



**CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN Y ESTRUCTURAS**

TESIS

**CARACTERIZACIÓN TÉCNICA - ECONÓMICA DE APLANADOS DE MORTERO DE
DISTINTAS BASES QUÍMICAS UTILIZADAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES**

PRESENTA

Francisco Javier García Salas

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR

M.I.C. Miguel Ángel Zamora Soto

COMITÉ TUTORAL

Dr. Gerardo Araiza Garaygordobil

Aguascalientes, Ags., a 12 de Mayo del 2016



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE AGUASCALIENTES
FORMATO DE CARTA DE VOTO APROBATORIO

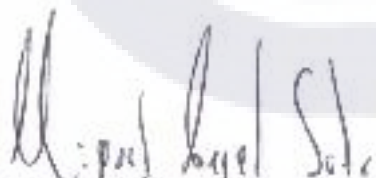
DR. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS
DEL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN
P R E S E N T E

Por medio del presente como Tutor designado del estudiante **FRANCISCO JAVIER GARCÍA SALAS** con ID **90934** quien realizó la tesis titulada: **CARACTERIZACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA DE APLANADOS DE MORTERO DE DISTINTAS BASES QUÍMICAS UTILIZADAS EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES** y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que él pueda proceder a imprimirla, y 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.

ATE NTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 12 de mayo de 2016


M.I. Miguel Ángel Soto Zamora
Tutor de tesis


Dr. Gerardo Araiza Garaygordobil
Cotutor de tesis

- c.c.p.- Interesado
- c.c.p.- Secretaría de Investigación y Posgrado
- c.c.p.- Jefatura del Depto. de construcción y estructuras
- c.c.p.- Consejero Académico
- c.c.p.- Minuta Secretario Técnico

V.B.




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Centro de Ciencias del Diseño
y de la Construcción

OFICIO No. CCDC-D-126-2016
ASUNTO: Conclusión de Tesis

DRA. GUADALUPE RUIZ CUELLAR
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PRESENTE.

Por medio de este conducto informo que el documento final de tesis titulado: **“Caracterización técnica-económica de aplanados de mortero de distintas bases químicas utilizadas en el estado de Aguascalientes”**. Presentado por el sustentante: **ING. FRANCISCO JAVIER GARCÍA SALAS** con ID **90934** egresado de la **MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**, cumple las normas y lineamientos establecidos institucionalmente. Cabe mencionar que el autor cuenta con el voto aprobatorio correspondiente.

Para efecto de los trámites que al interesado convengan se extiende el presente, reiterándole las consideraciones que el caso amerite.

A T E N T A M E N T E
“SE LUMEN PROFERRE”
Aguascalientes, Ags., a 17 de mayo de 2016


Dr. en Ing. Mario Eduardo Zermeno de León
DECANO DEL C. DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

- c.c.p.- M. en Ing. José Luis López López – Secretario de Investigación y Posgrado del CCDC.
- c.c.p.- Dr. Jesús Pacheco Martínez – Secretario Técnico de la Maestría en Ingeniería Civil.
- c.c.p.- M.I. Miguel Ángel Seto Zamora – Tutor de Tesis.
- ✓ c.c.p.- Ing. Francisco Javier García Salas – Egresado de la Maestría en Ingeniería Civil.
- c.c.p.- Lic. Delia Guadalupe López Muñoz – Jefe Sección de Certificados y Títulos.
- c.c.p.- Archivo

MEZI/rbv

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a mi esposa Elizabeth, tu compañía es mi mejor apoyo y sin duda este logro es de los dos, tú y nuestra hermosa hija Natalia son mi mayor motivo para continuar creciendo personal y profesionalmente, todo mi agradecimiento y todo mi amor para ti. Agradezco particularmente a Natalia por impulsarme cada día con su energía, su alegría y sus travesuras, no imagino mi vida sin ti.

Agradecimiento incalculable para mi madre y mi abuela, sus ejemplos de tenacidad y fortaleza me han guiado en su ausencia, sus enseñanzas y su amor me acompañan en todo momento. Mi admiración hacia ustedes no tiene límite, al igual que mi cariño y la forma de extrañarles.

Un agradecimiento especial para mi tía Rebeca y su familia por apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida, su soporte me permitió conseguir distintos logros e indiscutiblemente son parte de este.

Agradezco a mi tutor M.I. Miguel Ángel Soto Zamora por darme la confianza para trabajar juntos en este proyecto, por tu tiempo invertido y las sustanciosas asesorías, tu capacidad como docente y asesor es incuestionable.

Gracias a cada uno de los maestros que se esmeraron en transmitir su conocimiento, su dedicación es un gran ejemplo de entrega, me llevo enormes lecciones y cuantiosas enseñanzas de ustedes. Agradezco además a todos mis compañeros de la maestría, con los que compartí gratos momentos.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por permitirme realizar mis estudios de posgrado y por ser una institución comprometida con la calidad y la formación integral de los estudiantes, me enorgullece pertenecer a la comunidad de egresados de esta Universidad, gracias a mi *Alma mater*.

Agradecimiento al resto de mis familiares, a mi hermano y su familia, a mis tíos y primos y a mis suegros, ya que han sido parte importante de mi formación personal y

profesional. Gracias por supuesto a cada uno de mis amigos, en especial a los que me han brindado su amistad durante años.

Finalmente agradezco al CONACYT y a las autoridades federales dedicadas al desarrollo de la comunidad científica y tecnológica del país, mi total gratitud por el apoyo de beca.



DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a la memoria de mi madre y abuela, este logro conlleva un esfuerzo importante y es en parte un homenaje a su recuerdo, es a su vez resultado de la formación que me inculcaron.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE IMÁGENES	7
ACRÓNIMOS.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Prólogo	16
1.2 Objetivo General	18
1.3 Objetivos particulares.....	18
1.4 Justificación	19
1.5 Alcances	22
1.6 Hipótesis.....	23
II. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO.....	25
2.1 Mortero	25
2.1.1 Definición y características.....	25
2.1.2 Cementantes utilizados en la fabricación de morteros	25
2.1.2.1 Cales	26
2.1.2.2 Yeso	30
2.1.2.3 Cemento Portland	31
2.1.2.4 Cemento para albañilería.....	32
2.1.3 Aplicaciones.....	33
2.2 Aplanados de mortero	34
2.2.1 Definición y características.....	34
2.2.2 Reseña histórica	37
2.2.3 Patologías.....	40
2.2.3.1 Humedades.....	41
2.2.3.2 Eflorescencias.....	43

2.2.3.3	Fisuración.....	44
2.2.3.4	Abultamiento y desprendimiento.....	47
2.2.4	Normatividad mexicana y especificaciones técnicas de elaboración y aplicación	48
2.2.5	Estudios realizados	56
2.3	Condiciones climáticas del Estado de Aguascalientes.....	58
2.4	Aplicación de aplanados de mortero en la construcción de vivienda en serie en el estado de Aguascalientes.....	60
2.4.1	Materiales predominantes y especificaciones.....	60
III.	CAMPAÑA EXPERIMENTAL.....	66
3.1	Descripción de la campaña	66
3.2	Diseño y construcción de muretes de prueba	66
3.2.1	Determinación de materiales.....	66
3.2.1.1	Mampostería y sistema constructivo.....	66
3.2.1.2	Cementantes y dosificaciones de morteros para aplanados.....	67
3.2.2	Área de trabajo.....	68
3.2.3	Diseño de muretes de tabique rojo recocido (MTR)	71
3.2.4	Diseño de muretes de block de concreto extruido (MBC).....	73
3.2.5	Construcción de muretes	76
3.2.6	Nomenclatura de las caras de prueba	78
3.2.7	Aplicación de aplanados	79
3.2.7.1	Elaboración de morteros.....	79
3.2.7.2	Ejecución.....	81
3.3	Metodología para la valoración de patologías	90
3.3.1	Fisuración.....	91
3.3.2	Presencia de humedad	95
3.3.3	Eflorescencias y/o criptoeflorescencias	99
3.4	Registro de patologías en aplanados	100
3.4.1	Fisuración.....	100
3.4.2	Presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias.	104
3.5	Valoración de las patologías.....	110
3.5.1	Fisuración.....	110
3.5.2	Presencia de humedad	115

3.5.3	Eflorescencias y/o criptoeflorescencias	120
3.6	Ensayos a especímenes cúbicos de mortero	128
3.6.1	Calculo de densidad y porosidad	129
3.6.2	Tendencia de pérdida de humedad.....	131
3.6.3	Resistencia a la compresión	135
3.7	Determinación de costos de producción de morteros y aplicación de aplanados (DCPA).	137
3.7.1	DCPA de mortero MCAL	137
3.7.2	DCPA de mortero MCCA.....	138
3.7.3	DCPA de mortero MCPA	139
3.7.4	DCPA de mortero MCEM	140
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	143
4.1	Resultados de la valoración de fisuración	143
4.2	Resultados de valoración de presencia de humedad y ensayos a especímenes cúbicos de mortero	146
4.3	Resultados de la valoración de eflorescencias y criptoeflorescencias	150
4.4	Evaluación técnica-económica de aplanados.....	152
V.	CONCLUSIONES	157
5.1	Conclusión general.....	157
5.2	Conclusión particulares	157
5.3	Nichos de investigación	159
	GLOSARIO.....	160
	BIBLIOGRAFÍA	162
	Anexo A. Modelos de muretes con registro de fisuración	
	Anexo B. Modelos de muretes con registro de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoeflorescencias	
	Anexo C. Modelos de muretes con asignación de valores a casillas con registros de fisuras	
	Anexo D. Modelos de muretes con la cuantificación de superficie afectada por presencia de humedad en la base	
	Anexo E. Modelos de muretes con la cuantificación de superficie afectada por presencia de eflorescencias y criptoeflorescencias	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de Cales Hidráulicas, según su Índice de Hidraulicidad. Realizado por Louis Joseph Vicat a mediados del siglo XIX	30
Tabla 2 Tipos de Cemento Portland según sus componentes.....	31
Tabla 3 Clase resistente de Cemento Portland	32
Tabla 4 Clasificación de cementos Portland según sus características especiales	32
Tabla 5 Principales aplicaciones de los morteros en la construcción en México.....	34
Tabla 6 Principales tipos de acabados para aplanados de mortero.....	35
Tabla 7 Principales métodos de aplicación para aplanados de mortero	36
Tabla 8 Clasificación de lesiones en función de sus causas.....	40
Tabla 9 Causas de las humedades en aplanados de mortero	42
Tabla 10 Normas mexicanas del ONNCCE, aplicables a cementantes y morteros.....	49
Tabla 11 Normas mexicanas del ONNCCE, aplicables a componentes del mortero	51
Tabla 12 Tipos de mortero y resistencia de diseño a la compresión.....	52
Tabla 13 Revenimiento permisible para los morteros, en función de la absorción de la pieza de mampostería.....	52
Tabla 14 Límites granulométricos para arena para morteros especificados en la N-CMT-2-01-004/02.....	54
Tabla 15 Estudios relacionados con los morteros de cal para su uso en aplanados.....	57
Tabla 16 Estudios realizados en morteros con elementos sustitutos de la arena	58
Tabla 17 Porcentaje de viviendas habitadas con material durable en muros y techos.....	61
Tabla 18 Reseña de empresas desarrolladoras de vivienda en el estado de Aguascalientes.....	62
Tabla 19 Materiales y sistema constructivo de muros en tres de las desarrolladoras de vivienda más importantes en Aguascalientes	63
Tabla 20 Cementantes, dosificaciones y especificaciones para elaboración y aplicación de morteros para aplanados, en tres de las desarrolladoras de vivienda más importantes en Aguascalientes.....	64
Tabla 21 Piezas de mampostería y sistema constructivo empleados en la construcción de muretes de prueba	67
Tabla 22 Mezclas y dosificaciones de morteros determinados para la campaña experimental.....	68

Tabla 23 Primera nomenclatura de las caras de los muretes de prueba. 78

Tabla 24 Nomenclatura definitiva de las caras de prueba 79

Tabla 25 Límites granulométricos de la arena empleada en la elaboración de morteros. .80

Tabla 26 Tabla de referencia para valoración de fisuración (1/2). 93

Tabla 27 Tabla de referencia para valoración de fisuración (2/2). 94

Tabla 28 Fechas comprendidas en cada intervalo de días ocurrido entre registros de fisuración..... 101

Tabla 29 Temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones pluviales presentadas durante periodo de registro. Fuente: (INIFAP, 2015). 102

Tabla 30 Fechas comprendidas en cada intervalo de días ocurrido entre registros de fisuración..... 104

Tabla 31 Registros de precipitación pluvial por cada intervalo, durante el periodo de registro de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias..... 105

Tabla 32 Índice de fisuración por registro por aplanado. 112

Tabla 33 Superficies en m2 de la superficie afectada por humedad en aplanados aplicados en MTR y MBC..... 116

Tabla 34 Superficies en cm2 de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la base de los muretes. 121

Tabla 35 Superficies en cm2 de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la parte alta de los muretes. 125

Tabla 36 Superficies en cm2 de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la base del aplanado con MCPA aplicado en MBC. 127

Tabla 37 Clave asignada por espécimen cubico obtenido de los morteros aplicados como aplanados en muretes de prueba. 129

Tabla 38 Densidades y porcentaje de porosidad por espécimen de mortero obtenido. .. 131

Tabla 39 Registros 1 al 4 de pérdida de peso por pérdida de humedad de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad" (1/2). 133

Tabla 40 Registros 5 al 7 de pérdida de peso por pérdida de humedad de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad" (2/2). 134

Tabla 41 Resistencia a la compresión de morteros empleados en aplanados de muretes de prueba. 136

Tabla 42 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCAL. 137

Tabla 43 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCAL. 138

Tabla 44 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCCA. 138

Tabla 45 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCCA..... 139

Tabla 46 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCPA. 139

Tabla 47 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCPA..... 140

Tabla 48 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCEM. 140

Tabla 49 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCEM. 141

Tabla 50 Coeficientes de incremento de índice de fisuración por intervalo, en aplanados aplicados en MTR y MBC..... 143

Tabla 51 Porcentajes de incremento de índice de fisuración entre el primer y último registro, de aplanados aplicados en MTR y MBC..... 145

Tabla 52 Coeficientes de incremento de índice de fisuración de cada aplanado en MTR y MBC por intervalo, y su relación con las condiciones climáticas..... 146

Tabla 53 Valores de Incremento/Decremento en porcentaje de la superficie afectada por presencia de humedad por intervalos, en aplanados aplicados en MTR y MBC..... 147

Tabla 54 Porcentajes por intervalo de incremento/decremento de la superficie afectada por presencia de humedad en cada aplanado en MTR y MBC y su relación con la densidad y porcentaje de porosidad de cada mortero. 149

Tabla 55 Superficies afectadas por registro en cm², por eflorescencias y criptoeflorescencias en la base de los aplanados y eflorescencias en la parte alta de los aplanados 151

Tabla 56 Normalización de unidades para evaluación definitiva, de valoraciones finales de patologías registradas en aplanados aplicados en MTR y MBC..... 153

Tabla 57 Normalización de unidades para evaluación definitiva, de valores de CDPA de aplanados aplicados en MTR y MBC. 153

