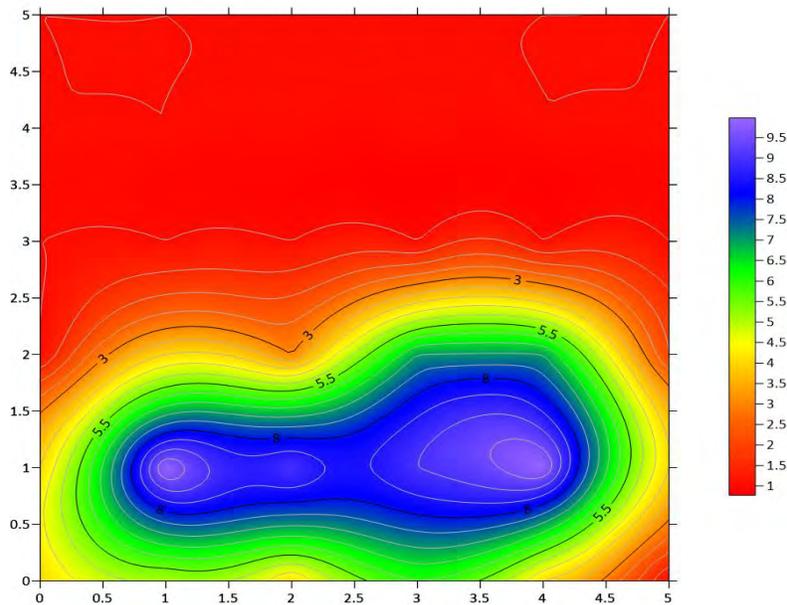
14:00 HRS 09/03/2023
MURO 4 LADO B



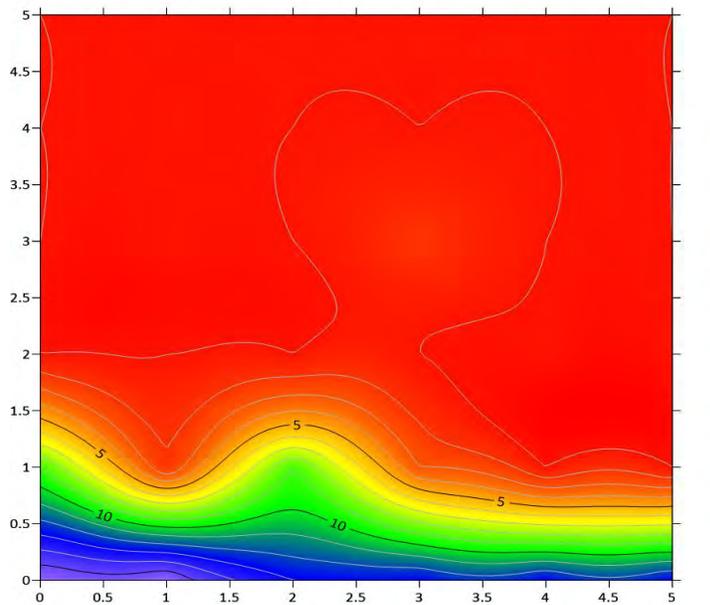
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 1 LADO A



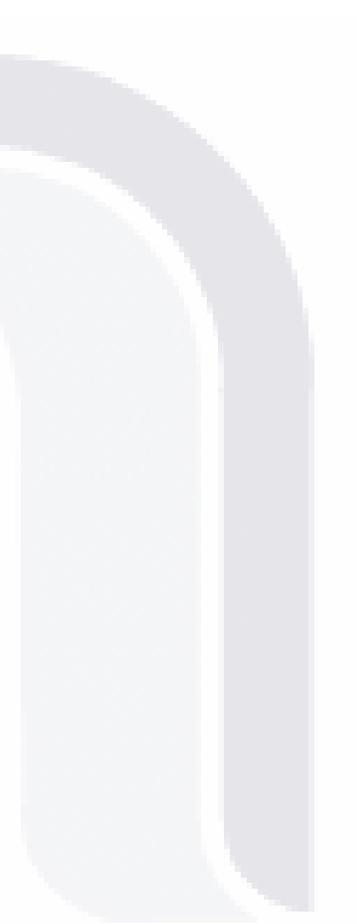
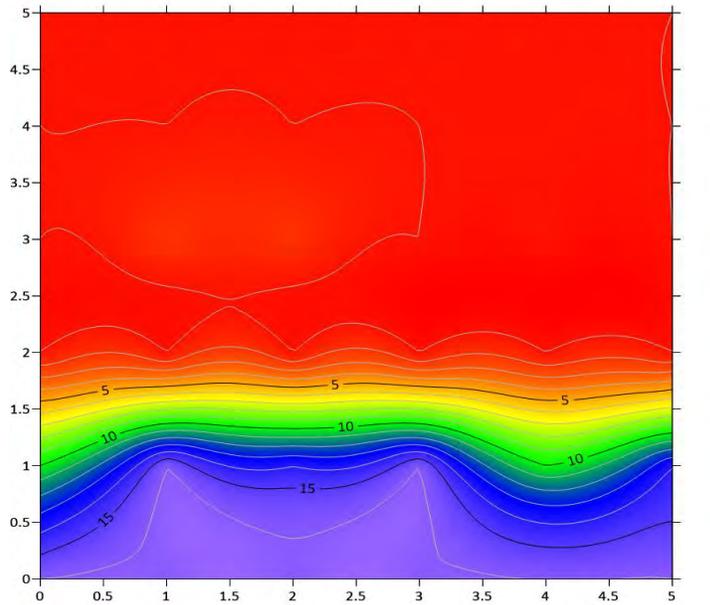
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 1 LADO B



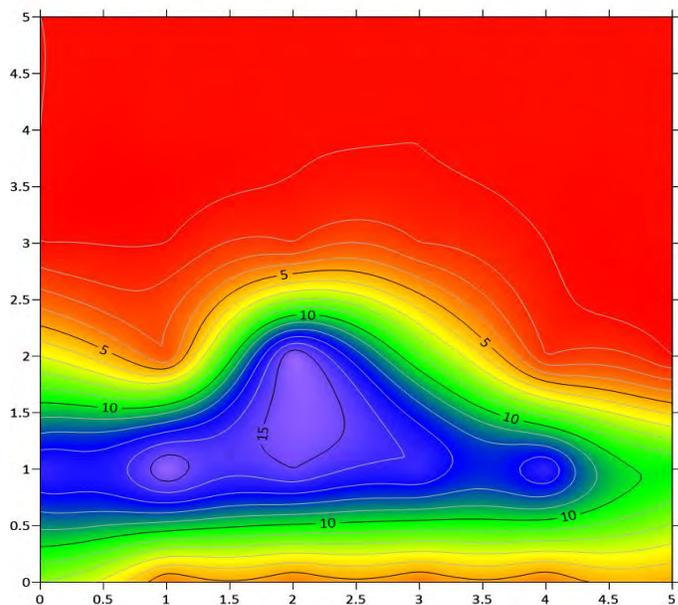
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 2 LADO A



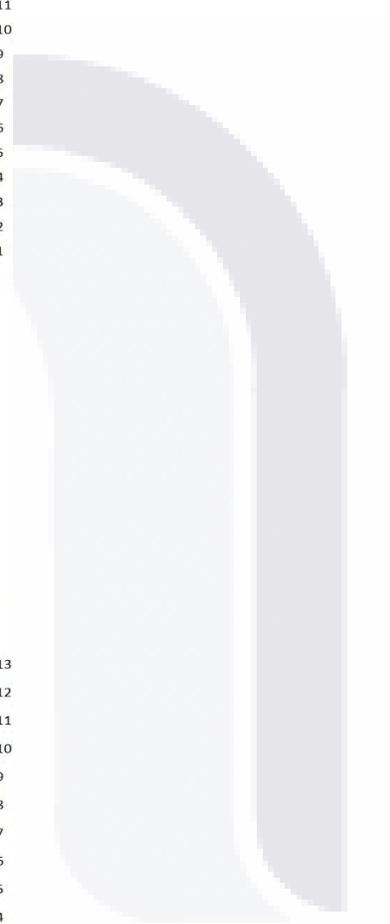
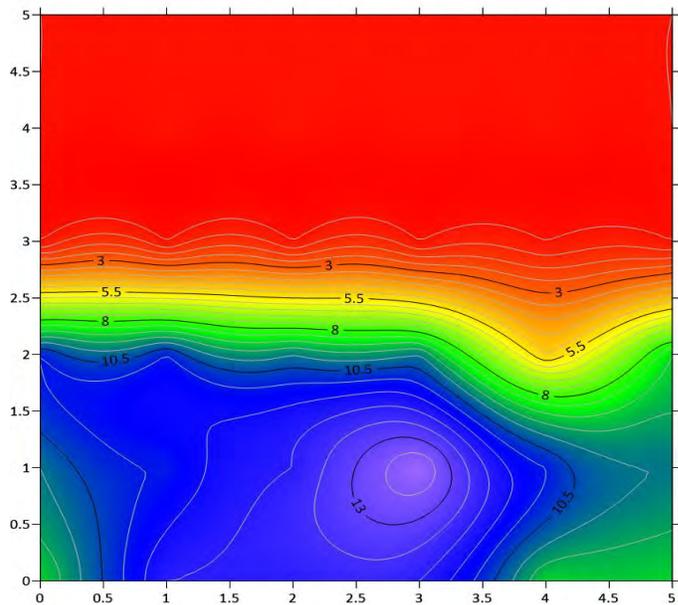
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 2 LADO B



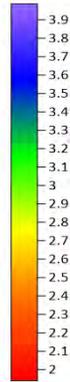
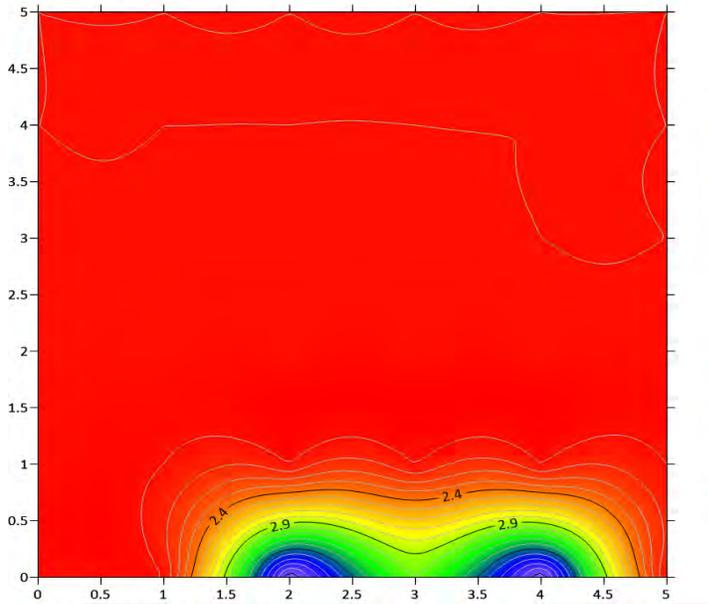
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 3 LADO A



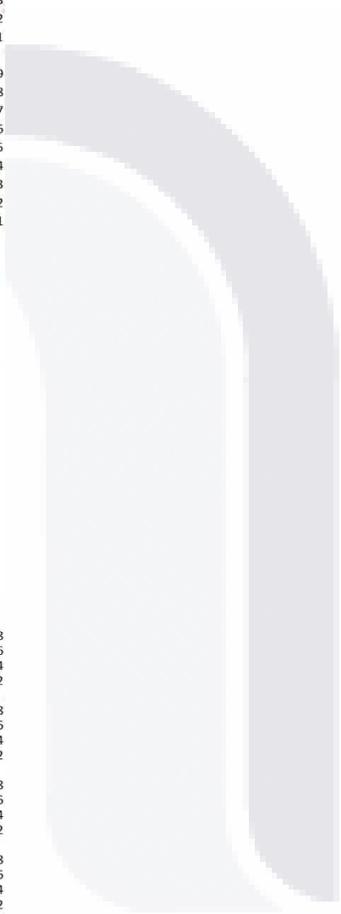
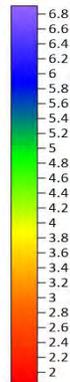
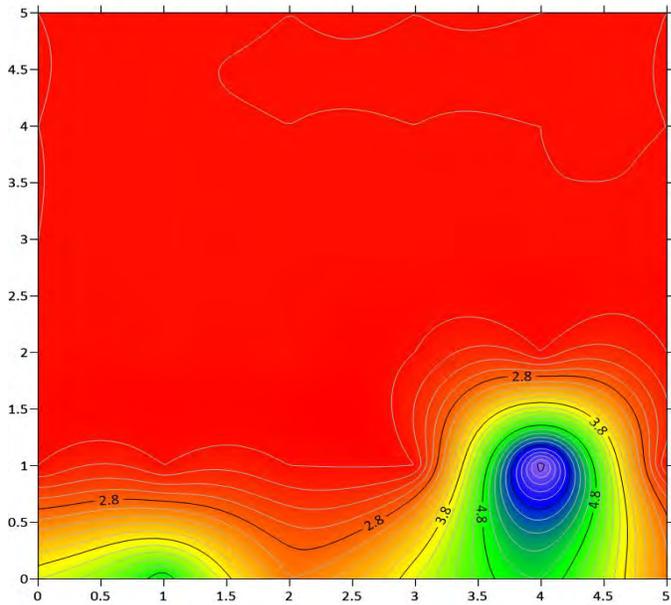
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 3 LADO B



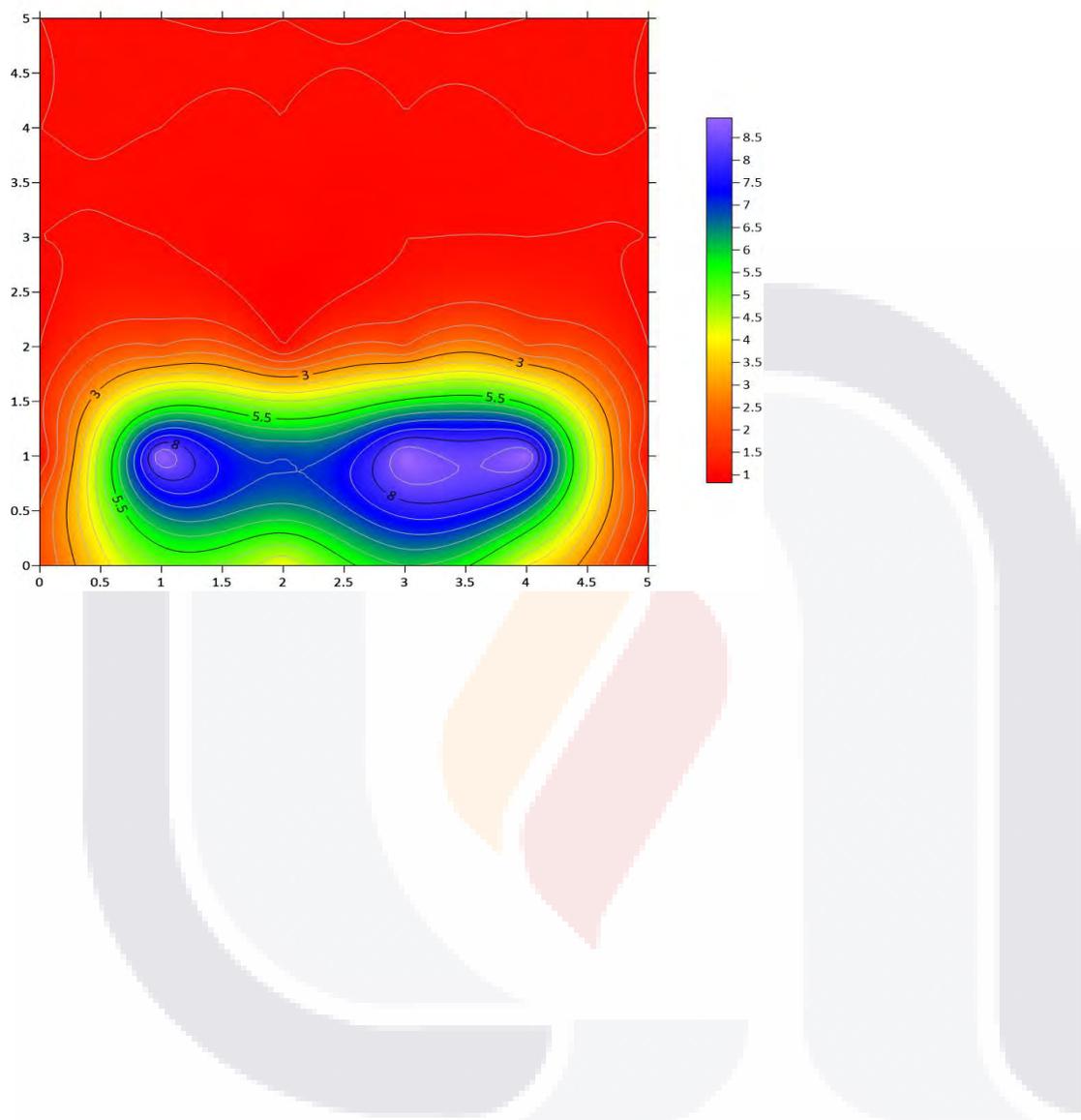
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 4 LADO A



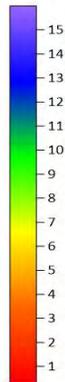
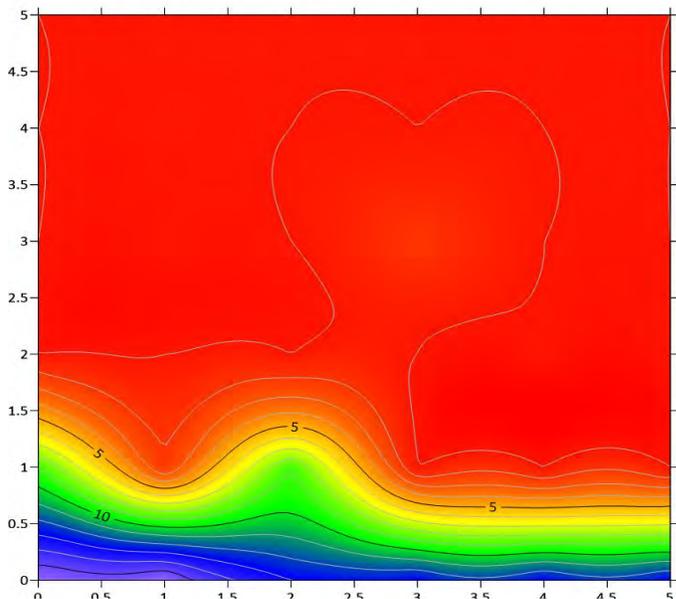
14:00 HRS 13/03/2023
MURO 4 LADO B



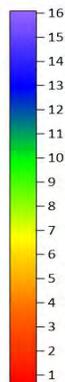
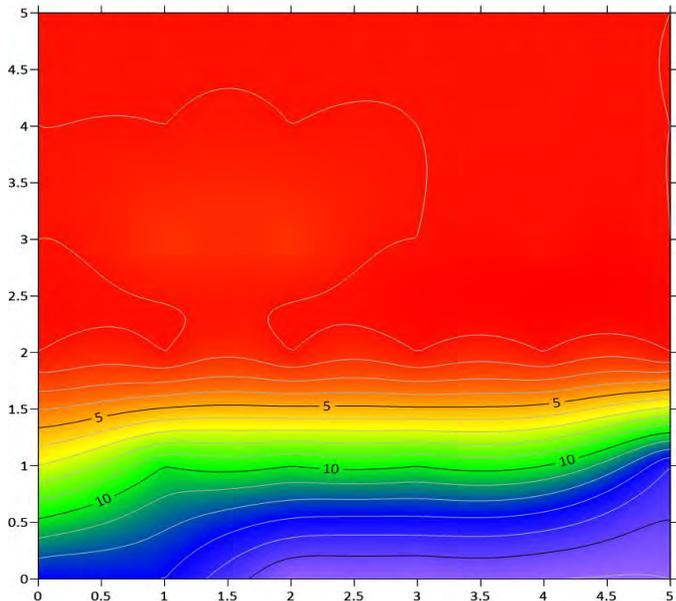
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 1 LADO B



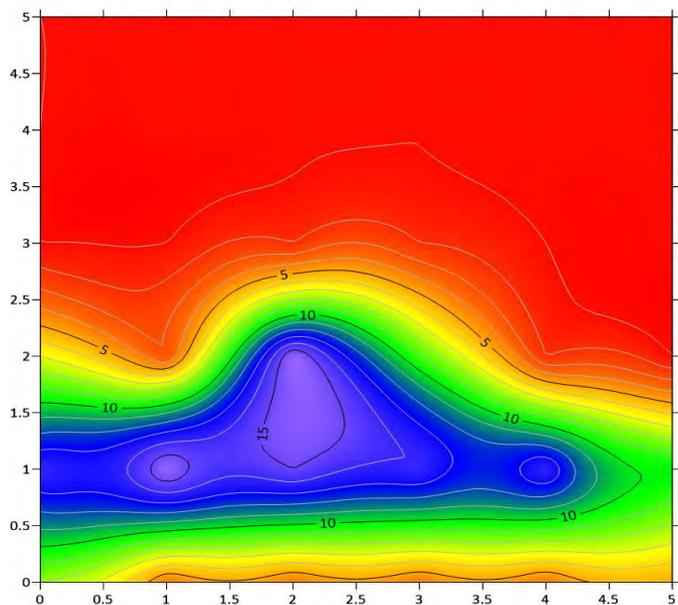
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 2 LADO A