Tabla 58 Evaluación técnica-económica de aplanados aplicados en MTR y MBC. 154

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Reparación de fisuras en aplanado de mortero en vivienda del fraccionamiento Lomas de Oriente, Aguascalientes, Ags.....	20
Imagen 2 Reparación de fisuras en aplanado de mortero en vivienda del fraccionamiento Misión de Santa Lucía, Aguascalientes, Ags.	21
Imagen 3 Mampostería expuesta por deterioro y desprendimiento de aplanado en vivienda del fraccionamiento Villas de Nuestra Señora de la Asunción, Aguascalientes, Ags.	21
Imagen 4 Esquema del ciclo de la cal	27
Imagen 5 Presentación comercial típica en la República Mexicana de cemento para albañilería.....	33
Imagen 6 Herramientas implementadas para lograr distintos acabados en aplanados de mortero. Izquierda: plana, centro: flota, derecha: llana metálica.....	36
Imagen 7 Métodos implementados para la puesta en obra de aplanados de mortero. Izquierda: A plomo y regla, Centro: A talocha, Derecha: A reventon y regla	37
Imagen 8 Lesiones en paramento causadas por eflorescencias y criptoeflorescencias....	44
Imagen 9 Lesiones de abultamiento y desprendimiento de aplanado en paramento de vivienda en construcción, fraccionamiento San Gerardo, Aguascalientes.	48
Imagen 10 Ubicación geográfica del Estado de Aguascalientes.....	59
Imagen 11 Vista aérea de la ubicación del terreno destinado para la construcción de los muretes de prueba.	68
Imagen 12 Vista en planta del croquis de localización del área de trabajo.	69
Imagen 13 Terreno preparado para la construcción de muretes de prueba.....	70
Imagen 14 Esquema de disposición de muretes.	70
Imagen 15 Detalle constructivo de diseño de MTR 1 Cara A.....	71
Imagen 16 Detalle constructivo de diseño de MTR 1 Cara B.....	72
Imagen 17 Detalle constructivo de diseño de MTR 2 Cara A.....	72
Imagen 18 Detalle constructivo de diseño de MTR 2 Cara B.....	73
Imagen 19 Detalle constructivo de diseño de MBC 1 Cara A	74
Imagen 20 Detalle constructivo de diseño de MBC 1 Cara B	74
Imagen 21 Detalle constructivo de diseño de MBC 2 Cara A	75
Imagen 22 Detalle constructivo de diseño de MBC 2 Cara B	75
Imagen 23 Dalas de desplante fraguadas sobre hojas de polietileno negro	76

Imagen 24 Avance de construcción de muretes: mampostería asentada hasta nivel de cadena de cerramiento y anclaje de castillo de MTR 2..... 77

Imagen 25 Construcción de MTR 2 y MBC 2 concluida, incluyendo ranurado e instalación de poliducto de 1/2" en MTR y perforación de hueco para caja registro en MBC 77

Imagen 26 Panorámica de muretes recién construidos 78

Imagen 27 Medición de las partes de cal en botes de plástico de 19 litros..... 81

Imagen 28 Agua agregada sobre mezcla homogenizada preparada para el amasado..... 81

Imagen 29 Aplicación de repellado de MCPA sobre MTR 2-A..... 83

Imagen 30 Repellados de MCPA sobre MBC 1-B (Izq.) y de MCCA sobre MTR 1-B (Der.). 83

Imagen 31 Aplicación de repellado de MCAL sobre MTR 1-A..... 83

Imagen 32 Repellado concluido de MCCA sobre MBC2-A (izquierda) y de MCPA sobre MTR 2-A (derecha)..... 84

Imagen 33 (Izq.) Aplicación de repellado de MCEM sobre MBC 1-A. (Der.) Repellado concluido de MCEM sobre MTR 2-B (adelante) y de MCAL sobre MBC 2-B (atrás)..... 84

Imagen 34 Esquema indicativo del tipo de mortero aplicado en cada canto de los muretes. 85

Imagen 35 (Izq.) Repellado en cantos interiores y exteriores de MBC 2. (Der.) Repellado en cantos de MTR 1 (adelante) y MBC 1 (atrás). 86

Imagen 36 Cantos superiores de muretes sin aplanar. (Izq.) MBC 2, (Der.) MTR 1. 86

Imagen 37 Toma de especímenes de mortero para repellado, para pruebas de laboratorio. 87

Imagen 38 Mezcla dispuesta para el amasado en carretilla y humedecimiento de la primera capa de aplanados. 88

Imagen 39 (Izq.) Aplicación de mortero fino de MCEM sobre MBC 1-A. (Der.) Aplicación de mortero fino de MCCA sobre MBC 2-A..... 88

Imagen 40 Segunda capa de mortero recién aplicada. (Izq.) MTR 2-A-MCPA, (Der.) MBC 1-A-MCEM. 89

Imagen 41 Segunda capa de mortero recién aplicada. (Izq.) MBC 2-B-MCAL, (Der.) MTR 1-B-MCCA..... 89

Imagen 42 Panorámica de muretes recién aplanados con segunda capa de mortero. 89

Imagen 43 MTR 1-A-MCAL con retícula para registro trazada. 91

Imagen 44 Registro de fisuras con lápiz de cera en MTR 2-A-MCPA..... 92

Imagen 45 Registro de fisuras con lápiz de cera en MTR 2-B-MCEM. 92

Imagen 46 Habilitación de contenedor del mecanismo de retención de agua en base de MBC 1 95

Imagen 47 Habilitación de contenedor del mecanismo de retención de agua en base de MBC 2 Y MTR 2. 96

Imagen 48 Colocación de tierra vegetal combinada con composta en contenedor habilitado en la base de los muretes. 96

Imagen 49 Panorámica de los muretes con mecanismo para la retención de humedad recién habilitado. 97

Imagen 50 Apariencia de los aplanados durante el registro de presencia de humedad... 98

Imagen 51 Presencia de humedad en aplanados por lluvia y por mecanismo de retención de agua. 98

Imagen 52 Eflorescencias producidas por presencia de humedad en aplanados de muretes de prueba MBC 1-B-MCPA (Izq.) y MBC 1-B-MCEM (Der.)..... 99

Imagen 53 Eflorescencias producidas por presencia de humedad en aplanados de muretes de prueba MTR 1-B-MCCA (Izq.) y MBC 2-B-MCAL (Der.)..... 100

Imagen 54 Representación de MTR 1-A-MCAL con retícula de apoyo para registro y cuantificación de fisuras. 102

Imagen 55 Secuencia de modelos de los registros de fisuración sobre MTR 1-A-MCAL 103

Imagen 56 Secuencia de modelos de registros 1 al 4 de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias sobre MBC 1-B-MCPA..... 106

Imagen 57 Secuencia de modelos de registros 5 al 7 de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias sobre MBC 1-B-MCPA..... 107

Imagen 58 Secuencia de modelos de registros 1 al 4 de presencia de humedad y eflorescencias sobre MBC 2-B-MCAL 108

Imagen 59 Secuencia de modelos de registros 5 al 7 de presencia de humedad y eflorescencias sobre MBC 2-B-MCAL 109

Imagen 60 Asignación de valores sobre casillas con fisuras en modelo de registro 6 de MTR 2-A-MCPA. 110

Imagen 61 Asignación de valores sobre casillas con fisuras en modelo de registro 6 de MTR 1-B-MCCA. 111

Imagen 62 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados aplicados sobre muretes de tabique rojo recocado..... 112

Imagen 63 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados aplicados sobre muretes de block de concreto..... 113

Imagen 64 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCPA sobre MTR y MBC..... 113

Imagen 65 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCCA sobre MTR y MBC..... 114

Imagen 66 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCAL sobre MTR y MBC..... 114

Imagen 67 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCEM sobre MTR y MBC..... 115

Imagen 68 Cuantificación de superficie afectada por presencia de humedad y espectro en modelos de registros 5 y 6 de MTR 2-A-MCPA. 116

Imagen 69 Gráfica de valores por registro, de superficie afectada por presencia de humedad en aplanados aplicados en MTR 117

Imagen 70 Gráfica de valores por registro, de superficie afectada por presencia de humedad en aplanados aplicados en MBC 117

Imagen 71 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCPA sobre MTR y MBC. 118

Imagen 72 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCEM sobre MTR y MBC..... 118

Imagen 73 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCAL sobre MTR y MBC..... 119

Imagen 74 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCCA sobre MTR y MBC. 119

Imagen 75 Cuantificación de superficie afectada por eflorescencias y criptoeflorescencias en modelos de registros 4 y 5 de MBC 1-B-MCPA. 120

Imagen 76 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados aplicados en MTR..... 122

Imagen 77 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados aplicados en MBC..... 122

Imagen 78 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCCA sobre MTR y MBC. 123

Imagen 79 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCEM sobre MTR y MBC..... 123

Imagen 80 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCPA sobre MTR y MBC. 124

Imagen 81 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCAL sobre MTR y MBC..... 124

Imagen 82 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanado con MCPA aplicado en MTR. 126

Imagen 83 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanados con MCPA, MCEM y MCCA aplicados en MBC. 126

Imagen 84 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanado con MCPA aplicado en MTR y MBC. 127

Imagen 85 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por criptoeflorescencias en la base del aplanado con MCPA aplicado en MBC..... 127

Imagen 86 Saturación de especímenes y pesado especímenes saturados..... 129

Imagen 87 Cuantificación de volumen de especímenes mediante desalojo de agua de picnómetro. 130

Imagen 88 Especímenes de mortero en horno de secado..... 130

Imagen 89 Pesado de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad". 132

Imagen 90 Gráfica de valores de pérdida de peso acumulado promedio por registro, de cada mortero de empleado en aplanados en muretes de prueba. 135

Imagen 91 Medición de los lados de las caras de los especímenes con calibrador vernier para calcular superficie por recibir carga en ensayo de resistencia a la compresión. 136

Imagen 92 Comparación gráfica de coeficientes de incremento promedio de índice de fisuración, de cada aplanado en MTR y MBC..... 144

Imagen 93 Gráfica de valores de Coeficiente de Incremento Promedio por Intervalo en MTR y MBC..... 144

Imagen 94 Gráfica de valores de Porcentajes de Incremento/Decremento entre primer y último registro de superficie afectada por presencia de humedad, en aplanados aplicados en MTR y MBC..... 148

ACRÓNIMOS

AFAM.	Asociación Nacional de Fabricantes de Morteros.
ANCADE	Asociación Nacional de Cales y Derivados de España.
CEMEX	Cementos Mexicanos
CEV.	Código de Edificación de Vivienda.
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda.
CPC.	Cemento Portland Compuesto.
CPO	Cemento Portland Ordinario.
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
INFONAVIT	Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias
MBC.	Murete de Block de Concreto Extruido.
MCAL	Mortero a base de Cal Hidratada.
MCCA	Mortero a base de Cemento y Cal.
MCEM	Mortero a base de Cemento.
MCPA	Mortero a base de Cemento para Albañilería.
MTR	Murete de tabique rojo recocido.
N-CMT	Normas de Calidad de los materiales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes
NTC-DF	Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal
ONNCCE	Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte.
SMN	Servicio Meteorológico Nacional.
TMA	Tamaño Máximo Agregado.
UAA	Universidad Autónoma de Aguascalientes.

RESUMEN

La presente tesis expone la evaluación técnica-económica realizada a distintos aplanados de mortero aplicados sobre muretes de prueba expuestos a las condiciones climáticas del Estado de Aguascalientes. Dicha evaluación se realizó mediante metodologías propuestas en este trabajo, a partir de las cuales se registraron y valoraron las patologías presentadas en los aplanados, contrastando finalmente el desempeño técnico con su costo de producción y aplicación.

Los cementantes y dosificaciones empleados en la elaboración de los morteros para aplanados, representan los más comunes en el Estado de Aguascalientes, los cuales se determinaron mediante inspecciones de obra, revisión de catálogos de conceptos de obra pública del estado y entrevistas técnicas a las empresas desarrolladoras de vivienda en serie más importantes que participan en la entidad, así como a empresas fabricantes de cementantes, como es el caso de Calidra sede Aguascalientes. Mediante este mismo ejercicio se determinaron también los materiales de la superficie de soporte, es decir, los materiales empleados en la construcción de muretes de prueba, así como sus especificaciones constructivas.

A este respecto, se construyeron muretes de tabique rojo recocido y de block de concreto extruido, obteniendo así dos superficies de soporte, con lo que se pudo comparar el desempeño técnico de cada mortero sobre ambos tipos de mampostería. La construcción de los muretes y aplicación de aplanados, se realizaron de acuerdo a lo establecido en diferentes códigos de construcción nacionales, así como en especificaciones técnicas.

Además de la evaluación y comparación técnica-económica, se analizó la incidencia de las condiciones climáticas presentadas durante los periodos de registro de patologías, en el desarrollo de las lesiones.

Palabras clave: Aplanados de mortero, Cementantes, Muretes de prueba, Superficie de soporte, Patologías.

ABSTRACT

This thesis presents the technical - economic evaluation at different mortar covering applied on test low walls exposed to weather conditions in the State of Aguascalientes. Such evaluation was performed using methodologies proposed in this paper, from which they were recorded and evaluated the pathologies presented in the mortar covering, eventually contrasting technical performance with cost of production and application.

Cementitious and dosages used in the preparation of mortars for covering, represent the most common in the state of Aguascalientes, which were determined through inspections of work, reviewing catalogs concepts of public works of the state and technical interviews with the most important development companies of housing series involved in the state, as well as manufacturers of cementitious, as in the case of based Calidra Aguascalientes. By this same exercise were determined the materials support surface, ie the materials employed in the construction of test low walls and their construction specifications were also determined.

In this regard, it built annealing red brick and concrete block constructed extrudate low walls, thus obtaining two support surfaces, which could compare the technical performance of each mortar on both types of masonry. Construction of low walls and covering application, were performed according to the provisions of different national building codes, as well as technical specifications.

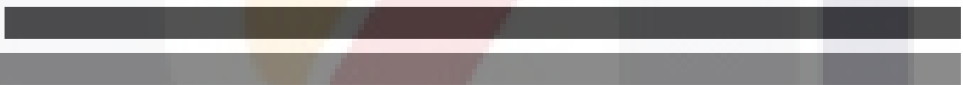
In addition to the technical - economic evaluation and comparison, it analyzed the incidence of climatic conditions presented during registration periods pathologies, in the development of lesions analyzed.

Key words: Mortar Covering, Cementitious, Test low walls, Support surface, Pathologies.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Prólogo

Los aplanados de mortero representan un significativo progreso en el desarrollo de una obra de edificación, generalmente el inicio de estos trabajos se considera un parte aguas desde el cual se deja atrás la denominada “obra negra” y se da paso a la aplicación acabados. Además de actuar en ocasiones como acabados intermedios y en otras tantas como definitivos, la aplicación de aplanados de mortero tiene también otras finalidades, tales como proteger a elementos constructivos de la intemperie y recubrir irregularidades.

Históricamente las funciones de los aplanados de mortero en la arquitectura y la construcción han estado destinadas a la protección, la durabilidad y el embellecimiento de las edificaciones. Los aplanados de mortero a base de yeso y cal son los más antiguos, siendo las civilizaciones egipcia, griega y romana las pioneras en su elaboración, aplicación y su constante optimización en busca de subsanar deficiencias observadas durante el proceso de elaboración y aplicación de los mismos, así como para prevenir posteriores patologías. Tras un amplio periodo de escasa aportación técnica en la materia que se produjo a partir de la caída del imperio romano, la evolución de los aplanados de morteros retomó su senda de progreso a partir del siglo XVIII con la relevante innovación de las cales hidráulicas (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995), que sirvieron de ensayo para consolidar en el siglo XIX la creación del cemento Portland, lo que generó una revolución en la elaboración de morteros.

En México existen registros de aplanados a base de mortero de cal con pigmentaciones y aditivos orgánicos aplicados por las civilizaciones prehispánicas (Bedolla Arroyo, Alonso Guzmán, Martínez Molina, & Le Borgne Le Gall, 2009), pero es a partir de la conquista y durante la época colonial cuando se optimiza la técnica de elaboración y aplicación y se generaliza su empleo (Martínez, Alonso, Rubio, & Bedolla, 2008). Ya en el inicio del siglo XX se comienza a industrializar en el país tanto la cal como el cemento portland, mismo que a la postre desplazó el uso de la cal en la fabricación de morteros.

Actualmente en gran parte del país, un sector de la industria de la construcción en el que constantemente se emplean los aplanados de mortero es el de la edificación de vivienda en serie, siendo el mortero a base de cemento, mortero mixto de cemento con cal y el mortero a base de cemento para albañilería los de uso común, aprovechando los beneficios que ofrece esta arraigada técnica constructiva.