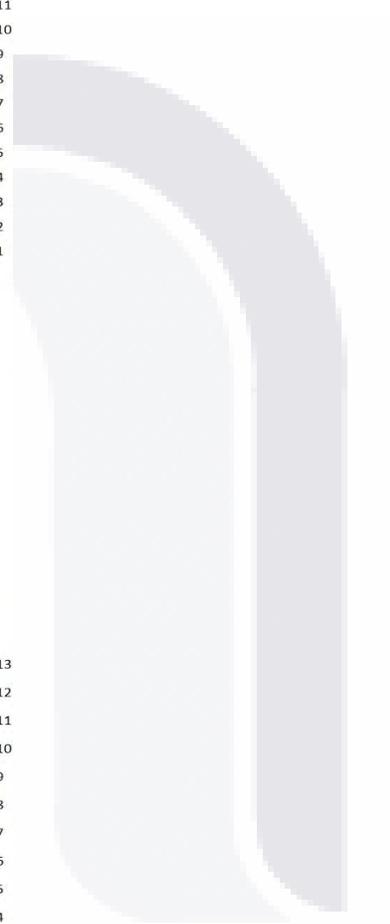
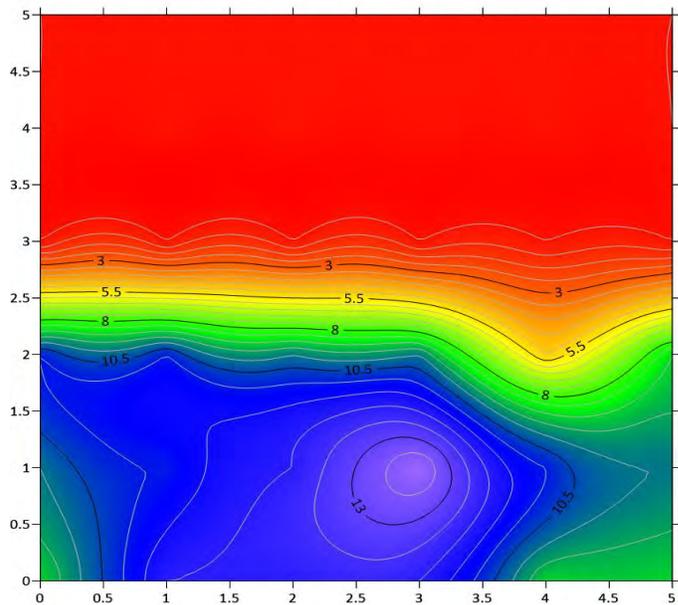
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 2 LADO B



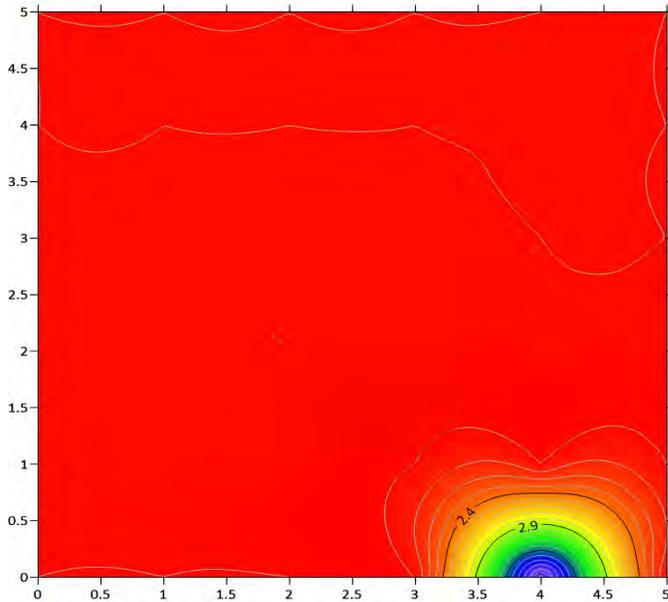
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 3 LADO A



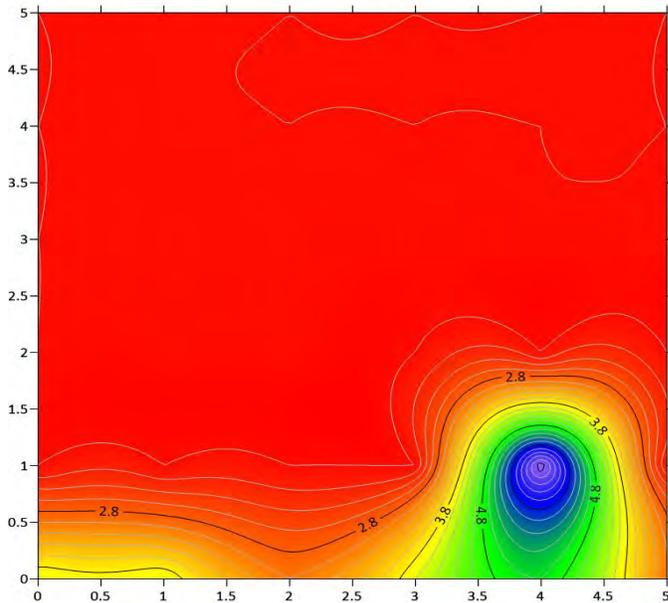
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 3 LADO B



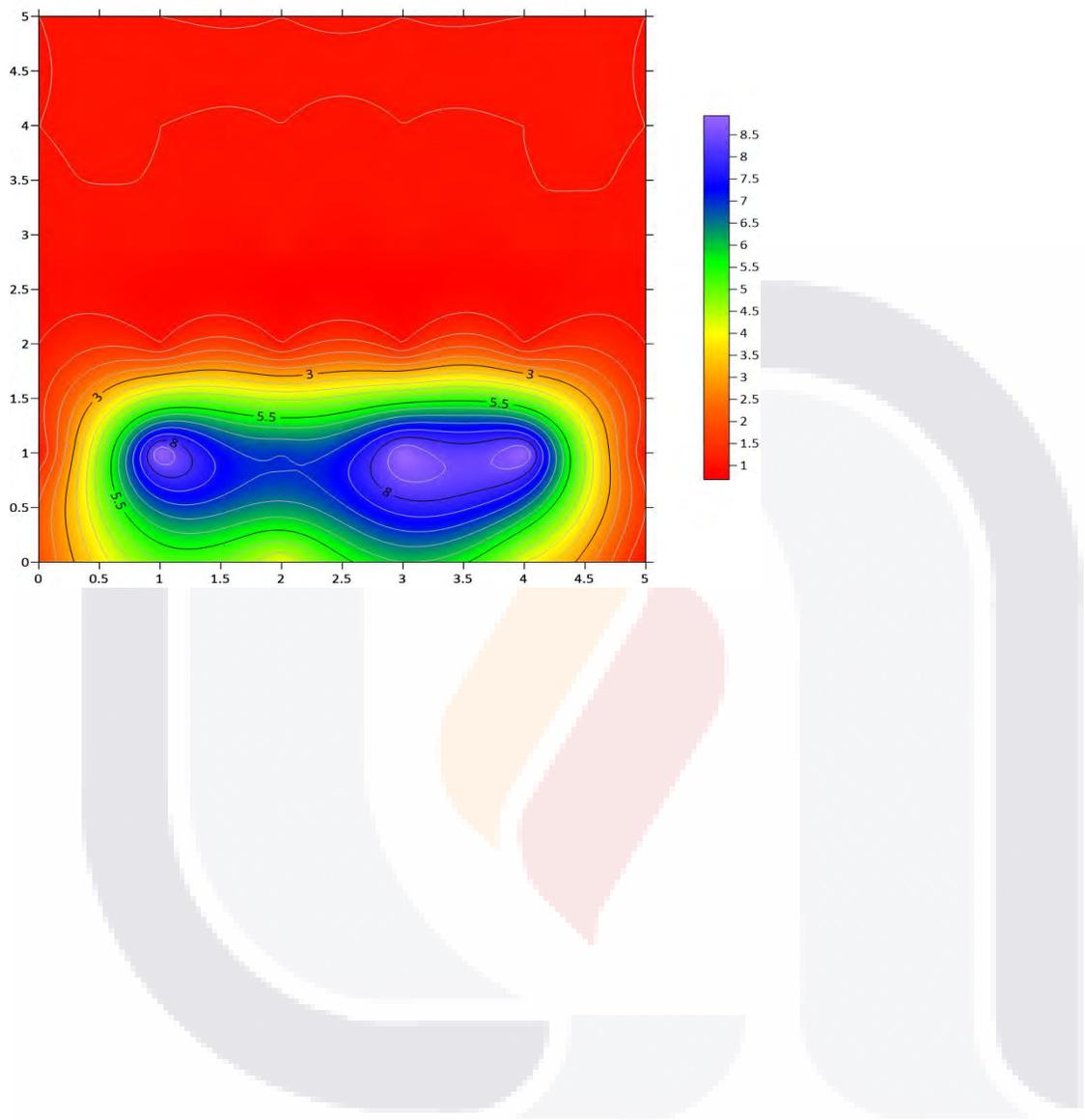
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 4 LADO A