Cabe destacar que existe una amplia normatividad alrededor de los morteros, la cual indica las practicas correctas que van desde la obtención y procesamiento de la materia prima, hasta la elaboración y utilización de los mismos, sin embargo, a pesar del claro progreso que estos presentan en la actualidad, es común percibir que los aplanados de mortero no están libres de patologías al igual que otros elementos constructivos, teniendo como principales afectaciones la fisuración, la presencia de humedad, suciedad, la presencia de eflorescencias, el abultamiento y el desprendimiento.

Es preciso indicar que las patologías de los aplanados de mortero antes mencionadas pueden ser ocasionadas ya sea por razones atribuibles a los componentes del mortero utilizado, o a otros factores como pueden ser, el empleo de mano de obra deficiente durante la elaboración y aplicación de los mismos, las condiciones medioambientales e incluso las características de la superficie de soporte, entre otras.

De acuerdo a una serie de inspecciones en desarrollos de vivienda en serie, tanto consolidados como en construcción en el estado de Aguascalientes, además de testimonios de constructores, se ha podido constatar que a pesar de la diversidad de bases químicas y dosificaciones empleadas, las patologías ya mencionadas se manifiestan con regularidad.

Después de realizar una exhaustiva búsqueda de información, se ha llegado a la conclusión de que no se ha establecido en la entidad un estudio acerca del comportamiento de los aplanados de mortero de distintas bases químicas en relación a los materiales de construcción de la superficie de soporte (muros) y a ciertos elementos constructivos presentes en la misma, así como la relación que pueda existir por parte de las condiciones medioambientales con el comportamiento de los aplanados, ni una comparación técnica-económica entre dichos morteros que indique cual resultaría la mejor

opción que cumpla con los aspectos técnicos que eviten o disminuyan de manera importante las patologías ya mencionadas.

Por lo anterior, la presente tesis representara un importante conjunto de conocimientos alrededor del comportamiento de los aplanados de mortero de las distintas bases químicas, el cual podrá servir de guía para los constructores que participan en el estado, o bien para la realización de nuevos estudios en la materia.

1.2 Objetivo General

El objetivo de este trabajo es la caracterización de aplanados de mortero de distintas bases químicas (cal, cemento, mixto de cemento con cal y cemento para albañilería) usualmente empleados para aplanados exteriores en vivienda en serie en el estado de Aguascalientes, implementado una campaña experimental, con la finalidad de evaluar el desempeño técnico de cada tipo de mortero sobre los materiales de construcción más comunes de la superficie de soporte (muros) y elementos constructivos, bajo las condiciones medioambientales presentes en el estado, mediante el desarrollo e implementación de metodologías para la valoración de patologías registradas, contrastando además el desempeño registrado con su impacto económico, determinando la factibilidad de cada base para su aplicación en la construcción.

1.3 Objetivos particulares

- A. Realizar una investigación documental de las patologías que se presentan en los aplanados de mortero, así como una minuciosa revisión de las normas que les apliquen a estos. Así mismo se determinará mediante registros estadísticos los materiales predominantes en la construcción de vivienda en el estado de Aguascalientes, así como las condiciones medioambientales presentes en el mismo.
- B. Efectuar visitas a desarrolladoras de vivienda en serie para recabar información acerca de los materiales de construcción de la superficie de

soporte (muros) y las bases químicas y dosificaciones más comunes de morteros empleados para aplanados en sus desarrollos.

- C. Complementar la búsqueda de información del punto anterior con eventuales visitas a fabricantes de cementantes y a través de la revisión de catálogos de obra pública del estado.
- D. Proyectar campañas experimentales basadas en la información obtenida durante los puntos anteriores, emulando las condiciones comunes de obra para la elaboración de los morteros de las distintas bases químicas ya mencionadas y la aplicación de los aplanados.
- E. Observación, medición y registro de patologías de los aplanados de mortero bajo las condiciones climáticas presentes, así como la realización de ensayos sobre probetas obtenidas de los morteros empleados para determinar sus propiedades, tales como resistencia a la compresión, densidad, porcentaje de porosidad y permeabilidad.
- F. Elaboración de una metodología para la valoración de las patologías registradas en campo.
- G. Determinación de los costos de elaboración y aplicación de los morteros utilizados en las campañas experimentales del punto III y IV, para finalmente realizar una ponderación basada en los resultados de dichas campañas, sobre las características técnicas y económicas, de tal manera que se pueda establecer en relación a este trabajo cual es la mejor opción de mortero para aplanados respecto a las características específicas de una obra.

1.4 Justificación

La manifestación de las patologías en los aplanados de mortero en las viviendas construidas en serie genera una problemática social y económica, por una parte, si las viviendas no han sido adquiridas o son de reciente entrega, los desarrolladores tienen que

invertir nuevamente parte de su capital en reparaciones, por otro lado, si la vivienda fue adquirida en buenas condiciones y con el tiempo se manifiesta la problemática, serían los clientes los que tendrían que destinar sus recursos en estas reparaciones. Sin embargo, si se toma la alternativa de no emprender acciones para reparar las lesiones provocadas por las patologías, estas pueden coadyuvar a ocasionar otros daños mayores en las viviendas, como puede ser el deterioro de la mampostería y/o elementos de concreto por intemperismo, generando que los propietarios se sientan defraudados y descontentos con su compra, además de experimentar un sentimiento de inseguridad provocado al pensar que los daños están asociados a patologías estructurales, lo cual contribuye a gestar el desprestigio de los constructores.



Imagen 1 Reparación de fisuras en aplanado de mortero en vivienda del fraccionamiento Lomas de Oriente, Aguascalientes, Ags



Imagen 2 Reparación de fisuras en aplanado de mortero en vivienda del fraccionamiento Misión de Santa Lucía, Aguascalientes, Ags.



Imagen 3 Mampostería expuesta por deterioro y desprendimiento de aplanado en vivienda del fraccionamiento Villas de Nuestra Señora de la Asunción, Aguascalientes, Ags.

Por lo anterior, existe la necesidad de realizar una comparación entre los aplanados de mortero de distintas bases químicas, tomando en cuenta diversas variables presentes alrededor de los aplanados de mortero, con la finalidad de determinar cuál base y dosificación presenta el mejor comportamiento.

1.5 Alcances

Los alcances de este trabajo se ajustaran al presupuesto y cronograma correspondientes al proyecto general, de tal manera que el estudio estará delimitado por los siguientes aspectos.

- A. Se enfocara en la problemática presente en el estado de Aguascalientes, usando información estadística referente a los materiales empleados para vivienda en serie, así como información obtenida de levantamientos.
- B. Las dosificaciones para la elaboración de morteros, así como los materiales de la superficie de soporte estarán dadas en función al punto anterior, de tal manera que serán empleados los predominantes, así como recomendaciones de fabricantes.
- C. La campaña experimental se desarrollará considerando las especificaciones de códigos y reglamentos de construcción mexicanos. Asimismo se considerará únicamente las normas para los de ensayos y estudios que se consideren pertinentes durante esta investigación.
- D. Se empleara arena de un mismo lote para la elaboración de los distintos morteros.
- E. La implementación de la campaña experimental se llevara a cabo en el laboratorio de materiales de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA).

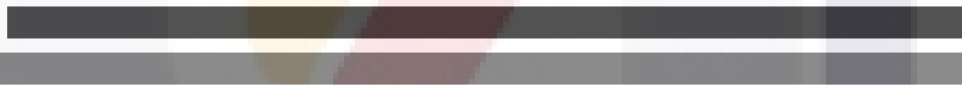
1.6 Hipótesis

“Los aplanados de mortero de distintas bases químicas (cementantes) de uso corriente, elaborados y aplicados bajo las mismas condiciones de obra, presentan diferente desempeño en función de la mampostería de la superficie de soporte, de los elementos constructivos cubiertos y ante condiciones medioambientales similares. A partir de la elaboración de morteros para aplanados, emulando cualidades comunes de obra y su aplicación sobre elementos de ensayo, manteniendo condiciones medioambientales semejantes, es posible determinar mediante el diseño e implementación de una metodología de valoración de patologías, y comparación de resultados, cual tipo de mortero de acuerdo a su base química presenta el mejor desempeño.”



CAPÍTULO II

REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO



II. REVISIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

2.1 Mortero

2.1.1 Definición y características

El mortero se define como una mezcla plástica aglutinante formada por uno o más cementantes inorgánicos, arena, agua, y en algunas ocasiones aditivos. Esta composición genera reacciones fisicoquímicas que desarrollan en la mezcla la propiedad de fraguar ya sea en el aire o en el agua dependiendo del cementante utilizado, y de formar una masa endurecida que adquiere resistencia mecánica con el paso del tiempo hasta un punto máximo.

Cuando la mezcla se compone únicamente de cementante y agua, esta se denomina “pasta”, y amasada con grandes cantidades de agua, se califica como “lechada”.

El volumen o cuerpo de un mortero está dado por la arena, misma que constituye una estructura granular cuyos vacíos presentes entre las partículas son cubiertos por la pasta formada por el cementante y el agua.

Un mortero presenta dos etapas de funcionamiento diferenciadas a partir de su estado físico. La primera etapa de un mortero responde al mezclado y amasado mientras este permanece en **estado fresco** confiriéndole plasticidad y trabajabilidad favoreciendo su manipulación y puesta en obra. A partir de la aplicación del mortero comienza la etapa de fraguado y endurecimiento hasta llegar al **estado endurecido** del mismo, durante esta etapa la pasta del mortero se consolida, adhiriendo entre si las partículas de arena.

2.1.2 Cementantes utilizados en la fabricación de morteros

Los materiales cementantes son aquellos que tienen propiedades de adherencia y cohesión requeridas para unir piezas entre sí, formando una masa sólida con resistencia mecánica.

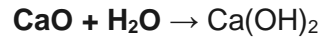
Los cementantes utilizados en la elaboración de morteros son productos artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, obtenidos a partir de materias primas naturales. Estos cementantes se pueden clasificar en dos grupos, **cementantes aéreos** que son aquellos que solamente fraguan y endurecen en contacto con el aire, y **cementantes hidráulicos** que son aquellos que fraguan y endurecen al reaccionar químicamente con el agua, ya sea en contacto con el aire e incluso estando sumergidos en ella, esta propiedad se designa como *hidraulicidad*.

2.1.2.1 Cales

La cal es un producto químico natural que el hombre ha procesado y empleado como cementante en la construcción desde hace milenios. La materia prima para la producción de la cal es la piedra caliza, una roca formada por sedimentación de lodos ricos en Carbonato de Calcio (CaCO_3) principalmente, y en pequeñas proporciones otros compuestos químicos considerados como impurezas, entre los que se encuentran el Carbonato de Magnesio (MgCO_3) y arcillas compuestas principalmente por sílice, alúmina y hierro. La piedra es sometida a un proceso de calcinación a una temperatura mayor a los $900\text{ }^\circ\text{C}$ hasta lograr la disociación química en la que se desprende Dióxido de Carbono (CO_2) que va a la atmosfera, obteniendo como resultante Óxido de Calcio (CaO) o cal viva en fragmentos irregulares o terrones, producto que en este estado carece de propiedades cementantes. La reacción química del proceso de calcinación de la piedra caliza es la siguiente:



Para conferirle propiedades cementantes a la cal viva (CaO) se efectúa el proceso denominado como “apagado” de la cal mediante la hidratación de los terrones de manera controlada, para obtener así el Hidróxido de Calcio [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] o Cal Hidratada como se conoce comercialmente. Durante este proceso se produce una reacción exotérmica en la que se libera gran cantidad energía en forma de calor no contaminante que evapora parte del agua utilizada y pulveriza los terrones de cal transformándolos en pasta blanca o polvo blanco seco según la cantidad de agua agregada, teniendo además un aumento de volumen. La reacción química del proceso de apagado de la cal viva es la siguiente:



De acuerdo a la composición química que presente la piedra caliza utilizada en la fabricación de la cal, se pueden obtener dos tipos de esta, diferenciándose en sus propiedades y aplicaciones. Estos dos tipos de cal corresponden a la **cal aérea** y la **cal hidráulica**, pertenecientes a su vez a los grupos de **cementantes aéreos** y **cementantes hidráulicos** respectivamente.

Cal aérea

La cal aérea se obtiene mediante la calcinación de rocas calizas puras que no contengan más de un 5% de material arcilloso. Se denomina así porque endurece mediante la exposición al aire al llevarse a cabo el proceso conocido como “carbonatación”, en el que al entrar en contacto con el Dióxido de Carbono (CO₂) presente en el aire, retorna poco a poco a ser Carbonato de Calcio (CaCO₃) o piedra caliza completando así el designado *ciclo de la cal*.

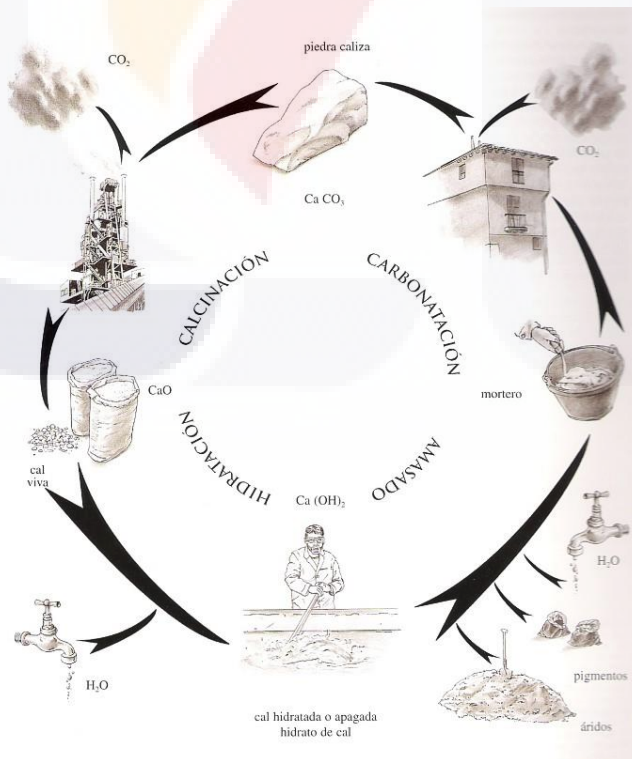


Imagen 4 Esquema del ciclo de la cal (ANCADE, 1998)

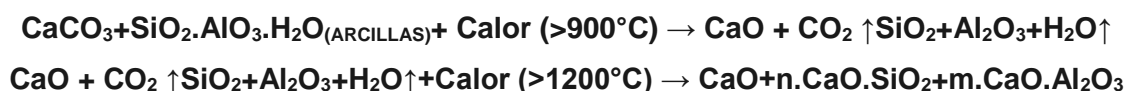
Dentro de la cal aérea existen a su vez dos tipos de cal. Cuando las piedras calizas empleadas en la fabricación de la cal son muy puras, es decir con un contenido de Carbonato de calcio (CaCO₃) superior al 95% y un porcentaje de Carbonato de Magnesio (MgCO₃) inferior al 5%, se obtiene una cal untuosa y altamente plástica denominada *cal grasa*. Por el contrario cuando la pureza en carbonatos es menor y el contenido de Carbonato de Magnesio (MgCO₃) comprende entre el 5 y el 30% la pasta de cal pierde plasticidad y untuosidad, esta cal aérea se denomina *cal magra* y es poco recomendable su uso en la construcción.

De acuerdo a lo anterior, la cal aérea puede presentarse ya sea como cal viva (CaO) o como cal hidratada [Ca(OH)₂].

Cal hidráulica

La cal hidráulica se obtiene mediante la calcinación de rocas calizas con un contenido de entre 10 y 20% de arcillas ricas en sílice, alúminas y hierro. Se denomina así porque después de ser amasada, endurece tanto en contacto con el aire por el proceso de carbonatación, como en contacto con el agua debido a su hidraulicidad, propiedad que le da la capacidad de fraguar en ambientes húmedos e incluso en circunstancias de inmersión total. Una cal hidráulica ofrece resistencias mecánicas más altas y en menor tiempo que una cal aérea.