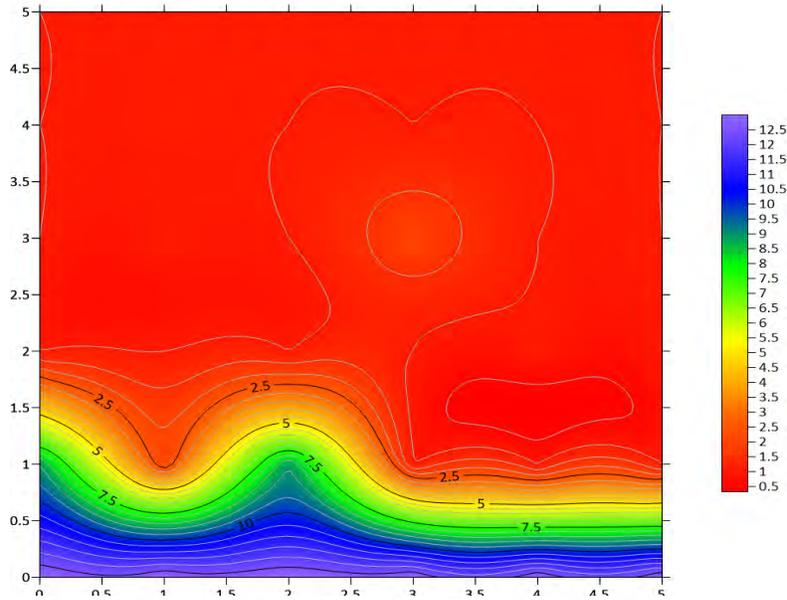
14:00 HRS 14/03/2023
MURO 4 LADO B



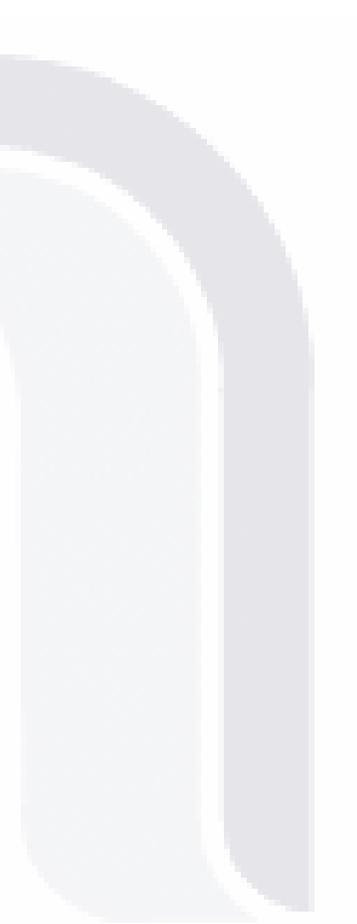
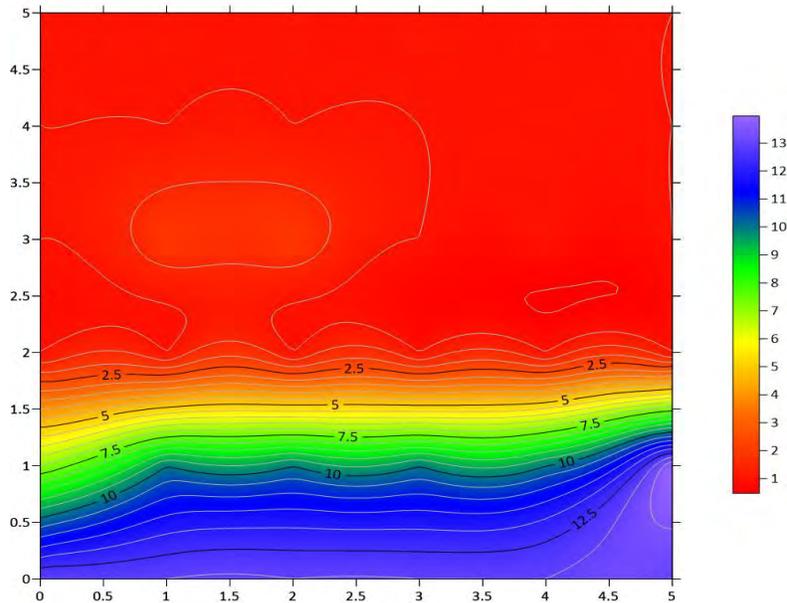
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 1 LADO B



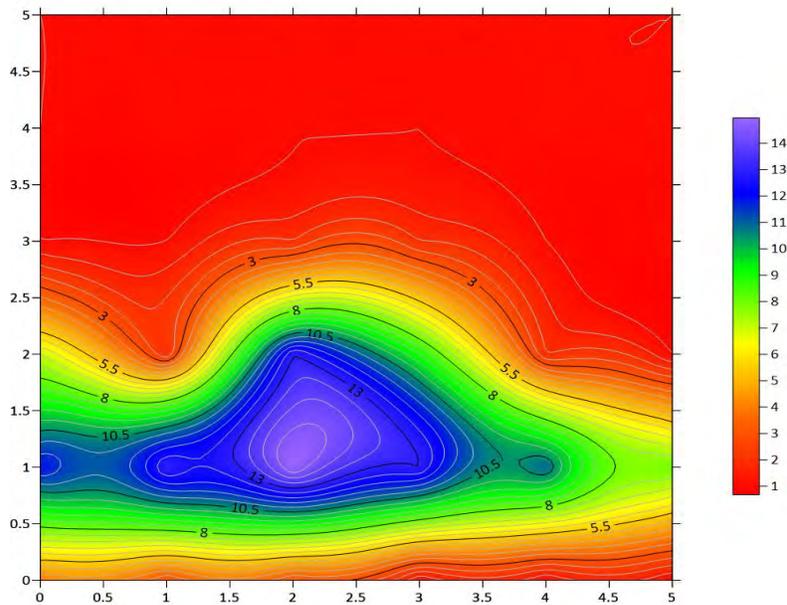
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 2 LADO A



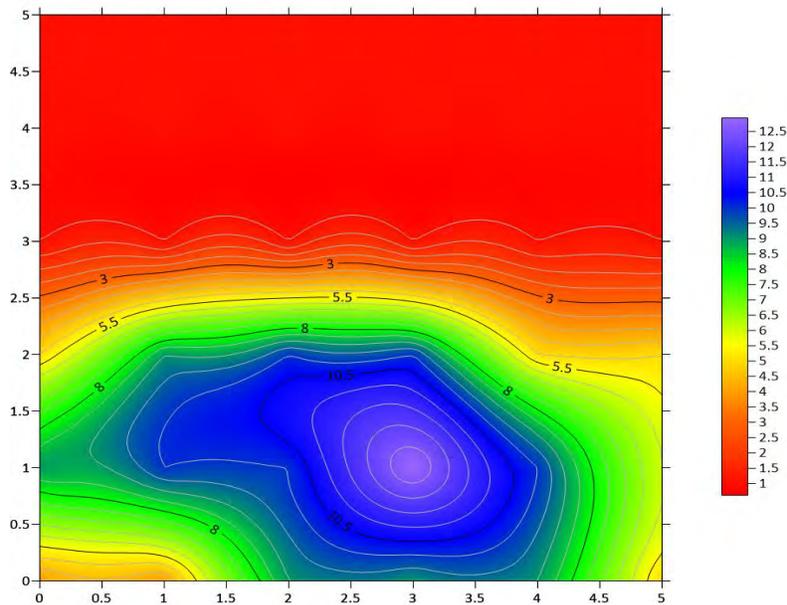
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 2 LADO B



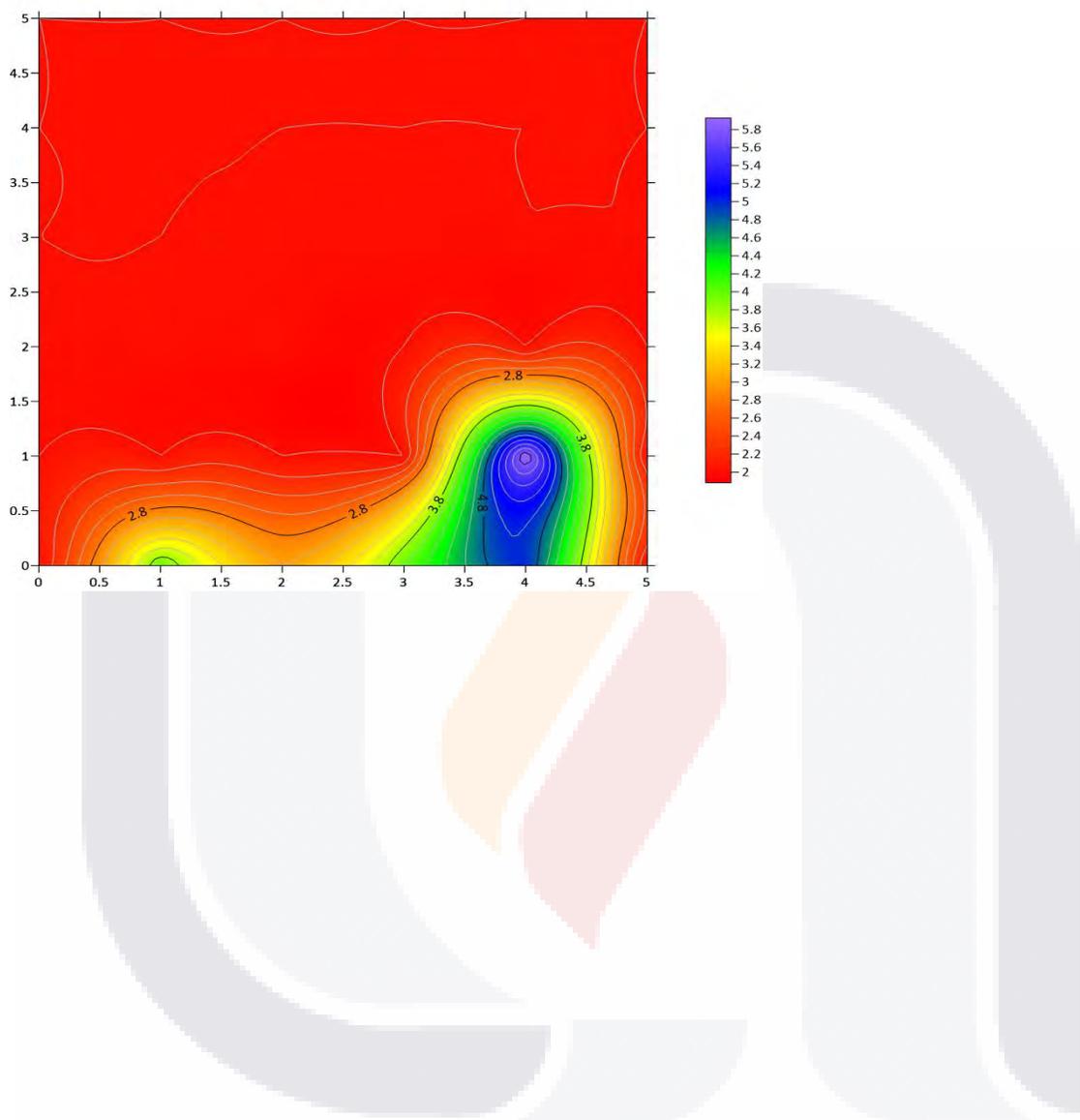
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 3 LADO A