Durante el proceso de calcinación de la roca, al sobrepasar los 900 °C se logra la disociación química en la que se desprende el Dióxido de Carbono (CO₂) y resulta el Óxido de calcio o cal viva (CaO), posteriormente al elevarse la temperatura por encima de 1200 °C se lleva a cabo la descomposición de las arcillas. De esta manera, al término del proceso de calcinación una parte de óxido de calcio se combina con los minerales arcillosos para formar silicatos y aluminatos cálcicos, compuestos que le confieren la hidraulicidad a la cal. La reacción química de este proceso se describe de la siguiente manera:



Donde:

CaO: cal viva;

n.CaO.SiO₂: silicatos cálcicos

m.CaO.Al₂O₃: Aluminatos cálcicos

Al concluir el proceso de calcinación, el producto presenta una importante cantidad de cal viva libre, es decir que no se combinó con minerales arcillosos, esto debido a la proporción de los componentes. Por lo tanto, la cal viva libre debe ser apagada selectivamente con anterioridad a la aplicación de la cal hidráulica como cementante, pues se debe tener cuenta el incremento de volumen que la cal viva presente con la hidratación, evitando así posteriores expansiones. Se recomienda especial cuidado durante el apagado de la cal viva para evitar la hidratación de los silicatos y aluminatos, los cuales deben conservar sus propiedades hidráulicas.

En este contexto, una cal hidráulica se compone de una parte de cal aérea hidratada y otra de compuestos hidráulicos, por lo que al utilizarla en un mortero o pasta, el agua adicionada para el amasado provocará la hidratación de los silicatos y aluminatos, mientras que la cal aérea evaporará el agua sobrante y la captura de dióxido de carbono (CO₂) para su endurecimiento.

El grado de hidraulicidad de una cal depende la cantidad de arcilla presente en la caliza y se define numéricamente con el *índice de hidraulicidad* obtenido de la relación en peso entre los silicatos, aluminatos y ferritos (componentes ácidos) respecto al Óxido de Calcio y Óxido de Magnesio (componentes básicos) según la siguiente formula:

$$I_h = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

Debido a la proporción de los componentes de una cal hidráulica, el peso de los componentes ácidos es menor, por lo tanto de acuerdo a la fórmula, el índice debe ser menor a 1. Las cales comprenden normalmente un índice entre el 0.0 y el 0.5, y cuando el índice sobrepasa el 0.5 se consideran cementos naturales.

Tabla 1 Clasificación de Cales Hidráulicas, según su Índice de Hidraulicidad. Realizado por Louis Joseph Vicat a mediados del siglo XIX

TIPO	ÍNDICE DE HIDRAULICIDAD
CAL AÉREA	0,0 a 0,10
CAL DÉBILMENTE HIDRÁULICA	0,10 a 0,16
CAL MEDIANAMENTE HIDRÁULICA	0,16 a 0,31
CAL HIDRÁULICA NORMAL	0,31 a 0,42
CAL EMINENTEMENTE HIDRÁULICA	0,42 a 0,50

Por último, resulta importante hacer la anotación de que no se debe confundir cal hidráulica con cal hidratada $[Ca(OH)_2]$, esta última como ya se mencionó es el resultado de la hidratación o apagado de las cales vivas.

2.1.2.2 Yeso

El yeso utilizado en la fabricación de morteros se clasifica dentro de los **cementantes aéreos**, su principal característica es la capacidad de endurecer rápido, aunque con una resistencia mecánica baja. La materia prima para la producción del yeso es una roca natural denominada *algez* o *pedra de yeso*, en cuya composición química domina el Sulfato de Calcio dihidratado $[(CaSO_4)2H_2O]$. En el proceso de fabricación se somete la piedra de yeso a cocción con temperaturas entre los 130 y 150 °C con lo que pierde una molécula y media de agua para obtener sulfato de calcio semihidratado $[(CaSO_4) \frac{1}{2}H_2O]$ también conocido como yeso cocido que es comercializado en polvo.

Si la temperatura de cocción de la piedra aumenta, se obtienen otros productos con características específicas, alrededor de los 200 °C el yeso presenta una mínima cantidad de agua convirtiéndose en anhidrita soluble $(CaSO_4)$, producto con propiedades cementantes ordinarias, a temperaturas comprendidas entre los 300 y 900 °C se convierte en anhidrita insoluble, producto totalmente deshidratado que pierde la capacidad de fraguar, finalmente cuando la temperatura sobrepasa los 900 °C el yeso se denomina

anhidrita de alta temperatura o yeso hidráulico, debido a que a altas temperaturas una parte de la piedra de yeso se descompone en cal libre que se combina con las impurezas arcillosas que acompañen a la piedra, confiriéndole a este yeso propiedades hidráulicas.

2.1.2.3 Cemento Portland

El cemento Portland es un material agrupado dentro de los **cementantes hidráulicos**, sus principales propiedades son su rápido fraguado inicial así como su alta resistencia a edades tempranas y la estabilidad que ofrece.

Este cemento se obtiene de calcinar y sinterizar la mezcla formada por rocas calizas y arcillas a una temperatura que alcanza los 1450 °C, en este punto la composición química de los componentes es alterada y se tiene como resultante un material artificial denominado Clinker Portland, el cual es finamente molido, se deja enfriar y se le adiciona un porcentaje de entre 3 y 5 % de yeso para regular su velocidad de fraguado.

De acuerdo a la composición mineralógica del Clinker, que puede variar según la dosificación de caliza y arcilla, y a la adición de otros componentes, la norma mexicana **NMX-C-414-ONNCCE-2010** clasifica cinco tipos de cemento Portland, así como cinco clases resistentes y cuatro características especiales de estos. Lo anterior se especifica en las tablas 2-4.

Tabla 2 Tipos de Cemento Portland según sus componentes

TIPO	DENOMINACIÓN
CPO	Cemento Portland Ordinario
CPP	Cemento Portland Compuesto
CPEG	Cemento Portland con Escoria Granulada
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con humo de Sílice

Tabla 3 Clase resistente de Cemento Portland

CLASE RESISTENTE
20
30
30 R
40
40 R

Tabla 4 Clasificación de cementos Portland según sus características especiales

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES
RS Resistente a los sulfatos
BRA Baja reactividad álcali agregado
BCH Bajo calor de hidratación
B Blanco

La selección del cemento para un mortero se debe realizar en función a las aplicaciones que este tendrá así como las especificaciones de la obra. Por lo tanto debe tenerse en cuenta la velocidad de hidratación del cemento, la velocidad de fraguado y endurecimiento y la resistencia solicitada.

2.1.2.4 Cemento para albañilería

El cemento para albañilería es un cementante de condiciones similares a las de los cementos Portland, dado que se obtiene de la molienda de la mezcla de Clinker Portland con uno o más de los siguientes materiales: piedra caliza, arcilla, puzolanas, escoria

granulada de alto homo, ceniza volante, yeso y aditivos químicos. Por lo tanto, este material se agrupa dentro de los **cementantes hidráulicos**.

Las principales características de este cementante al elaborar morteros, son la plasticidad, la adherencia y la retención de agua, sin embargo ofrece resistencias menores a las de los cementos Portland.

La norma mexicana NMX-C-021-2010 clasifica un solo tipo de cemento para albañilería con un solo grado de calidad. Cabe hacer la observación de que en México este material es comúnmente denominado de manera incorrecta con la palabra “mortero”.



Imagen 5 Presentación comercial típica en la República Mexicana de cemento para albañilería (CEMEX, 2015)

2.1.3 Aplicaciones

Como ya se ha mencionado, para la elaboración de un mortero existen distintos cementantes con características particulares. En este contexto, la elección del cementante a utilizar está dada por las aplicaciones a las que este destinado el mortero en una obra de construcción, así como las características y/o especificaciones de esta.

En México los morteros son empleados de manera corriente, tanto en la ejecución de los trabajos de obra negra como de acabados, siendo un material versátil en sus aplicaciones. En la tabla 6 se describen algunas de las aplicaciones más comunes de los morteros.

Tabla 5 Principales aplicaciones de los morteros en la construcción en México

APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Junteo de mampostería	El mortero es utilizado como ligante entre las piezas de mampostería, confiriéndole estabilidad a la estructura elaborada.
Entortados	En esta aplicación el mortero forma parte de la impermeabilización de una edificación. El mortero se coloca sobre el relleno previamente depositado en las azoteas con la finalidad de confinarlo y a su vez generar las pendientes necesarias para dirigir el escurrimiento hacia las bajadas de agua.
Aplanados	Esta aplicación es totalmente perceptible en una edificación. El mortero es aplicado sobre las superficies tanto verticales como horizontales de una obra en construcción tales como muros, plafones, azoteas, columnas entre otros elementos constructivos; la capa del mortero es normalmente de uno a dos centímetros, y puede presentar distintos acabados en su estado endurecido.

Es preciso mencionar que las aplicaciones expuestas en la tabla 6 son trabajos ejecutados en la construcción y por lo tanto estas responden a una normatividad, código o reglamento de construcción.

2.2 Aplanados de mortero

2.2.1 Definición y características

Un aplanado de mortero se define como el recubrimiento a base de mortero de las superficies tanto verticales como horizontales de una edificación, las cuales son cubiertas ya sea por razones funcionales, tales como protegerlas de agentes externos y/o recubrir irregularidades, o propiamente estéticas, funcionando como un acabado, el cual puede ser definitivo o puede servir como base para otro recubrimiento.

Los aplanados de mortero pueden presentar distintos tipos de acabado de acuerdo a la granulometría del agregado utilizado en la elaboración de la mezcla, así como también por el método de aplicación y las herramientas empleadas, siendo estos últimos factores

que determinan la precisión en cuanto a la rectitud del plano que forma el recubrimiento. Lo anterior descrito, se amplía en las tablas 6 y 7.

Tabla 6 Principales tipos de acabados para aplanados de mortero

TIPOS DE ACABADOS	
REPELLADO	<p>Recubrimiento rugoso que actúa regularmente como base para recibir un aplanado fino u otro tipo de recubrimiento como loseta cerámica o piedra. Para este acabado, la mezcla se extiende con la ayuda de una regla metálica o de madera, maniobra con la cual el aplanado queda marcado con el movimiento de los granos del agregado sobre el mortero.</p>
PULIDO SIMPLE / PLANEADO / FINO	<p>Para lograr este acabado, se debe utilizar arena cernida en la elaboración del mortero, obteniendo una mezcla fina con consistencia de pasta, la cual se expande con la herramienta denominada “plana”, instrumento de madera con una cara plana y mago al reverso con la que se consigue una capa aplanada y lisa de aplanado. En este acabado el mortero se aplica sobre el repellido hasta cubrirlo, obteniendo un acabado fino.</p>
FLOTEADO / PULIDO A ESPONJA	<p>Al igual que el acabado “planeado”, en este acabado se emplea mortero con arena cernida como agregado. La mezcla fina se expande con la herramienta denominada “flota”. Instrumento similar a la plana con esponja en su cara plana. El floteado se consigue alisando el aplanado con movimientos circulares, manteniendo la flota húmeda, logrando una superficie con textura más fina que el acabado planeado.</p>
PULIDO FINO	<p>Consiste en aplicar pasta o lechada sobre un aplanado previo, con la finalidad de borrar marcas y tapar poros, obteniendo una superficie de textura lisa. Este acabado se consigue utilizando la herramienta denominada “llana metálica”, instrumento a base de una hoja metálica de forma rectangular con asa, con la que se extiende la pasta y a su vez texturiza la superficie. Algunas llanas pueden presentar un lado dentado con el que se puede dar un acabado rallado.</p>



Imagen 6 Herramientas implementadas para lograr distintos acabados en aplanados de mortero. Izquierda: plana, centro: flota, derecha: llana metálica. (Herramientas, 2016).

Tabla 7 Principales métodos de aplicación para aplanados de mortero

MÉTODOS DE APLICACIÓN	
A PLOMO Y REGLA / MAESTREADO	<p>Consiste en aplicar el mortero entre maestras perfectamente aplomadas, forjadas de la misma mezcla sobre la superficie a aplanar, posteriormente el mortero es enrasada con una regla metálica o de madera, la cual se desliza verticalmente guiada por dichas maestras con lo que además se retira el excedente del mismo. La separación entre maestras se hace a consideración del ejecutante, pero se debe tomar en cuenta que entre más estrecha sea esta, se consiguen aplanados de mayor calidad.</p>
A REVENTÓN Y REGLA	<p>Consiste en expandir el mortero aplicado sobre las superficies apoyándose con hilos de guía, que se denominan reventones en albañilería. Los reventones se colocan a cierta distancia sin el uso de plomada o nivel, por lo tanto no se asegura la verticalidad del aplanado.</p>
A TALOCHA O TALOCHAZO	<p>Consiste en aplicar el mortero sobre las superficies con una plana, también conocida como “talocha” en albañilería. El mortero se embarra en la superficie hasta formar una capa sin acabado particular, ya que su principal finalidad es cubrir la textura de fondo de la superficie.</p>

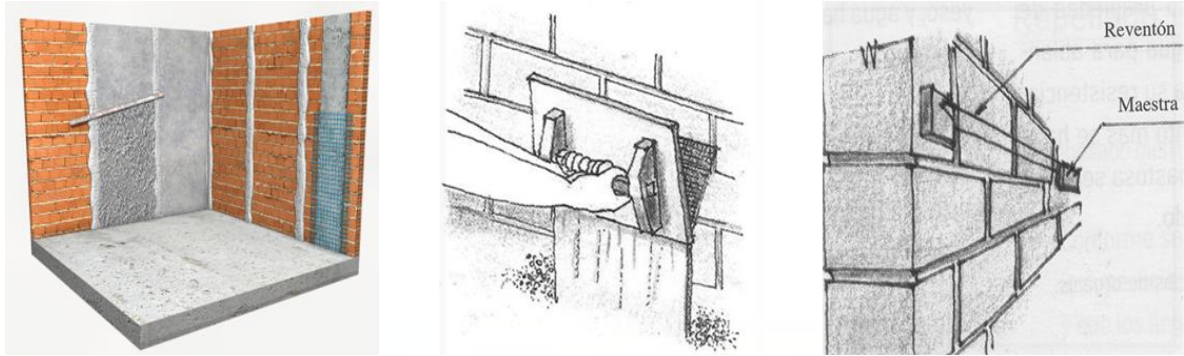


Imagen 7 Métodos implementados para la puesta en obra de aplanados de mortero. Izquierda: A plomo y regla (CYPE Ingenieros, 2016), Centro: A talocha, Derecha: A reventon y regla (Palacios , 2016).

2.2.2 Reseña histórica

Catal huyuk es una villa neolítica situada a orillas del río Carsamba en la llanura de Konya, ubicada en La Anatolia, al sur de Turquía, construida aproximadamente 6,000 años a.C. y descubierta a mediados del siglo pasado, en cuyos yacimientos se han encontrado suelos, muros y techos recubiertos con yeso, siendo este el registro más antiguo del empleo de aplanados (BARBERÀ, 2006). Sin embargo, el yeso no es el único cementante empleado durante el periodo neolítico, en las excavaciones de Jerico, otra ciudad de esta época ubicada en las cercanías del río Jordán, Cisjordania en el estado de Palestina, se han encontrado vestigios de suelos elaborados a base de mortero de cal con superficies pulidas, acabado al cual se refieren los arqueólogos como “enlucidos” o “emplastes”. (Malinowski, 1982).

En la edad antigua los morteros de yeso y cal eran utilizados con regularidad para aplanados. Pero fue la civilización egipcia la que dominó el conocimiento de elaboración del yeso. Los egipcios elaboraron yesos de distintas composiciones gracias a las diferentes temperaturas de cocción y a la adición de componentes orgánicos, de esta manera diversificaron sus aplicaciones, utilizándolo como aglutinante para mampostería, como revestimiento o como material decorativo. El revestimiento o “enlucido” de yeso cumplía tanto la función de revestir y proteger la superficies, como la de servir de lienzo para sus expresiones pictóricas religiosas (Álvarez Galindo, Martín Pérez, & García Casado, 1995).