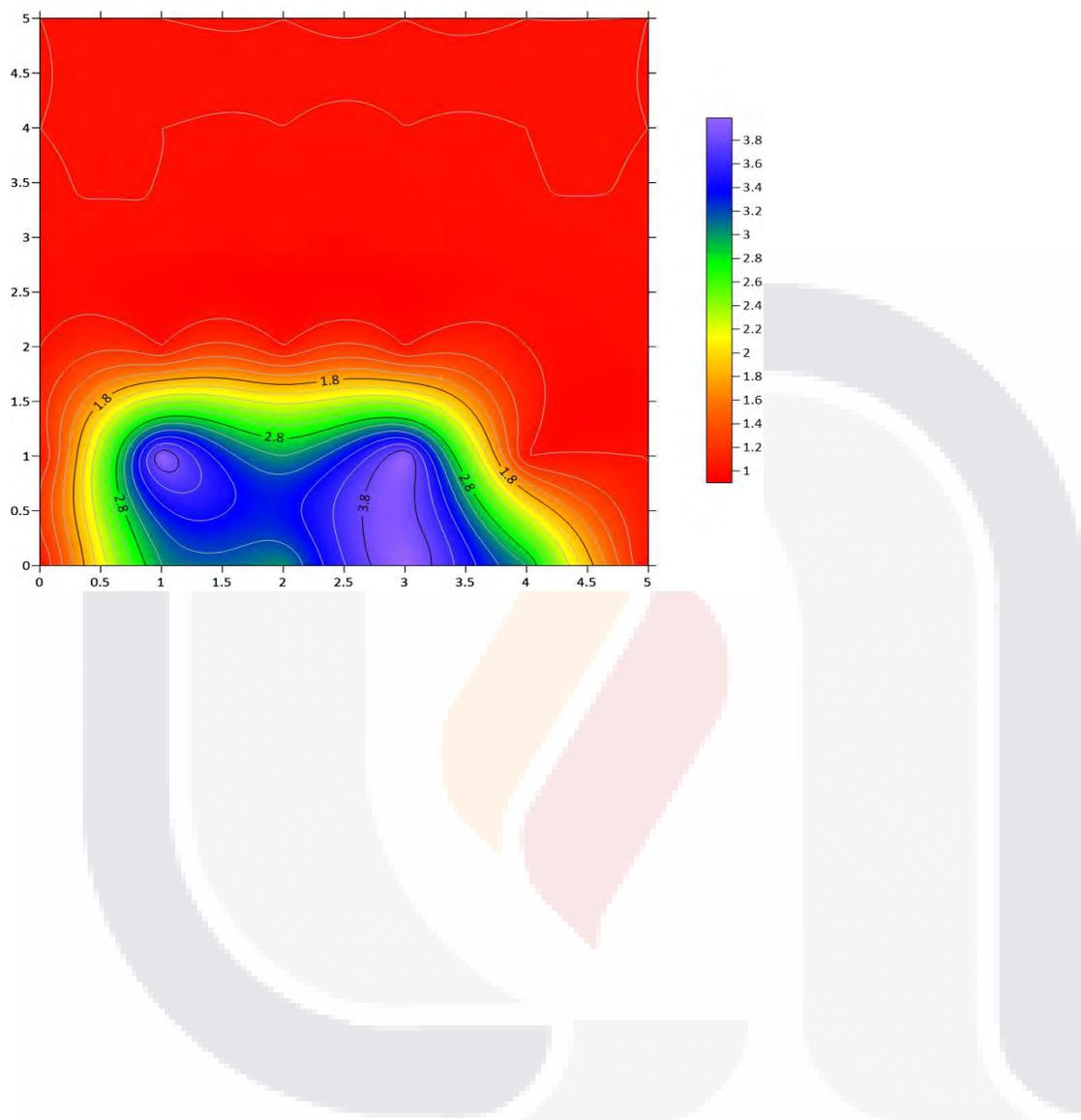
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 3 LADO B



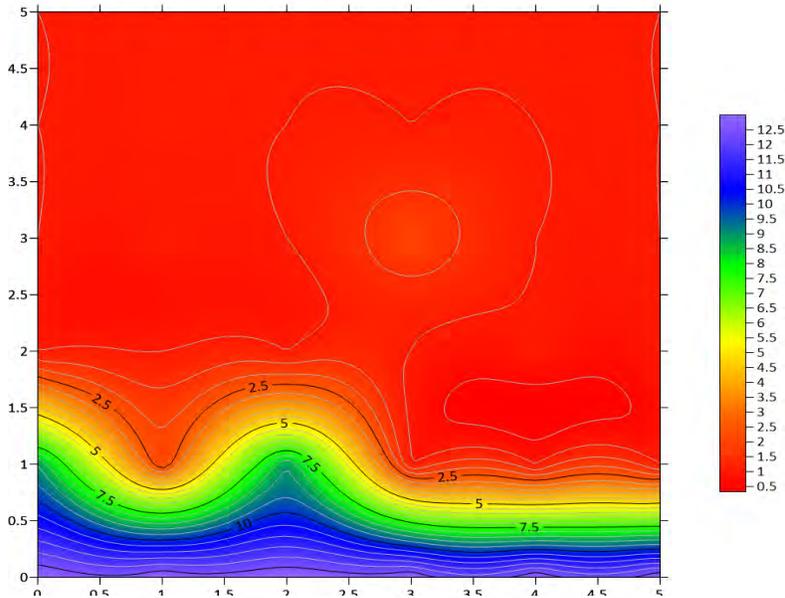
14:00 HRS 15/03/2023
MURO 4 LADO B



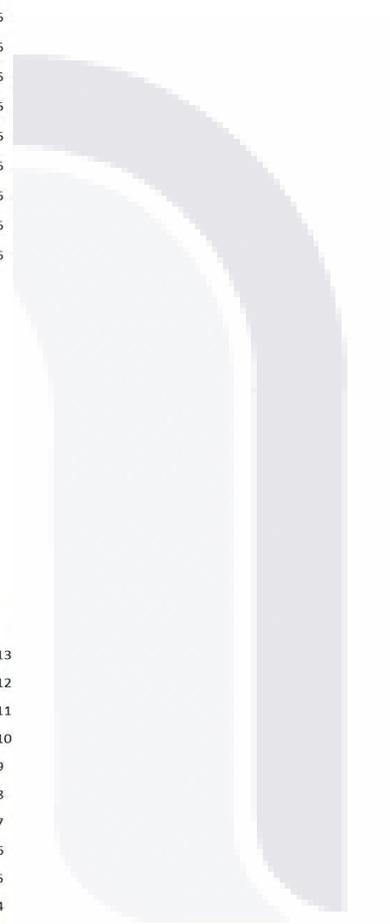
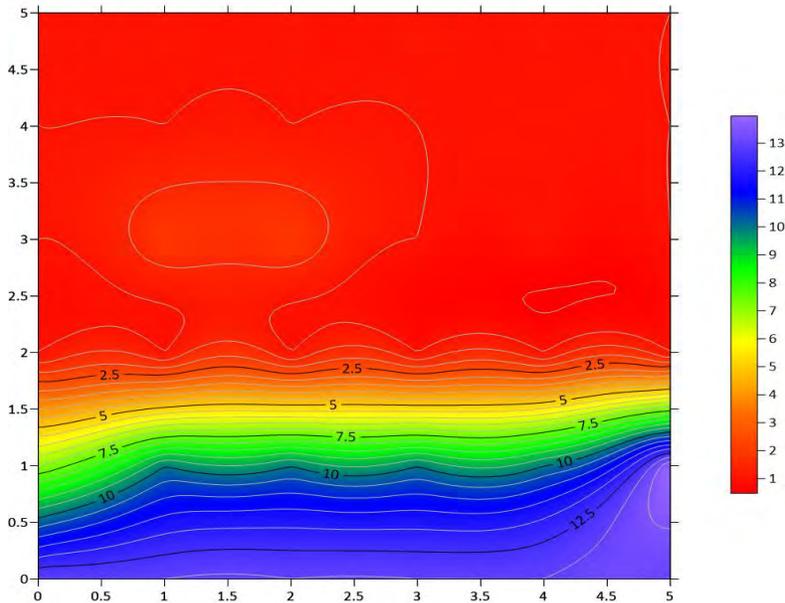
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 1 LADO B



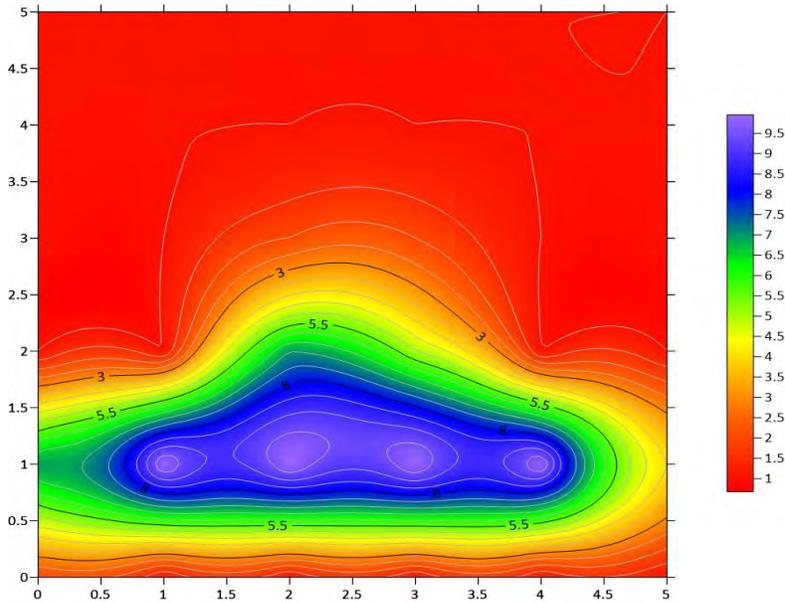
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 2 LADO A



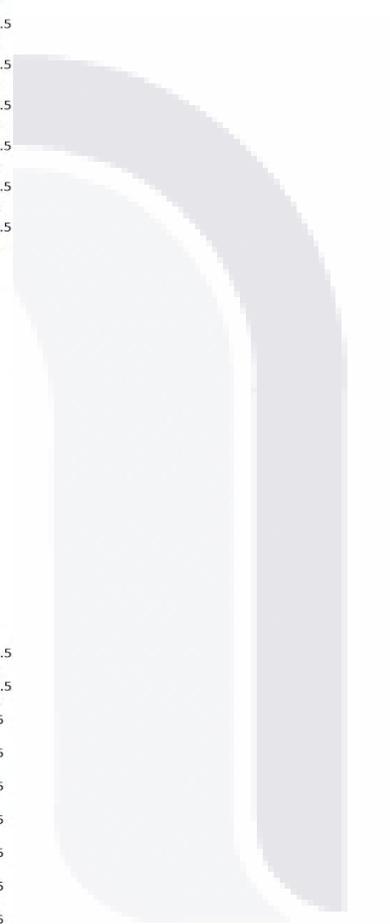
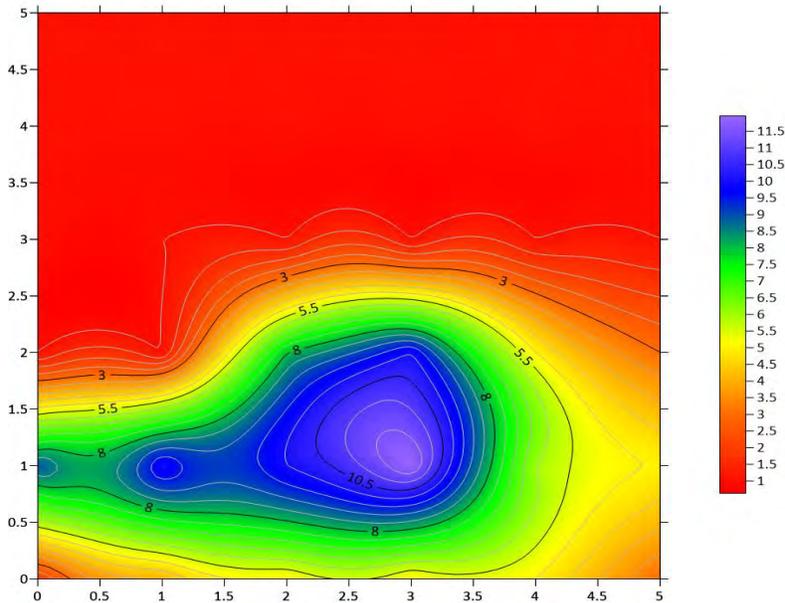
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 2 LADO B