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

En construcciones ubicadas en Asia, específicamente en China, datadas de los siglos VI al II a. C. también se han encontrado expresiones artísticas con frescos budistas, sobre aplanados de cal (BARBERÀ, 2006).

La civilización griega empleó los estucos a base de cal con la adición de yeso y polvo de mármol, para revestir sus construcciones y recubrir el aspecto rudo que le otorgaba la textura de las piedras en las construcciones. Los griegos desarrollaron una técnica de alta calidad para la elaboración y aplicación de los morteros, además se enfocaron en la búsqueda de un mortero de mayor dureza y más estable al agua para protegerlo de la agresividad del mar, razón por la cual adicionaron a su mezcla de cal y arena, polvo volcánico conocido como “tierra de santorin” procedente de la isla griega Théra, siendo este aditamento, la primer puzolana empleada.

Durante el imperio romano se comenzó la construcción de elementos a base de ladrillo, además se generalizó el uso del mortero de cal tato para la unión de piezas de mampostería como para revestimientos, relegando el uso del yeso. Los romanos realizaban sus aplanados a base de múltiples capas de mortero, asegurándose el endurecimiento de cada una antes de aplicarse la siguiente (Malinowski, 1982).

Los romanos retomaron de los griegos la técnica de añadir al mortero sustancias con la finalidad de mejorar las características del mismo, para poder emplearlo como aplanado impermeable en sus obras hidráulicas. Entre las sustancias que agregaron a su mezcla se encuentran la arcilla cocida y el polvo de puzol, proveniente de las rocas volcánicas de Bayas y de Pozzuoli, regiones cercanas al volcán Vesubio, estas sustancias consideradas puzolanas le confieren al mortero propiedades hidráulicas.

Tras la caída del imperio romano se produjo un amplio periodo de escasa aportación técnica en los morteros. Durante la Edad Media, se desecharon los conocimientos aportados por los romanos y se generalizó el empleo de la piedra como material principal para la construcción de elementos. En la literatura referente a los aplanados durante este periodo, es posible documentar que los morteros son de baja calidad, mientras que (Sickels, 1981) indica que entre los siglos XII y XV se empleaban aditivos orgánicos, tales

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

como huevo, fibra y jugo de frutas, cerveza, cera de abejas, azúcar, arroz, malta, gluten, orina y sangre.

Hacia finales de la edad y el inicio del renacimiento, se retoma el uso de enlucidos a base de mortero de yeso, empleándose tanto en elementos constructivos como en expresiones artísticas como la escultura con piezas en relieve moldeadas con este material.

Ya en la edad moderna se mejora la calidad de los morteros, la cal y el yeso son los cementantes de uso corriente, durante este periodo se empleaban los aplanados de mortero como ornamentación de fachadas, un ejemplo de esto se dio en España en el siglo XVII con la técnica constructiva denominada “aparejo toledano” en el que el mortero se forjaba para dar la apariencia de hiladas de tabique en muros de piedra (BARBERÀ, 2006).

Por otra parte, en el México prehispánico la cal se empleaba para aplanar muros y pisos de edificios públicos y residencias de elite, con dichos aplanados se garantizaba la protección de elementos y además favorecía la expresión pictórica de los pueblos (Villaseñor Alonso & Barba Pigarrón, 2012).

En relación al párrafo anterior (Bedolla Arroyo, Alonso Guzmán, Martínez Molina, & Le Borgne Le Gall, 2009) Indica que vestigios encontrados en las zonas arqueológicas de Teotihuacán, Calakmul, Montealbán y Palenque datados entre el siglo IV y V, se han registrado aplanados y enlucidos de cal con pigmentaciones.

Ya en la época de la Colonia, los elementos constructivos a base de mampostería eran usualmente aplanados con mortero de cal, y en algunos elementos específicos se aplicaban enlucidos o lechadas de cal y en algunos casos pigmentos de color (Wright Carr, 1997).

En el siglo XIX se da el descubrimiento de los cementantes hidráulicos siendo el Cemento Portland la principal innovación, material que progresivamente desplazaría a la cal y el yeso como principales cementantes en la elaboración de morteros. Actualmente,

como ya se ha comentado en el apartado anterior existe una variedad en la fabricación de cementos Portland, así como otros subproductos como el cemento para albañilería.

2.2.3 Patologías

El término de “patología” se originó en el campo de la medicina y se define como el estudio de las enfermedades, sin embargo, en la actualidad es admitido en la industria de la construcción como “patología constructiva” para aludirse a los problemas y/o lesiones que se presentan en los materiales de construcción y elementos constructivos de un edificio con posterioridad a su ejecución.

En general, de acuerdo a las causas que originen las lesiones en un elemento constructivo se clasifican en tres tipos: **lesiones físicas, lesiones mecánicas y lesiones químicas.**

Tabla 8 Clasificación de lesiones en función de sus causas

TIPOS DE LESIONES	
Físicas	Son aquellas en las que la problemática proviene de fenómenos físicos. Entre los principales fenómenos físicos que provocan este tipo de lesiones se encuentran la humedad, la erosión, la suciedad y la temperatura.
Mecánicas	Aquellas provocadas por un esfuerzo mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Este tipo de lesiones se divide en cinco apartados: deformaciones, fisuras, grietas, desprendimientos y erosiones mecánicas.
Químicas	Son las lesiones provocadas por reacciones químicas de algunos componentes presentes en los materiales de construcción, tales como sales, ácidos o álcalis, los cuales al reaccionar químicamente provocan descomposiciones en los mismos, alterando su integridad y afectado su durabilidad. Este tipo de lesiones se puede dividir en cuatro apartados: eflorescencias, oxidación y corrosiones, daño causado por organismos y erosiones.

Ahora bien, como ya se mencionó con anterioridad, una de las principales funciones de los aplanados de mortero es proteger a elementos constructivos de agentes externos, por lo tanto estos tienen una alta probabilidad de padecer patologías tanto físicas como químicas, mientras que al estar adheridos a superficies que reciben esfuerzos, también pueden producirse patologías mecánicas. En este sentido, las principales patologías que afectan a los aplanados de mortero son la fisuración, la presencia de humedad, la suciedad, la presencia de eflorescencias, el abultamiento y el desprendimiento.

2.2.3.1 Humedades

Propiamente, la humedad hace referencia por una parte al agua que impregna de manera superficial a los cuerpos y por otra al vapor de agua presente en el ambiente. En materiales, la humedad no se puede definir completamente como una patología constructiva, pero al ser una causa común de distintas lesiones, esta se puede entender como la presencia no deseada de agua en estado líquido en zonas y periodos de tiempo variables.

La presencia de humedad en los materiales está relacionada principalmente con su densidad, como es sabido, un material con alta densidad tiene un porcentaje de porosidad bajo, mientras que a bajas densidades el porcentaje de porosidad es alto. Sin embargo la penetración de agua en los materiales no solo responde a la cantidad de sus poros, sino también a la estructura de estos, que puede ser de poros abiertos e interconectados, o de poros cerrados sin conexión. Así, si un material presenta una superficie de alta calidad con poros cerrados, este no puede ser penetrado por el agua con facilidad, tal es el caso del mármol o del vidrio.

En cuanto a los aplanados de mortero, la presencia de humedad es prácticamente inevitable puesto que estos aplanados son la capa de protección de distintos elementos constructivos ante agentes exteriores, entre los cuales se encuentran las principales causas de humedades en dichos recubrimientos, en la tabla 9 se describen estas causas.

Tabla 9 Causas de las humedades en aplanados de mortero

CAUSAS DE LAS HUMEDADES EN APLANADOS DE MORTERO	
Humedad de la obra	Esta humedad se manifiesta cuando las consecuentes capas de un aplanado se aplican sobre superficies en las que no se ha conseguido el secado suficiente, es decir, que no cuentan con la humedad óptima.
Humedad de lluvia	Cuando el agua de lluvia incide directamente sobre los aplanados de mortero, esta se transporta y se deposita en su interior a través de sus poros.
Humedad capilar	La humedad presente en el terreno que está en contacto con la capa de aplanado y a su vez con la superficie de soporte, asciende a través de la red capilar formada por los poros de los materiales. Mientras más porosos sean los materiales su red capilar es de mayor amplitud, favoreciendo este fenómeno. Generalmente la humedad capilar alcanza distintas alturas ya que el ascenso se da en función del diámetro de los capilares formados en la red capilar, los cuales son en general irregulares.
Humedad por condensación	Cuando el vapor de agua se condensa, se forman gotas de agua que se adhieren a los aplanados de mortero, originando zonas húmedas.
Humedad accidental	Se debe principalmente a la humedad por fugas en tuberías de las redes de instalaciones de un edificio, o bien de los colindantes.

De acuerdo a la o las causas que generen humedades en un aplanado de mortero, se pueden originar procesos ya sea químicos o biológicos si estas se presentan durante un periodo considerable y no son examinadas y controladas, o en caso de ser necesario, eliminadas, derivándose así otras patologías y provocando daños no solo en el propio aplanado sino también en las distintas superficies de soporte. Las principales lesiones que se originan a partir de la presencia prolongada o en exceso de humedad son:

- Manchas negras a partir de formación de moho por la fructificación de colonias de hongos, bacterias o microorganismos. Esta lesión también es conocida como ataque biológico.
- Manchas blancas, producidas por las disolución de depósitos salinos contenidas en los materiales de construcción ante la presencia de humedad, Estas lesiones de tipo químicas se denominan **eflorescencias**, más adelante se expone con más detalle esta patología.
- Abultamiento de los aplanados causado por la presencia de humedad excesiva por tiempos prolongados.

2.2.3.2 Eflorescencias

Las eflorescencias son como ya se mencionó en la sección anterior, son una de las principales patologías a consecuencia de la presencia de humedades en los aplanados de mortero. Estas lesiones consisten en la formación de manchas blancas en la superficie de los aplanados de mortero por la cristalización de las sales solubles contenidas ya sea en los propios aplanados o en los materiales de la superficie de soporte. Este fenómeno se produce cuando la solución salina generada en el interior de los materiales por la humedad y los depósitos salinos contenidos, se transporta por la red capilar del sistema hacia el exterior, al llegar a la superficie el agua se evapora y las sales residuales se cristalizan, concentrándose y precipitándose sobre los aplanados. En el proceso de cristalización las sales se expanden con lo que se da lugar a un aumento en su volumen.

Existen casos en que la cristalización de las sales se da en el interior de los materiales, cuando esto ocurre, las tensiones de la expansión pueden provocar la disgregación de los aplanados. Este fenómeno se denomina **criptoeflorescencia** (Broto Comerma, 2006).

De acuerdo a la facilidad de limpieza de las sales se puede hacer una clasificación en dos tipos de eflorescencia:

- **Temporales:** la limpieza se facilita ya que las sales pueden disolverse nuevamente con facilidad, incluso el agua de lluvia puede eliminarlas. Se

incluye en este grupo aquellas sales demasiado superficiales con poca adhesión. Generalmente estas eflorescencias aparecen en ciclos climáticos húmedos.

- **Permanentes:** Las sales presentan un alto grado de adherencia, ya sea por propiedades inherentes o por estar incrustadas en los poros del aplanado. A diferencia de las eflorescencias temporales, este tipo de eflorescencias acumulan un daño mayor con el paso del tiempo.

(Broto Comerma, 2006) Indica que las sales eflorescibles con mayor frecuencia se encuentran en los materiales de construcción son los sulfatos (especialmente los de calcio, magnesio, sodio y potasio) y el carbonato de calcio.



Imagen 8 Lesiones en paramento causadas por eflorescencias y criptoeflorescencias

2.2.3.3 Fisuración

Una fisura se define como una abertura longitudinal presente en elementos constructivos, las fisuras son consideradas como lesiones mecánicas ya que son provocadas por movimientos de los materiales. En el caso de los aplanados de mortero, la Asociación Nacional de Fabricantes de mortero agrupa las causas de origen de la

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

fisuración en tres grupos, **acciones mecánicas, esfuerzos higrotérmicos y deficiencias de proyecto y ejecución** (AFAM, 2006).

Acciones mecánicas

Cuando la superficie de soporte de un aplanado sufre movimientos o deformaciones, estos son transmitidos al acabado debido a la adherencia existente entre ambos. Los movimientos de dicha superficie pueden deberse a esfuerzos mecánicos o a variaciones dimensionales por dilataciones y contracciones. La rigidez o plasticidad del aplanado determinara la capacidad de soportar las exigencias de los movimientos. Una característica particular de estas fisuras es que suelen ser lineales, sin cambios de dirección y sin ramificaciones.

Esfuerzos higrotérmicos

Los aplanados de mortero son afectados directamente por las variaciones higrotérmicas del ambiente debido a su exposición a la intemperie.

Las variaciones en la temperatura provocan dilataciones y contracciones en los aplanados de mortero generando tensiones que en contraste con las retenciones de la adherencia provocan la fisuración del aplanado. Las fisuras por variación de temperatura no tienen una dirección definida y pueden presentar ramificaciones.

Las variaciones en la humedad también provocan dilataciones y contracciones de los aplanados de mortero. La humectación produce una dilatación mientras que el secado deriva en la retracción. En los aplanados de mortero las fisuras generadas por variaciones en la humedad se presentan verticales y paralelas entre ellas. Un lugar común donde se manifiestan estas fisuras es en las coronas de muros que no cuentan con una protección adecuada.

Las alteraciones dimensionales de un aplanado de mortero ante las variaciones higrotérmicas dependen tanto de su coeficiente de dilatación como de las condiciones climáticas.

Deficiencias en el proyecto, los materiales y la ejecución

En este grupo se sitúan las fisuraciones en aplanados que se deben por una parte a situaciones no previstas en la etapa de diseño de estos revestimientos y por otra parte a las deficiencias de los morteros, ya sea en su fabricación o en su aplicación.

- **Deficiencias en la proyección**

Juntas constructivas mal resueltas: los aplanados de mortero aplicados sobre las juntas entre mampostería y elementos estructurales de concreto, son puntos vulnerables a fisurarse por efectos de las acciones mecánicas sobre los elementos constructivos descritas anteriormente. La aplicación de aplanados en esos puntos, debe ser analizado y resuelto en las etapas de diseño, una opción es la de especificar morteros de menor rigidez.

Ausencia de juntas: la continuidad en un aplanado supone la aparición de fisuras en cualquier punto intermedio, por efectos de los esfuerzos higrotérmicos sobre este.

- **Deficiencias en la elaboración y puesta en obra de morteros**

Al elaborar y aplicar un mortero se pueden realizar acciones que a la postre contribuyen con la formación de fisuras en los aplanados.

En la elaboración: si la cantidad de cementante excede una proporción adecuada en relación a la arena, esto supone que los granos de la arena pierden contacto entre ellas por lo tanto no se asegura el trabado necesario de la estructura que asiste a reducir la retracción durante el secado. Sin embargo si la relación cementante-arena es la adecuada pero el agua de amasado es limitada, esto favorece la fisuración de los aplanados, evidentemente en climas con temperatura elevadas y baja humedad ambiental.

En la aplicación: una de las causas principales durante la aplicación de morteros que beneficia la fisuración de los aplanados es la falta de humedad

en la superficie de soporte, ya que en condiciones resacas dicha superficie absorbe el agua del aplanado, acelerando la retracción y formándose microfisuras y fisuras con ramificaciones.

Otras deficiencias que se presentan en la aplicación son la falta de curado si el aplanado está expuesto a temperaturas elevadas, asoleamiento o vientos, y, el uso de mezclas maduras, es decir que ha pasado un lapso de tiempo específico desde su elaboración y ya han empezado a fraguar.