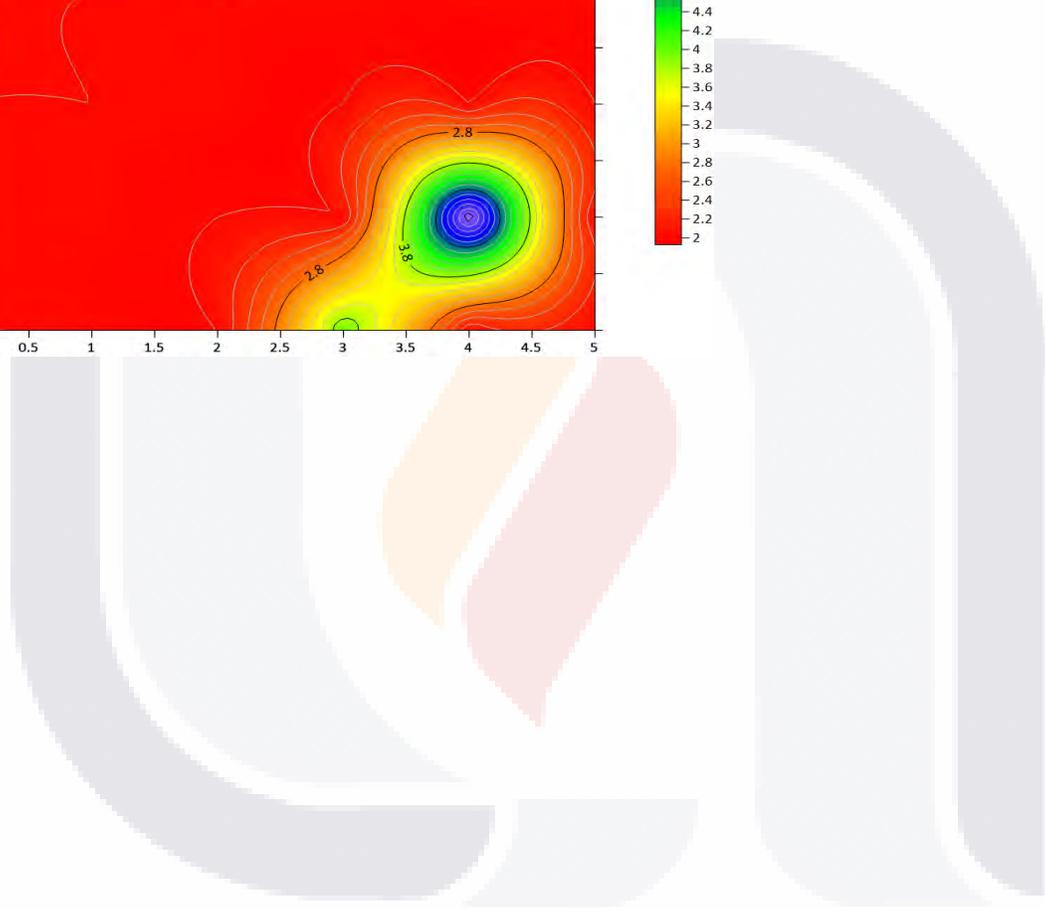
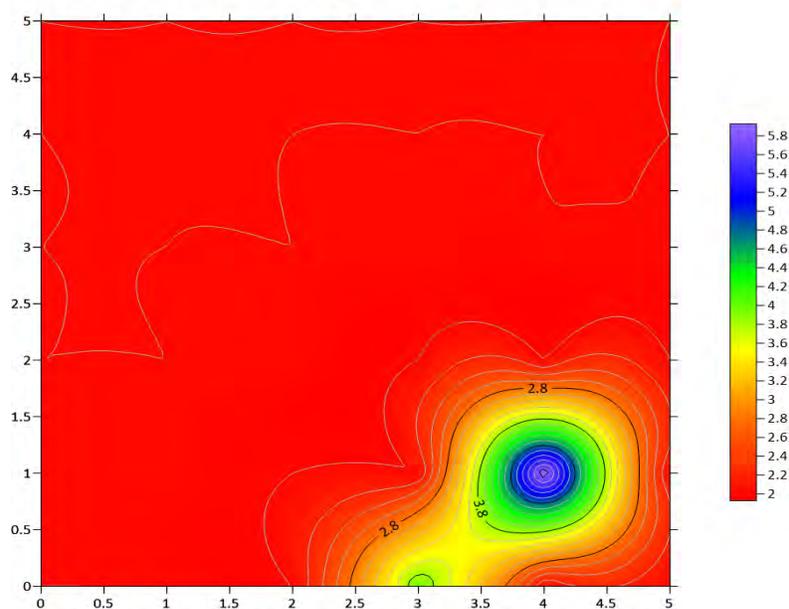
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 3 LADO A



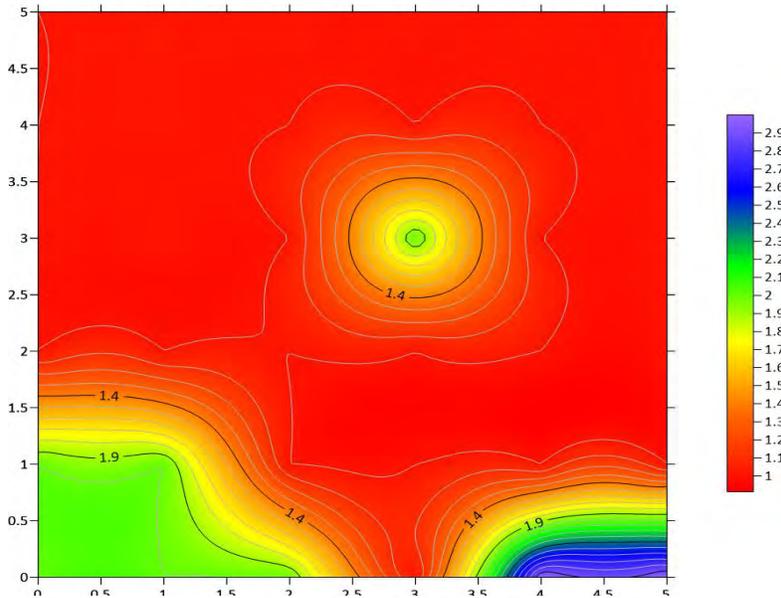
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 3 LADO B



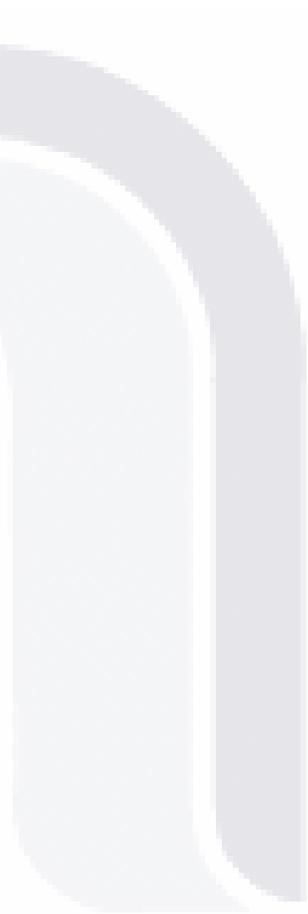
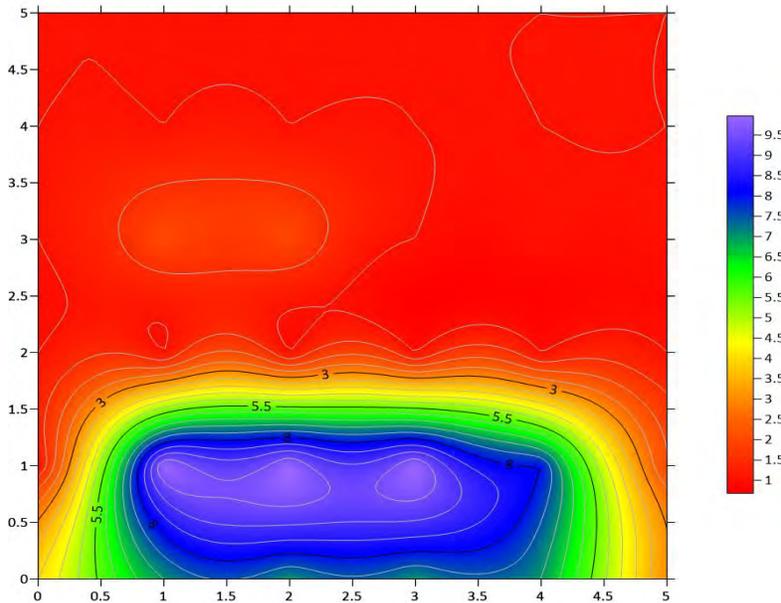
14:00 HRS 16/03/2023
MURO 4 LADO B