2.2.3.4 Abultamiento y desprendimiento

Estas lesiones se presentan generalmente como consecuencia de alguna patología o de una combinación de estas. En ambas, la pérdida de adherencia entre el aplanado y la superficie de soporte es la característica principal, por lo tanto, también pueden presentarse de manera natural sin precederles algún tipo de lesión, sino simplemente por el nulo anclaje a las superficies de soporte, en este caso, la falta de adherencia puede deberse a un exceso de humedad o suciedad en la superficie, o a que esta tenga un acabado demasiado liso.

El problema de adherencia de un mortero también puede deberse al empleo de una arena contaminada con materia orgánica, ya que esta obstaculiza o retarda el fraguado del cementante, de tal manera la mezcla no penetrara en la superficie.

El desprendimiento de un aplanado representa una amenaza para los elementos constructivos que este está destinado a cubrir, en el sentido que dichos elementos pierden la protección a las condiciones exteriores, situación en la cual se pueden originar lesiones importantes como erosión de materiales.



Imagen 9 Lesiones de abultamiento y desprendimiento de aplanado en paramento de vivienda en construcción, fraccionamiento San Gerardo, Aguascalientes.

2.2.4 Normatividad mexicana y especificaciones técnicas de elaboración y aplicación

En México, el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE) es la principal entidad encargada de la evaluación, normalización y certificación de productos y sistemas relacionados con la construcción. Asimismo las especificaciones técnicas de la industria de la construcción se establecen en los códigos y reglamentos de construcción tanto estatales como municipales, así como en normas emitidas por instituciones de gobierno tales como el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), entre otras.

En relación a los aplanados de mortero el ONNCCE no establece una norma específica, sin embargo, dispone normas relativas a distintas características y requerimientos de los morteros, así como de sus componentes en particular. En la tabla 10 y 11 se mencionan las normas relacionadas con lo anterior mencionado.

Tabla 10 Normas mexicanas del ONNCCE, aplicables a cementantes y morteros

CEMENTANTES Y MORTEROS	
NMX-C-414-ONNCCE-2014 (Cementantes hidráulico, especificaciones y métodos de ensayo)	En la elaboración de morteros de cemento hidráulico se deben emplear cualquier tipo de cemento hidráulico que cumpla con los requisitos especificados en esta norma. *
NMX-C-021-ONNCCE-2010 (Cemento para albañilería “mortero “, especificaciones y métodos de ensayo)	Esta norma establece las especificaciones y métodos de ensayo que deben cumplir el cemento para albañilería (mortero). *
NMX-C-003-ONNCCE-2015 (Cal hidratada - Especificaciones y métodos de ensayo)	En la elaboración de morteros se podrá usar cal hidratada que cumpla con los requisitos especificados en esta norma. *
NMX-C-057-ONNCCE-2010 (Cementantes hidráulicos - determinación de la consistencia normal)	Esta norma mexicana establece el método de ensayo bajo el cual se efectúa la determinación de la consistencia normal aplicable a los cementantes hidráulicos, empleando el aparato Vicat.
NMX-C-059-ONNCCE-2013 (Cementantes hidráulicos - determinación del tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos - método vicat)	Esta norma mexicana establece el método de ensayo bajo el cual se efectúa la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, midiendo su resistencia a la penetración de la aguja del aparato de Vicat.
NMX-C-061-ONNCCE-2010 (Cementos hidráulicos - determinación de la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos)	Esta norma mexicana establece el método de prueba bajo el cual se determina la resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos, por medio de especímenes cúbicos de 50mm por lado.
	<u>Continua tabla en siguiente página</u>

<p>NMX-C-085-ONNCCE-2010 (Cementos hidráulicos - Determinación estándar para el mezclado de pastas y morteros de cementantes hidráulicos)</p>	<p>Esta norma mexicana establece el método para efectuar el mezclado mecánico de pastas y morteros de cementantes hidráulicos. Este método de ensayo se aplica cuando se quiere mezclar morteros de cementantes hidráulicos para obtener una trabajabilidad o consistencia definida. El amasado mecánico de los morteros permite una humedad correctamente distribuida en la mezcla.</p>
<p>NMX-C-144-ONNCCE-2010 (Cementos hidráulicos - Requisitos para el aparato usado en la determinación de la fluidez de morteros)</p>	<p>Esta norma mexicana establece los requisitos del aparato que se debe utilizar para determinar la fluidez de los morteros. Establece además el método para calcular dicha característica.</p>
<p>NMX-C-173-ONNCCE-2010 (Concreto hidráulico - determinación de la variación en longitud de especímenes de mortero de cemento y de concreto endurecidos)</p>	<p>Esta norma mexicana establece el método para determinar la variación en la longitud aplicable a los especímenes de mortero de cemento y de concreto hidráulico endurecidos, no sometidos a fuerzas externas. Por variación de longitud se entiende como un aumento o disminución en la longitud en un espécimen que ha sido sometido a cambios de humedad o temperatura, sin estar sometido a fuerzas exteriores</p>
<p>NMX-C-486-ONNCCE-2014 (mampostería - mortero para uso estructural - especificaciones y métodos de ensayo)</p>	<p>Este proyecto de norma mexicana establece las especificaciones y métodos de ensayo que debe cumplir el mortero a base de cemento hidráulico, cemento de albañilería y/o cal hidratada; para la construcción de elementos de mampostería de uso estructural.</p>
<p style="text-align: right;">* Normas dirigidas a fabricantes</p>	

Tabla 11 Normas mexicanas del ONNCCE, aplicables a componentes del mortero

ARENA Y AGUA	
NMX-C-329-ONNCCE-2013 (Cementantes hidráulicos - Determinación de la granulometría de la arena de sílice utilizada en la preparación de los morteros de cementantes hidráulicos)	Esta norma mexicana establece el procedimiento para determinar los límites granulométricos de arena sílice empleada como agregado fino en la elaboración de morteros a base de cementantes hidráulicos.
NMX-C-076-ONNCCE-2002 (Efectos de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros - Método de prueba)	Esta norma mexicana establece el método de prueba para determinar los efectos generados sobre la resistencia de los morteros, por parte de agregados finos contaminados con impurezas orgánicas.
NMX-C-111-ONNCCE-2014 (Agregados para concreto hidráulico - Especificaciones y métodos de ensayo.)	Esta norma mexicana establece los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados naturales y procesados de uso común para la producción de concretos de masa normal. Aplica en morteros las especificaciones del agregado fino (arena).
NMX-C-122-ONNCCE-2004 (Agua para concreto - Especificaciones)	Esta norma mexicana establece los requisitos para las aguas naturales o contaminadas, diferentes de las potables que se pretendan emplear en la elaboración o curado del concreto hidráulico. Asimismo se da a conocer la acción agresiva de diferentes tipos de agua.

De acuerdo a las normas presentadas en las tablas anteriores, se puede observar que estas se enfocan primordialmente a establecer las características y requisitos para cada uno de los componentes de los morteros. Asimismo, algunas de estas establecen los métodos de prueba para determinar las cualidades de los mismos. Sin embargo, en cuanto a las aplicaciones de morteros, en estas normas solo se hace distinción de las características necesarias con respecto al mortero de usos estructural, y no así para los aplanados. En este sentido, la **NMX-C-486-ONNCCE-2014** especifica tres tipos de

mortero de acuerdo a su resistencia a la compresión. En la tabla 12 se aprecian las resistencias para cada tipo de mortero.

Tabla 12 Tipos de mortero y resistencia de diseño a la compresión

Tipo de mortero	Resistencia promedio a la compresión \bar{f}_j , MPa (kg/cm ²)	Resistencia mínima individual a la compresión $f_{j \text{ min}}$, MPa (kg/cm ²)
I	18.0 (180)	12.5 (125)
II	11.0 (110)	7.5 (75)
III	6.0 (60)	4.0 (40)

Otras características que deben cumplir los morteros para uso estructural que se establecen en esta norma, así como su método de ensayo, son, la retención de agua, que debe ser del 75% como mínimo, el contenido de aire, que debe ser del 18% como máximo, y el revenimiento, que se establece de acuerdo a la función estructural y a la absorción de las piezas de mampostería en las que se empleará.

Tabla 13 Revenimiento permisible para los morteros, en función de la absorción de la pieza de mampostería

Absorción de la pieza, (%)	Revenimiento para mortero de pega, (mm)	Revenimiento para mortero de relleno, (mm)
I	18.0 (180)	12.5 (125)
II	11.0 (110)	7.5 (75)
III	6.0 (60)	4.0 (40)

Ahora bien, como ya se indicó, no existe una norma oficial en el país que establezca las características específicas para morteros destinados a aplanados. Sin embargo, algunas instituciones disponen sus normas y especificaciones con respecto a la aplicación de dichos aplanados, las cuales se suman a los códigos y reglamentos de construcción nacionales, enfocándose más a consideraciones durante la ejecución, las cuales se enlistan a continuación:

- Una especificación en común en la ejecución de aplanados de mortero es que la superficie de soporte en la que estos se aplican, debe ser una superficie rugosa y previamente humedecida.
- En el **código municipal de Aguascalientes**, se especifica que para aplanados con un espesor mayor a tres centímetros se debe contar con un dispositivo de que garantice el anclaje.
- En relación a las superficies de concreto que reciben aplanado, las **Normas y Especificaciones Generales de Construcción del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT)** especifica que estas deben ser picadas previamente.
- La **Normativa para la Infraestructura del Transporte (NIT-SCT)** de la SCT en el libro CMT. Características de los Materiales, parte 2: Materiales para Estructuras, título: 01 Materiales para Mamposterías, capítulo: 004 Morteros (N-CMT-2-01-004/02), presenta un apartado dedicado a consideraciones para el mezclado de morteros destinados a junteo de mampostería, aplanados y firmes. Dichas consideraciones se enlistan enseguida:
 - ✓ La cantidad de agua que se utilice para el mezclado, será la mínima indispensable para producir un mortero trabajable.
 - ✓ Los componentes se mezclarán en obra, en un recipiente estanco y no absorbente, mediante un mezclador mecánico siempre que sea posible.
 - ✓ El tiempo de mezclado, una vez que se agrega el agua, no será menor de tres (3) minutos.
 - ✓ Los morteros se utilizarán dentro de un lapso de dos punto cinco (2.5) horas a partir del mezclado inicial.
 - ✓ Si el mortero resulta poco trabajable, puede remezclarse hasta que vuelva a tomar la consistencia deseada agregando agua si es necesario, siempre y cuando no haya transcurrido el tiempo establecido en el inciso anterior.
- En la misma norma del inciso anterior la N-CMT-2-01-004/02, se especifican los límites de la granulometría de la arena a emplear en la elaboración de los morteros, los cuales se aprecian en la tabla 14. Asimismo establece el módulo

de finura de la granulometría de dicho agregado, el cual debe comprenderse entre 1.6 y 2.35 con una tolerancia de variación de dos décimas (0.2).

Tabla 14 Límites granulométricos para arena para morteros especificados en la N-CMT-2-01-004/02

Malla		Porcentaje que pasa
Abertura mm	Designación	
4.75	N° 4	100
2.38	N° 8	95-100
1.18	N° 16	80-90
0.6	N° 30	55-70
0.3	N° 50	25-50
0.15	N° 100	5-30

- En esta misma norma se especifica que el agua a utilizar en la elaboración de morteros puede ser agua potable, es decir, aquella que por sus características químicas y físicas es útil para el consumo humano. En caso de no poder emplear agua potable, se podrá emplear agua que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la norma N-CMT-2-02-003/2.
- Por su parte, el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), establece en sus Guías Técnicas de Construcción, las mismas especificaciones ya mencionadas en distintos incisos anteriores.
- Por último, en el Código de Edificación de Vivienda 2010 (CEV), publicado por la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), en el cual se establecen los parámetros técnicos y administrativos para la construcción de vivienda, expone en el capítulo 20 referente a los materiales, en la sección 2002, los cementantes que se deben utilizar en la construcción de vivienda, en donde se especifica el uso de cemento portland, cemento para albañilería y cal

hidratada, cementantes que deben cumplir con su respectiva norma oficial mexicana emitidas por el ONNCCE, mencionadas previamente en la tabla 10.

En el capítulo 26A de este mismo código, “Acabados exteriores e interiores” se especifican entre otros recubrimientos, aplanados exteriores e interiores:

Aplanados interiores.

- ✓ Se debe utilizar mortero a base de yeso, o mortero mixto de cemento con cal con agregado de grano fino, la aplicación se debe hacer con el método de plomo y regla.
- ✓ El acabado final se debe dar con pasta utilizando la llana metálica.
- ✓ Para aplanados de yeso se debe utilizar mortero en proporción de dos partes de agua por tres partes de yeso, y el espesor del aplanado debe entre uno y dos centímetros.
- ✓ Para aplanados de mortero mixto, la proporción será la que indique el proyecto ejecutivo y se deben cuidar los espesores finales.
- ✓ Los aplanados de mortero se deben curar con agua durante un periodo de al menos tres días.

Aplanados exteriores.

- ✓ Los muros de mampostería de tabique o bloques de concreto deben ser humedecidos previamente a la aplicación del aplanado.
- ✓ Los elementos de concreto hidráulico, además de humedecerse deben ser picados con herramienta apropiada, para garantizar la correcta adherencia de los aplanados.
- ✓ Para aplanados con mortero de cemento, la proporción será la que se especifique en el proyecto ejecutivo, el espesor máximo será de dos centímetros aplicado en dos capas. La segunda capa se aplicará después de 24 horas de aplicada la primera, la cual debe ser humedecida previamente.
- ✓ Los emboquillados se aplicaran a plomo y regla, además de verificar con nivel que no se obstaculice el funcionamiento de puertas y ventanas.

- ✓ Los ductos de instalaciones, se deben colocar previo a la aplicación de aplanados.
- ✓ Se recomienda el empleo de aplanados con agregado fino para lograr un acabado cerrado, en lugar de repellados con agregado grueso, para evitar el acumulamiento de polvo y humedad sobre superficies verticales.
- ✓ Los aplanados de mortero se deben curar con agua durante un periodo de al menos tres días.

2.2.5 Estudios realizados

Alrededor de los aplanados de mortero existe una cantidad importante de estudios realizados, principalmente acerca del mortero y de sus componentes. Como ya se mencionó anteriormente, un suceso que marcó la optimización de los morteros fue la innovación de los cementantes hidráulicos, cuyo descubrimiento se produjo a partir de estudios realizados a la composición de las piedras calizas, que son la materia prima para la producción de cal, misma que hasta entonces era el cementante más utilizado. En este sentido, podría señalarse que es a partir de este evento que los estudios a cementantes y componentes de los morteros toman mayor importancia.

En cuanto a los aplanados de mortero propiamente, en distintos países, entre ellos México, durante las últimas décadas, los morteros a base de cal han sido estudiados para determinar su uso en aplanados, principalmente en la restauración de monumentos históricos. Entre los factores que se han estudiado de estos morteros, se encuentran los aditivos orgánicos en la mezcla, el impacto ambiental de los cementantes aéreos frente a los cementantes hidráulicos y las propiedades mecánicas que estos presentan, mediante su caracterización. En la tabla 15 se mencionan y se describen algunos estudios realizados relacionados con lo anterior descrito.