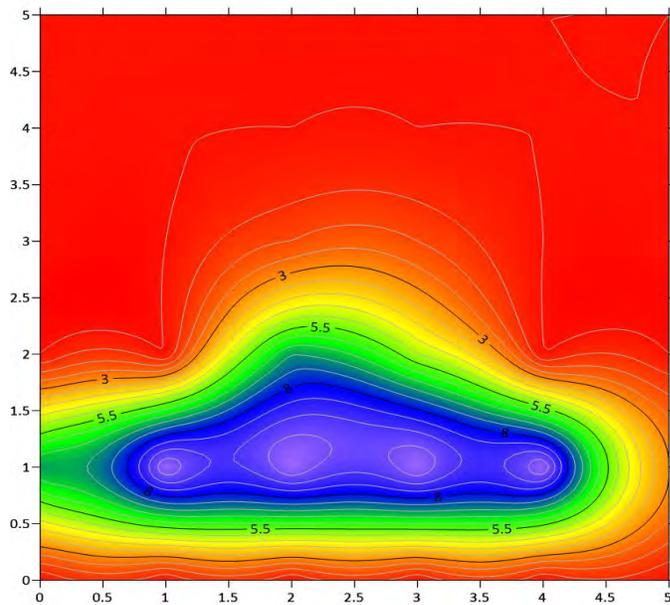
14:00 HRS 21/03/2023
MURO 2 LADO A



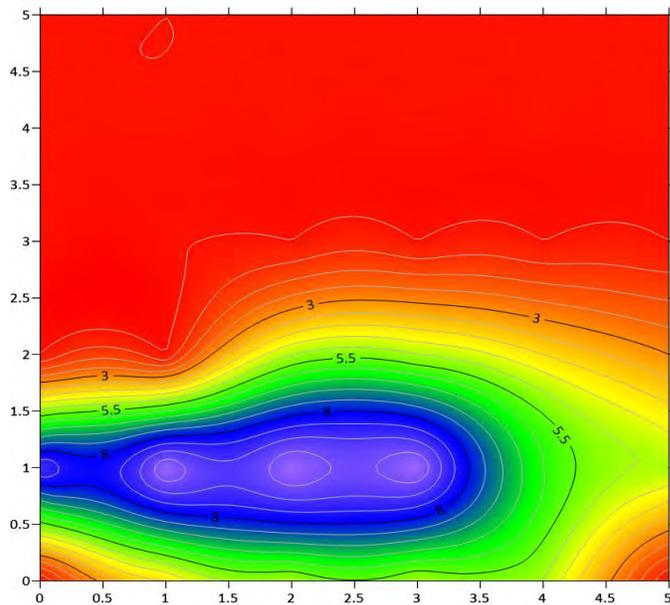
14:00 HRS 21/03/2023
MURO 2 LADO B



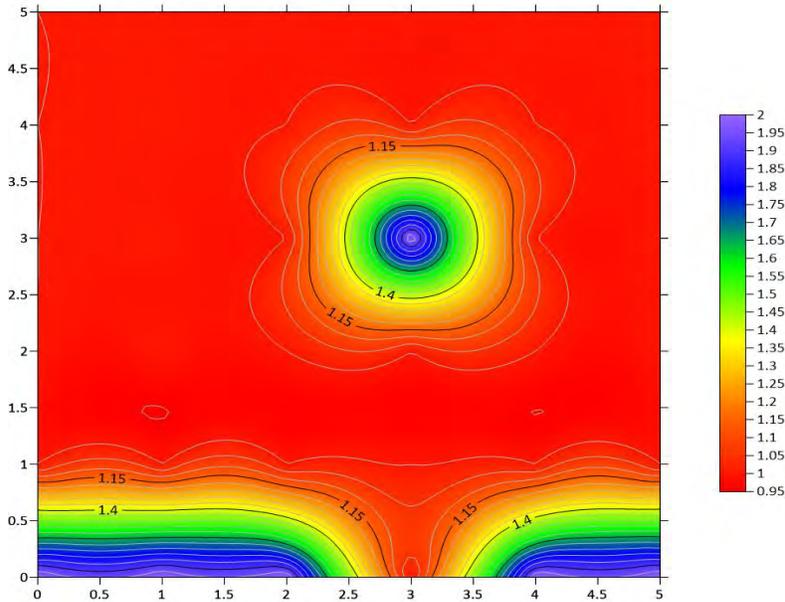
14:00 HRS 21/03/2023
MURO 3 LADO A



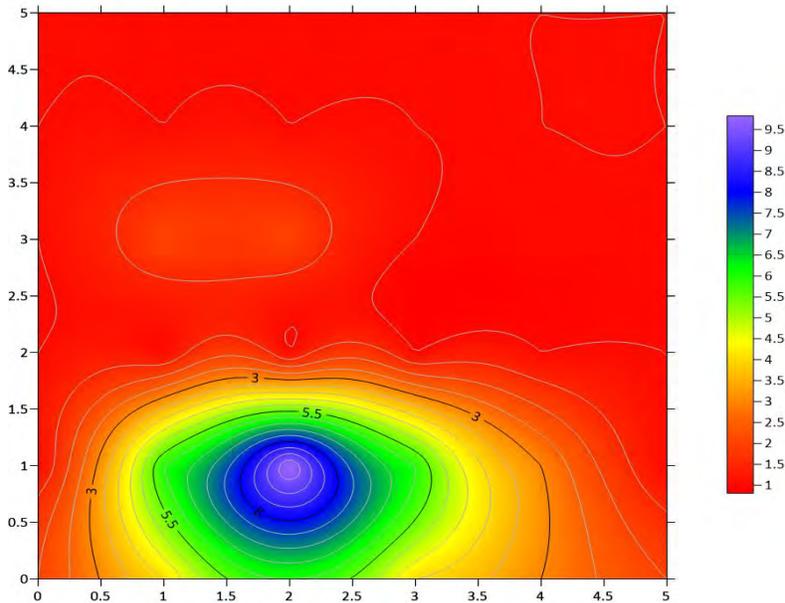
14:00 HRS 21/03/2023
MURO 3 LADO B



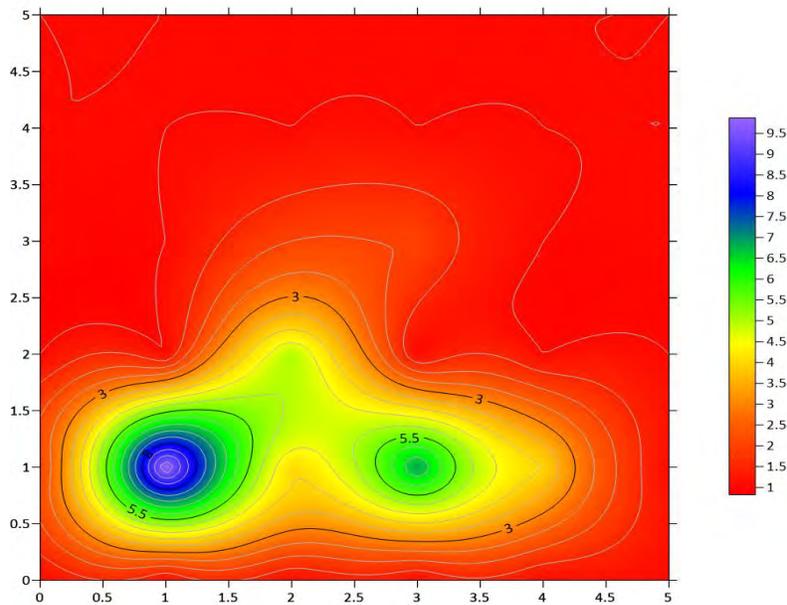
14:00 HRS 23/03/2023
MURO 2 LADO A



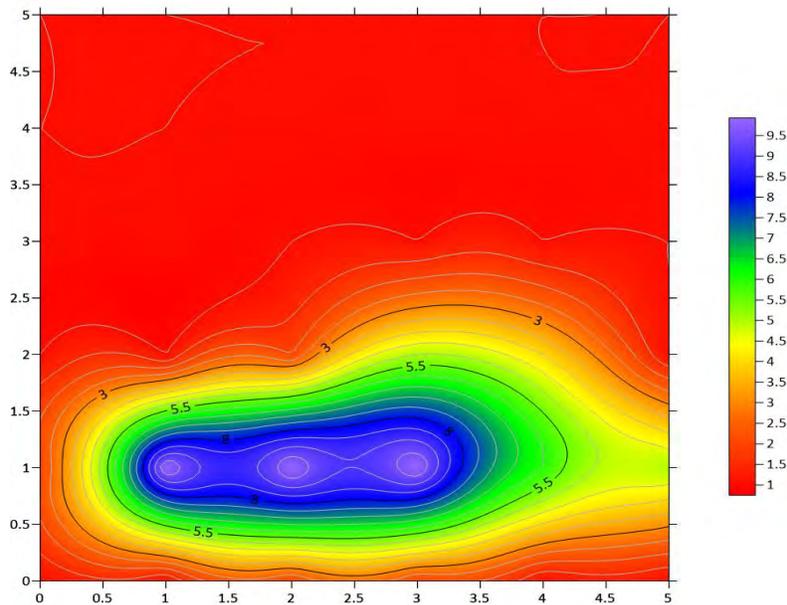
14:00 HRS 23/03/2023
MURO 2 LADO B



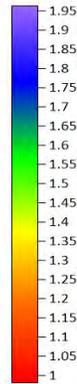
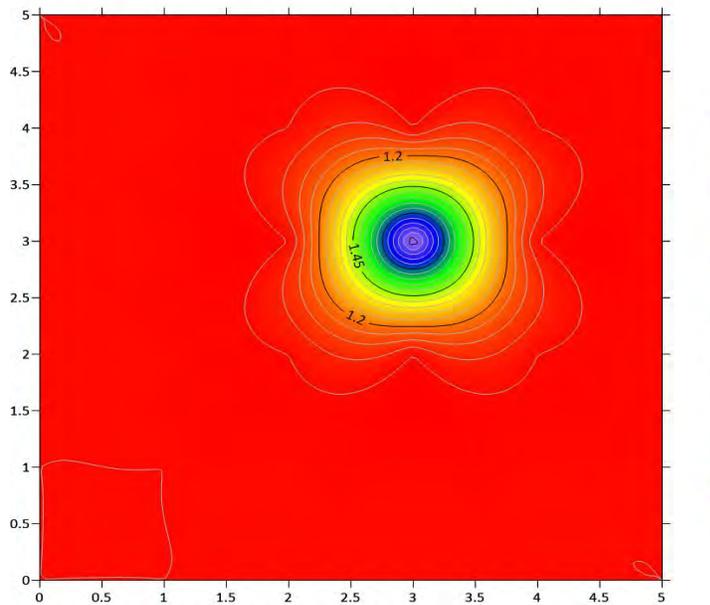
14:00 HRS 23/03/2023
MURO 3 LADO A