Tabla 15 Estudios relacionados con los morteros de cal para su uso en aplanados

<p>Aditivos orgánicos en Morteros de cal apagada En la edificación histórica (Bedolla Arroyo et. al, 2009)</p>	<p>En este estudio se hace una revisión histórica-técnica de los morteros de cal con aditivos orgánicos de origen vegetal y/o animal. Se plantea que el uso de estos morteros como aplanados resulta un método eficaz para proteger las fachadas, siendo además un material trabajable y económico.</p>
<p>Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucilago de cactácea y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales. (MARTÍNEZ, ALONSO, RUBIO, & BEDOLLA , 2008)</p>	<p>El estudio muestra los resultados y comparación de una investigación sobre el comportamiento mecánico de 4 mezclas de mortero elaboradas con cal apagada artesanalmente, adicionadas con arena, ceniza volcánica, mucílago de cactácea. Mediante la caracterización de morteros se estudiaron las propiedades mecánicas de compresión, tensión y flexión.</p>
<p>Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente (CEDEÑO VALDIVIEZO, 2011)</p>	<p>En este estudio se revisa la factibilidad del empleo de distintos cementantes en la elaboración de morteros para aplanados, tomando en cuenta sus características y el impacto ambiental que provoca la producción de los mismos. Se hace énfasis en el estudio de la cal y el yeso por sus conocidas cualidades medioambientales.</p>
<p>Estudio y caracterización de morteros para la restauración arquitectónica (PRADO GOVEA , CERECEDA, SPAIRANI BERRIO , & HUESCA TORTOSA, 2009)</p>	<p>Los autores de este estudio realizaron la caracterización de morteros de distintos cementantes con el fin de determinar su comportamiento hídrico y tipo de porosidad. Se analizó la viabilidad de usar estos morteros en obras arquitectónicas históricas de acuerdo a los materiales por recubrir y a los fenómenos relacionados con la porosidad.</p>

Como se puede observar en la tabla anterior, la mayoría de los estudios referentes a los aplanados están enfocados a los morteros de cal con aditivos orgánicos empleados en

la restauración, sin embargo otros investigadores han realizado estudios acerca de la sustitución de la arena por otros elementos, en la tabla 16 se mencionan y describen dos importantes estudios, uno nacional y otro internacional que tratan de esto.

Tabla 16 Estudios realizados en morteros con elementos sustitos de la arena

<p>Caracterización de morteros para revestimiento con polvo de piedra (ALVAREZ CABRERA, 2005)</p>	<p>Se realizó la caracterización de morteros con adición de polvo de piedra obtenido en cantera, en sustitución de la arena. Se estudiaron distintas dosificaciones utilizando tanto cemento como cal, y se realizaron los ensayos de fluidez, retención de agua, resistencia a la flexión y compresión, absorción capilar, resistencia a la adherencia y permeabilidad.</p>
<p>Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de CBCA como árido en aplanados en muros (HERNANDEZ JAÉN , 2011)</p>	<p>Se analizó el comportamiento mecánico y físico de morteros para aplanados en muro, de cemento con cal sustituyendo la arena por cenizas de bagazo de caña de azúcar. En el estudio se ensayó la fluidez, las propiedades mecánicas, la porosidad y la densidad de especímenes de prueba.</p>

Es de destacar que entre los estudios revisados, no se encontró alguno en el que se evalúe el desempeño de aplanados de morteros de distintos tipos de cementantes, ya aplicados. Algunos de estos estudios realizados se enfocan a la caracterización de morteros elaborados en condiciones reguladas de laboratorio, pero no se toma en cuenta el comportamiento de los mismos respecto a diferentes superficies de soporte ni a la intemperie. Lo anterior es de gran importancia debido a que es en estas condiciones cuando se presentan las patologías en dichos aplanados.

2.3 Condiciones climáticas del Estado de Aguascalientes

El estado de Aguascalientes se ubica en el centro de la República Mexicana, en la región denominada “El Bajío Occidente”, sus coordenadas geográficas extremas son, al norte 22°27’, al sur 21°38’ de latitud norte; al este 101°53’, al oeste 102°52’ de longitud oeste. Colinda al norte, noreste y oeste con Zacatecas; al sureste y sur con Jalisco. La

superficie de su territorio es de 5,680.330 kilómetros cuadrados, que representa el 0.3 por ciento de la superficie del país.



Imagen 10 Ubicación geográfica del Estado de Aguascalientes
 Autor: Gobierno del Estado de Aguascalientes

En el 86% del territorio del estado predomina el clima semiseco, mientras que en el 14% restante se presenta un clima templado subhúmedo, específicamente en la región suroeste y noroeste del estado donde se localizan la sierra del Laurel y la Sierra fría respectivamente. La temperatura media anual es de 17 a 18°C, aunque se registran temperaturas mayores a 30°C durante los meses de Mayo y Junio, y temperaturas cercanas a 0°C entre los meses de Diciembre y Enero. La precipitación pluvial media es de 526 mm, siendo el verano el periodo de lluvia más importante. (INEGI, 2016)

Clima semiseco

Como ya se mencionó, la mayor parte del territorio en el estado presenta un clima semiseco, en el que la principal característica es que la evaporación es mayor que la precipitación, es este clima abunda la vegetación del tipo matorral desértico y xerófila. La máxima ocurrencia de lluvias oscila entre los 110 y 120 mm, registrándose en el mes de junio, y la mínima se registra por debajo de los 5 mm en el mes de marzo. El régimen térmico más cálido se registra en mayo con una temperatura entre los 22 y los 23°C, mientras que en enero se registra la temperatura más baja de 13 a 14°C (Gobierno del Estado de Aguascalientes, 2016).

Heladas y granizadas

En el estado el rango con mayor incidencia de días con heladas, se establece de 20 a 40 días, presentándose entre los meses de noviembre a febrero. Por su parte en la frecuencia de días con granizadas, se establecen dos rangos, el primero corresponde al 80% del territorio estatal y se establecen de cero a dos días anuales, mientras que en el segundo que corresponde al 18% del territorio se establecen dos a cuatro días. En el 2% restante el fenómeno es inapreciable. Las granizadas tienen su periodo de mayor incidencia durante la temporada de lluvias, específicamente en los meses de Julio y Agosto (Gobierno del Estado de Aguascalientes, 2016).

2.4 Aplicación de aplanados de mortero en la construcción de vivienda en serie en el estado de Aguascalientes

2.4.1 Materiales predominantes y especificaciones

Como ya se explicó, un aplanado de mortero se define como el recubrimiento a base de mortero de las superficies tanto verticales como horizontales de una edificación, en este sentido, estas superficies pueden ser denominadas como “superficies de soporte”.

En México las principales superficies de soporte de una edificación son estructuras de mampostería, estructuras de concreto o una combinación de estas. Un sector de la industria de la construcción en el que se cumple esto, es el de la construcción de vivienda, ya que de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2010) el 86.3 % de las viviendas habitadas en el país cuentan con muros contruidos con piezas de mampostería o concreto, mientras que el 71.6 de las viviendas habitadas presentan techos o cubiertas de concreto o sistema de vigueta y bovedilla. En la tabla 17 se observa además de los porcentajes ya mencionados, los porcentajes correspondientes para el estado de Aguascalientes.

Además de lo ya expuesto, también es importante mencionar que en el CEV se especifica la construcción de ambas estructuras para la edificación de las viviendas. En este código se establecen los sistemas constructivos para muros a base de piezas de mampostería ya sean macizas o huecas en combinación con elementos de concreto. El

CEV es aplicable a todo el territorio nacional en conjunto con los reglamentos de construcción estatales y municipales, la mayoría de los cuales fueron revisados y analizados durante su elaboración. De esta manera, estos sistemas constructivos se aplican en la totalidad del país.

Tabla 17 Porcentaje de viviendas habitadas con material durable en muros y techos

Entidad federativa	Materiales resistentes en muros *		Materiales resistentes en techos **	
	Número de viviendas habitadas	Porcentaje	Número de viviendas habitadas	Porcentaje
Estados Unidos Mexicanos	24 726 879	86.3	20 520 770	71.6
Aguascalientes	270 524	92.3	277 971	94.9

* Se considera materiales resistentes en muros: tabique, ladrillo, block, piedra o concreto.

** Se considera materiales resistentes en techos: losa de concreto o viguetas con bovedilla

Fuente: INEGI 2010

En este contexto, se establece así que tanto para Aguascalientes como para el resto de la República, las superficies de soporte se conforman principalmente de estructuras de mampostería y concreto.

En cuanto a los aplanados de mortero, no se encontró en el estado de Aguascalientes una estadística acerca del o de los cementantes predominantes para la fabricación de las mezclas, ni de las dosificaciones empleadas. A este respecto es pertinente hacer la observación que de acuerdo con la normatividad revisada previamente, no se establece un cementante ni una dosificación específica para los morteros destinados para aplanados en función de los materiales de la superficie de soporte, o de alguna otra característica, por ejemplo las condiciones climáticas.

Ahora bien, para determinar estas características de los aplanados, se recabó información mediante entrevistas técnicas a tres de las empresas desarrolladoras de vivienda en serie más importantes que participan en el estado. En las entrevistas realizadas se obtuvo información tanto de la superficie de soporte como de los aplanados

de mortero. En la tabla 18 se muestra una breve descripción de las tres empresas desarrolladoras entrevistadas.

Tabla 18 Reseña de empresas desarrolladoras de vivienda en el estado de Aguascalientes

Empresa	Descripción
GRUPO SAN CRISTÓBAL	Empresa desarrolladora de vivienda, establecida en Aguascalientes desde el año 2002. Actualmente ejecutan y promocionan simultáneamente ocho desarrollos urbanos, ofreciendo vivienda de diferentes tipologías.
COMEBI	Desarrolladora de vivienda originaria del Estado de San Luis Potosí, establecida en los años 60. Actualmente tienen gran presencia en el centro del País, desarrollando vivienda en los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro y Aguascalientes. En la ciudad de Aguascalientes ejecuta y promociona el condominio “San Gerardo”, el único macro desarrollo proyectado en Aguascalientes con más de 10 000 viviendas, en ejecución desde el año 2009.
CASAS JAVER	Casas Javer es una empresa desarrolladora de vivienda originaria de la ciudad de Monterrey Nuevo León, establecida en el año 1973. Tradicionalmente participan en el norte del país, y actualmente desarrollan vivienda en los estados de Aguascalientes, México, Jalisco, Ciudad de México, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo y Tamaulipas.

En la tabla 19 se indica los materiales de la superficie de soporte y el sistema constructivo de la superficie de soporte, específicamente de muros empleado por cada desarrolladora.

Tabla 19 Materiales y sistema constructivo de muros en tres de las desarrolladoras de vivienda más importantes en Aguascalientes

Superficie de soporte	
GRUPO SAN CRISTÓBAL	Muros de block prefabricado de concreto extruido 12x20x40cm y muros de tabique rojo recocido 7x14x28, juntados con mortero CEM-CPA-ARENA 1:1:3. Muros confinado con elementos de concreto armado (castillos y cadenas), instalaciones eléctricas e hidrosanitarias ahogadas en muros de block y en muros de tabique sobre ranuras. Refuerzos de acero en muros de block, en posición vertical con varillas ahogadas en cadenas, y horizontal con escalerilla entre piezas.
COMEBI	Muros de block prefabricado de concreto extruido 12x20x40cm, juntados con mortero CEM-CPA-ARENA ½:2:5. Refuerzos de acero, en posición vertical con varillas ahogadas en cadenas, y horizontal con escalerilla entre piezas. Confinado con elementos de concreto armado (castillos y cadenas), instalaciones eléctricas e hidrosanitarias ahogadas en huecos de los bloques.
CASAS JAVER	Muros de block prefabricado de concreto extruido 10, 12, 15, 20x20x40cm, juntados con mortero CEM-ARENA 1:3. Refuerzos de acero posición vertical con varillas ahogadas en cadenas, y horizontal con escalerilla entre piezas. Confinado con elementos de concreto armado (castillos y cadenas), instalaciones eléctricas e hidrosanitarias ahogadas en huecos de los bloques. Muros aparentes de concreto armado $f'c=200\text{kg/cm}^2$ TMA ¾".
* CEM=CEMENTO	
* CPA=CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA	

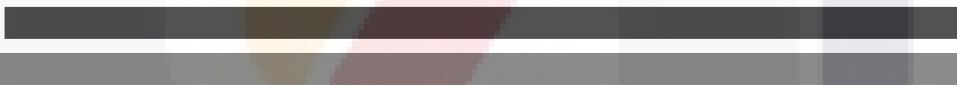
Asimismo en la tabla 20 se indican los cementantes y las dosificaciones empleadas en la elaboración de morteros para aplanados, así como el proceso de elaboración y aplicación.

Tabla 20 Cementantes, dosificaciones y especificaciones para elaboración y aplicación de morteros para aplanados, en tres de las desarrolladoras de vivienda más importantes en Aguascalientes.

	Grupo San Cristóbal	Casas Javier	Comebi
Cementante(s) y dosificación(es) empleadas en morteros para aplanados	CPA-ARENA 1:4,1:3 CEM-ARENA 1:4	CEM-ARENA 1:5 CPA-ARENA 1:3	CEM-CPA ½:2:6
Especificaciones para el proceso de elaboración y aplicación de aplanados de mortero	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de morteros en artesas metálicas. • Estricto cuidado en la limpieza de la arena. • Superficie de soporte humedecida previamente. • Metal desplegado en bajadas de agua. • Agua agregada hasta lograr trabajabilidad, sin llegar al exceso. • Aplicación de fina al día siguiente de repellado. • Picado de superficies de concreto. • Acabado final con estuco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Picado de superficies de concreto • Metal desplegado en elementos de concreto • Espesor de aplanado de 1 a 2 cm • Aplicación de fina 1 hora después de aplicación de repellado 	<ul style="list-style-type: none"> • Picado de superficies de concreto • Aplicación de fina al día siguiente de repellado • Preparación de morteros sobre laminas o artesas • Agua agregada hasta lograr trabajabilidad
CEM=cemento, CPA=cemento para albañilería.			



CAPÍTULO III
CAMPAÑA EXPERIMENTAL



III. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

3.1 Descripción de la campaña

Para desarrollar el objetivo general de este trabajo, establecido en el capítulo uno, se proyectó la aplicación de aplanados de mortero sobre muretes de prueba expuestos a la intemperie. Para la construcción de dichos muretes y la elaboración de los morteros para aplanados, se emplearon los materiales y sistemas constructivos predominantes en el estado de Aguascalientes.

Posteriormente se implementaron metodologías para la valoración de patologías a partir de un sistema de registro de presencia y expansión de estas sobre los aplanados aplicados, durante un periodo de tiempo establecido, con lo que se evaluó el desempeño técnico de cada aplanado.

Por último, además de la evaluación técnica, se realizó otra de tipo económico. Ambas evaluaciones forman parte de la caracterización y en base a estas se realizó la ponderación final.

3.2 Diseño y construcción de muretes de prueba

3.2.1 Determinación de materiales

3.2.1.1 Mampostería y sistema constructivo

De acuerdo con la información obtenida y presentada en el punto 2.4.1 del capítulo anterior, se determinó que la mampostería y el sistema constructivo para la construcción de los muretes de prueba son los que se establecen en la tabla 21. En resumen, la superficie de soporte se compone de piezas de mampostería y elementos de concreto.

Tabla 21 Piezas de mampostería y sistema constructivo empleados en la construcción de muretes de prueba

Pieza de mampostería	Sistema constructivo
Tabique rojo recocido 7 x 14 x 28 cm.	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de piezas de forma cuatrapeada, asentadas con mortero CEM-CPA-ARENA 1:1:3. • Dalas de desplante, cadenas de cerramiento y castillos, de concreto armado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$. • Colocación de ductos sobre ranuras, profundidad máxima de ranura de un cuarto del espesor del muro.
Block prefabricado de concreto extruido 12 x 20 x 40 cm	<ul style="list-style-type: none"> • Colocación de piezas de forma cuatrapeada, asentadas con mortero CEM-CPA-ARENA 1:1:3. • Dalas de desplante, cadenas de cerramiento y castillos, de concreto armado $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$. • Colocación de ductos ahogados en los huecos de las piezas, perforación de piezas para registros y chalupas.