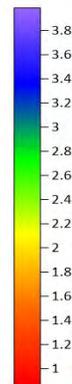
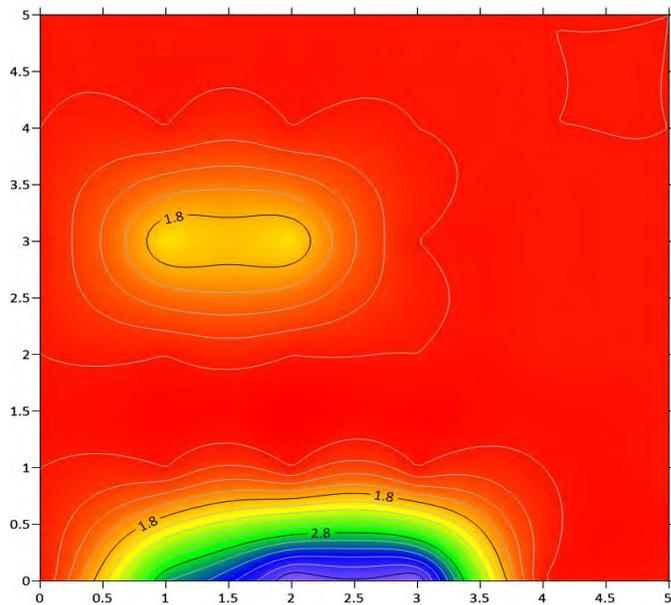
14:00 HRS 23/03/2023
MURO 3 LADO B



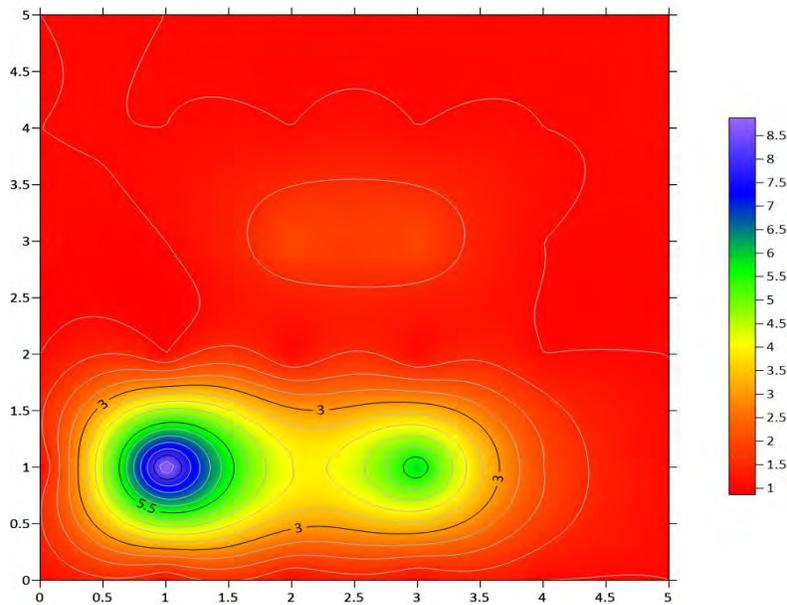
14:00 HRS 28/03/2023
MURO 2 LADO A



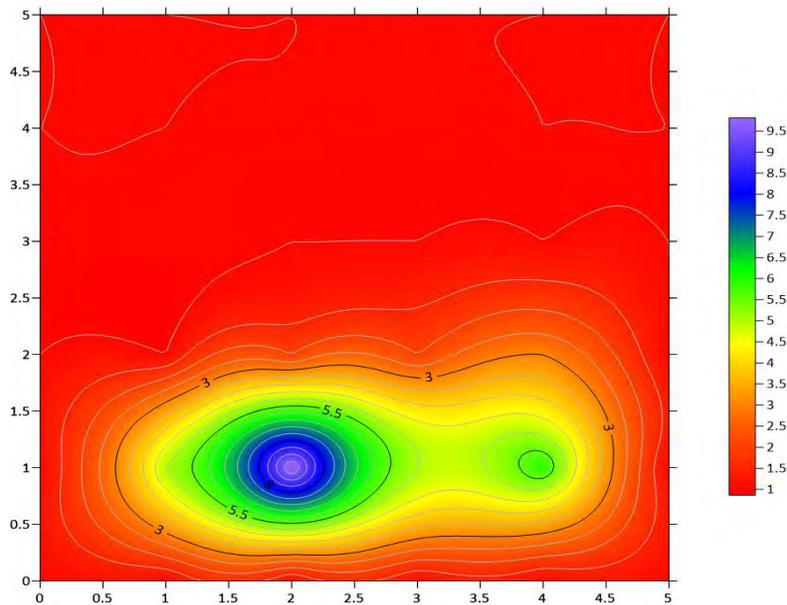
14:00 HRS 28/03/2023
MURO 2 LADO B



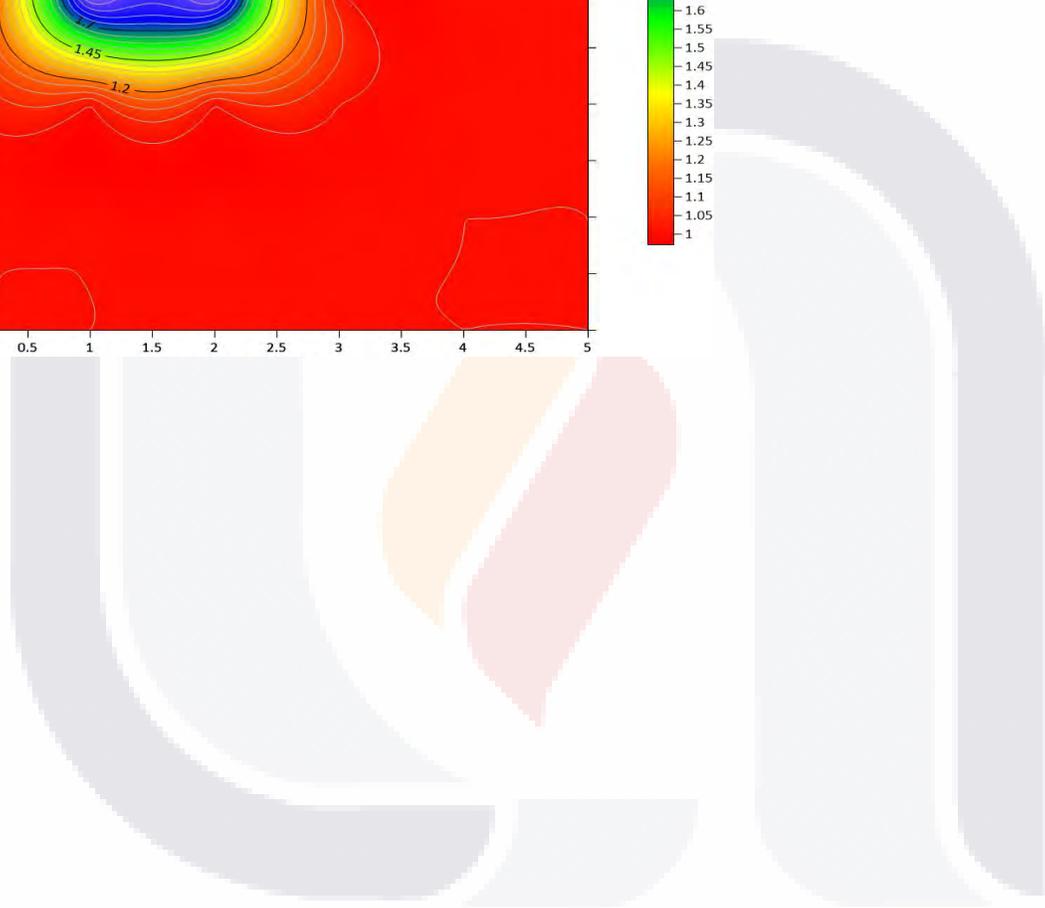
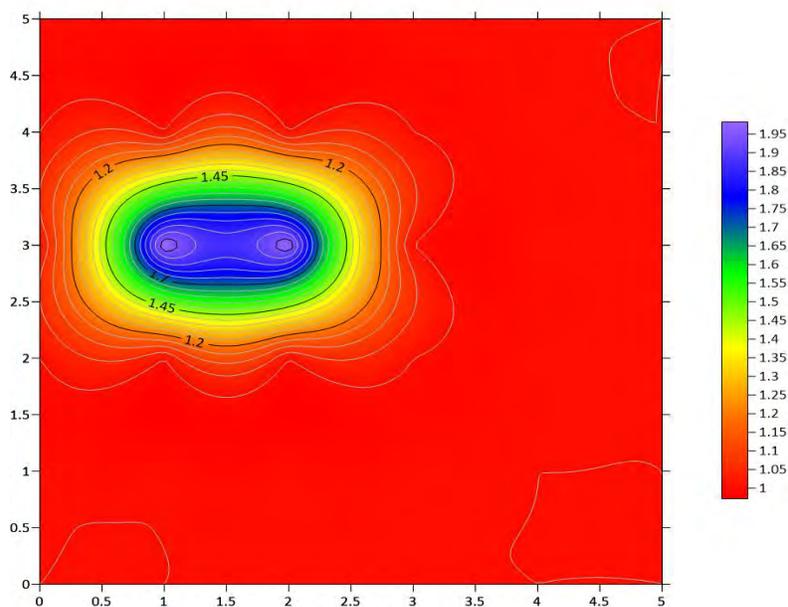
14:00 HRS 28/03/2023
MURO 3 LADO A



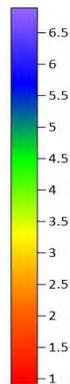
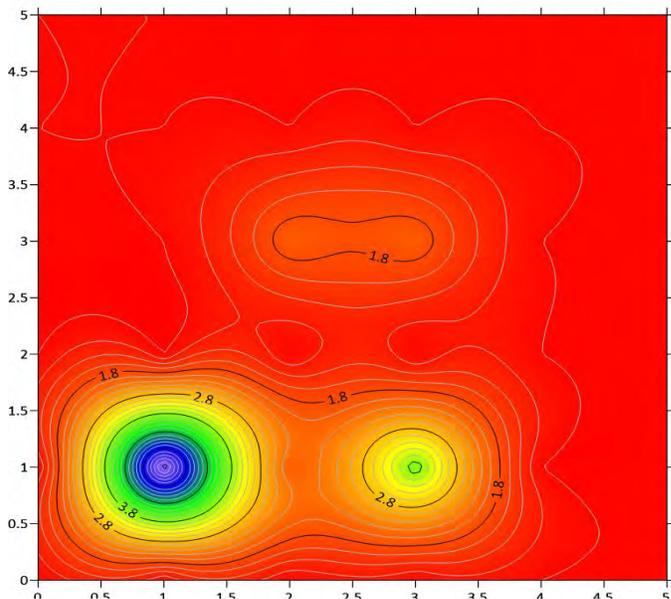
14:00 HRS 28/03/2023
MURO 3 LADO B



14:00 HRS 30/03/2023
MURO 2 LADO B



14:00 HRS 30/03/2023
MURO 3 LADO A



14:00 HRS 30/03/2023
MURO 3 LADO B