3.2.1.2 Cementantes y dosificaciones de morteros para aplanados

La determinación de los cementantes empleados en la elaboración de morteros para aplanados, así como sus dosificaciones, se realizó en base a dos conjuntos de información. El primer conjunto corresponde a la información presentada en la tabla 20 del punto 2.4.1 del capítulo anterior, con la que se determinaron dos mezclas, una a base de cemento y otra a base de cemento para albañilería. El segundo conjunto de información se compone de dos fuentes consultadas en relación a morteros a base de cal, esto debido a que este cementante es el de mayor antigüedad en la elaboración de morteros para aplanados. Una de las consultas se realizó mediante una visita y entrevista técnica al grupo Calidra sede Aguascalientes, una de las empresas productoras de cal más importante del país; en la segunda consulta de información, se revisaron varios catálogos de conceptos de Obra pública del estado de Aguascalientes, donde se especifica con regularidad morteros para aplanados a base de cemento con cal. Con la información de estas dos fuentes se determinaron otras dos mezclas, una a base de cal y la otra de mortero mixto de cemento con cal. Las dosificaciones de las cuatro mezclas determinadas para la campaña experimental se indican en la tabla 22.

Tabla 22 Mezclas y dosificaciones de morteros determinados para la campaña experimental

Mezcla	Dosificación	Nomenclatura
Cemento - arena (CEM-ARENA)	1:4*	MCEM
Cemento para albañilería - arena (CPA-ARENA)	1:4*	MCPA
Cemento - Cal - arena (CEM-CAL-ARENA)	1:2:4*	MCCA
Cal - arena (Cal-ARENA)	1:3*	MCAL
* Medido por volumen		

3.2.2 Área de trabajo

Para desarrollar el proyecto se destinó un terreno con dimensiones de 5.50 x 5.30 m adjunto al edificio 34 o laboratorio de mecánica de suelos y materiales en el campus norte de la UAA, concedido en condición de comodato por la institución. Una particularidad de la ubicación del área de trabajo es su cercanía con la estación meteorológica automática de ciudad universitaria, perteneciente al servicio meteorológico nacional (SMN), situada a 150 metros aproximadamente, en la cual se consultaron registros climatológicos.



Imagen 11 Vista aérea de la ubicación del terreno destinado para la construcción de los muretes de prueba.
Fuente: (GOOGLE, 2016)

La superficie destinada pertenece a una extensión de pasto de las zonas verdes del campus universitario, en dicha superficie se sitúan tres registros que sobresalen 15 cm del suelo, dos de estos registros corresponden a la red eléctrica subterránea y sus dimensiones son de 88 x 88 cm, el tercero de los registros con dimensiones de 1.10 x 1.10 m se encuentra en desuso.

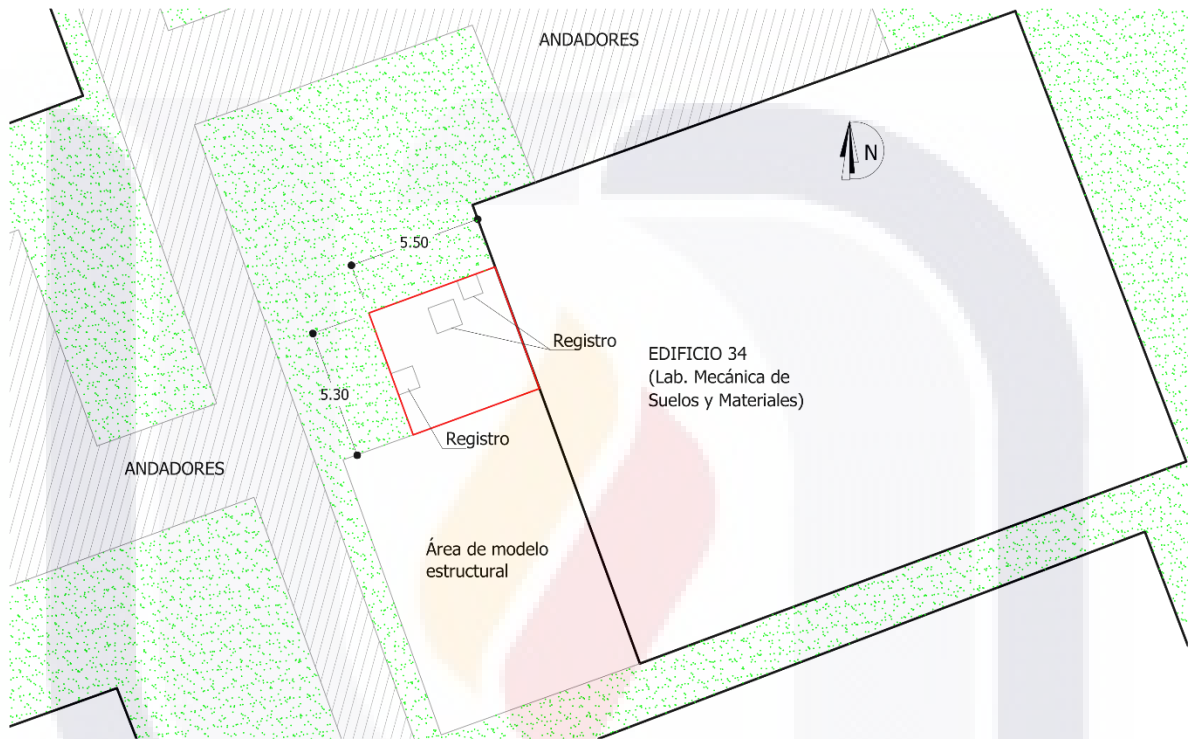


Imagen 12 Vista en planta del croquis de localización del área de trabajo.

Ahora bien, se determinó la construcción de cuatro muretes de prueba, dos de tabique rojo recocido (MTR) y dos de block de concreto extruido (MBC) para obtener así cuatro caras de prueba de cada tipo de mampostería, con la finalidad de destinar una cara de MTR y una MBC para la aplicación de cada una de las cuatro mezclas de mortero determinadas en la tabla 22.

La longitud, la distribución y la disposición de los muretes se determinaron en función de las dimensiones y la accesibilidad del área de trabajo, debido a los elementos presentes en la misma, sin embargo para la disposición se analizó además el factor de asoleamiento en las caras de los muretes. En este sentido, se planteó una longitud de 1.75 m para cada murete y se proyectó que los ejes de los muretes tuvieran una

orientación suroeste – noreste, de acuerdo con esto, las caras que se orientaron al noroeste se designaron como lado “A”, y las que se orientaron al sureste se designaron como lado “B”. La disposición de los muretes así como su nomenclatura se indica en la imagen 14.



Imagen 13 Terreno preparado para la construcción de muretes de prueba.

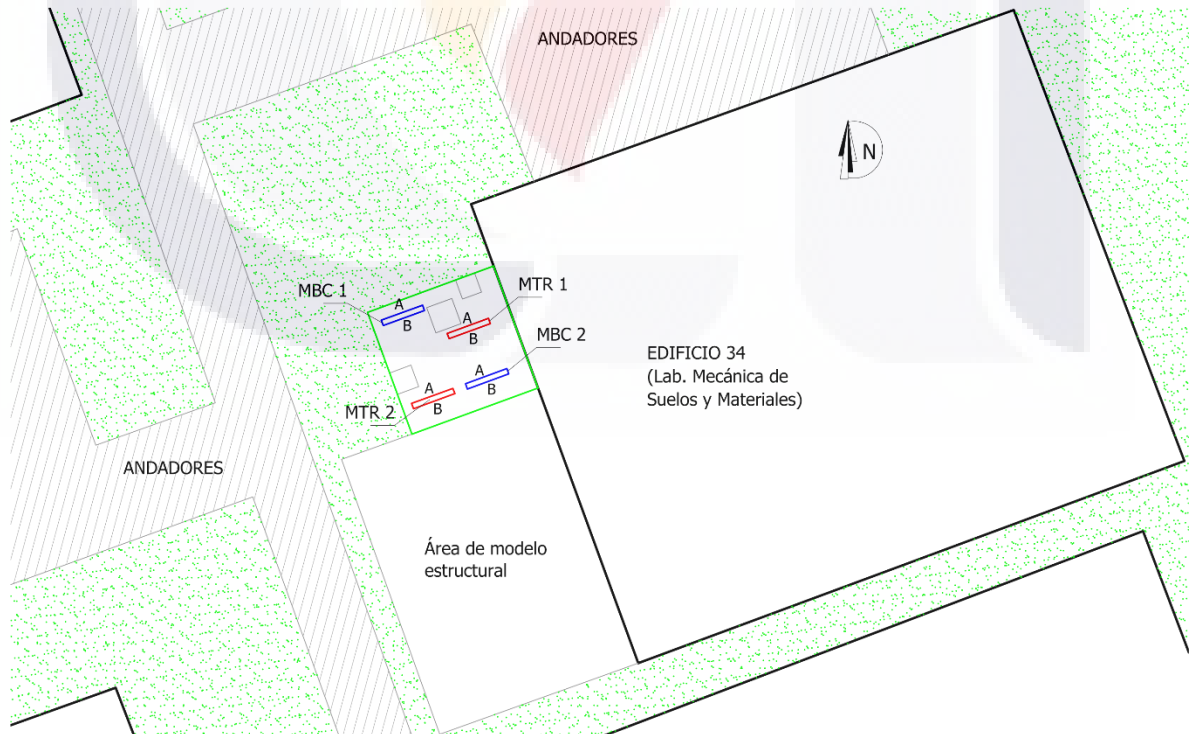


Imagen 14 Esquema de disposición de muretes.

3.2.3 Diseño de muretes de tabique rojo recocido (MTR)

El diseño de muretes de tabique rojo recocido (MTR) se realizó en base a la información de la tabla 21. De acuerdo con esta información, se propuso desplantar la mampostería sobre dalas de concreto sin ningún tipo de anclaje ya que no se contempló la ejecución de cimentaciones debido a los alcances del proyecto. Se plateó confinar verticalmente un extremo de los muretes con castillos de concreto anclados a la cadena de desplante, rematando el extremo opuesto únicamente con la mampostería, con la finalidad de evaluar el desempeño de los aplanados en presencia de la junta constructiva vertical que se da entre la mampostería y un elemento de concreto. En el diseño se incluyó la colocación de ductos para instalaciones ahogados en ranuras realizadas sobre la mampostería, para poder también evaluar el desempeño de los aplanados en presencia de estos elementos constructivos. Por último se propuso la integración de un vano delimitado en la parte superior por una cadena de cerramiento de concreto, agregando con esto, variables a la evaluación del desempeño de los aplanados de mortero.

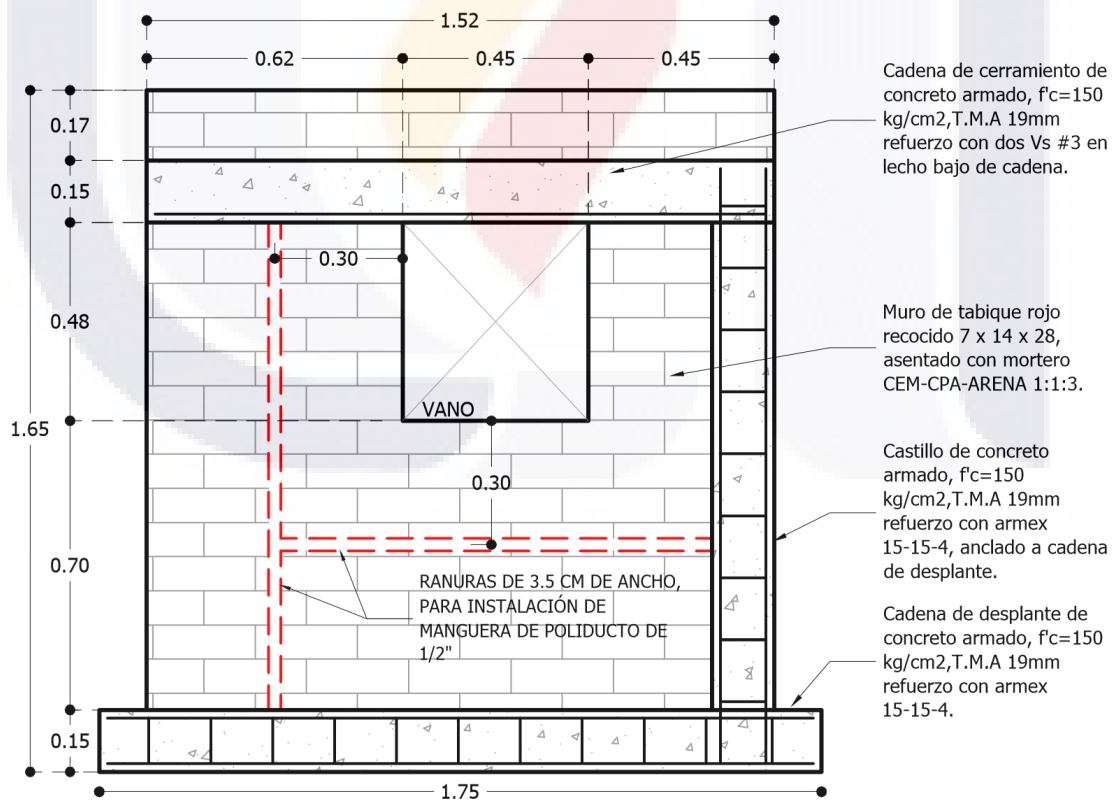


Imagen 15 Detalle constructivo de diseño de MTR 1 Cara A

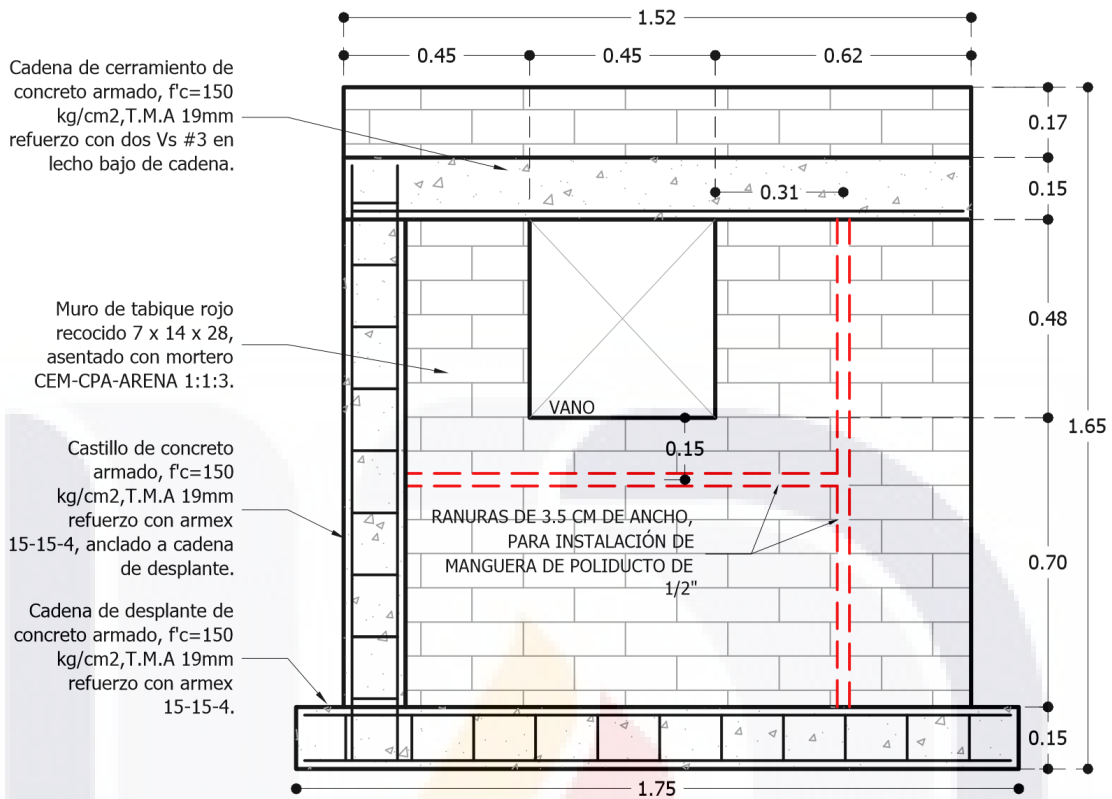


Imagen 16 Detalle constructivo de diseño de MTR 1 Cara B

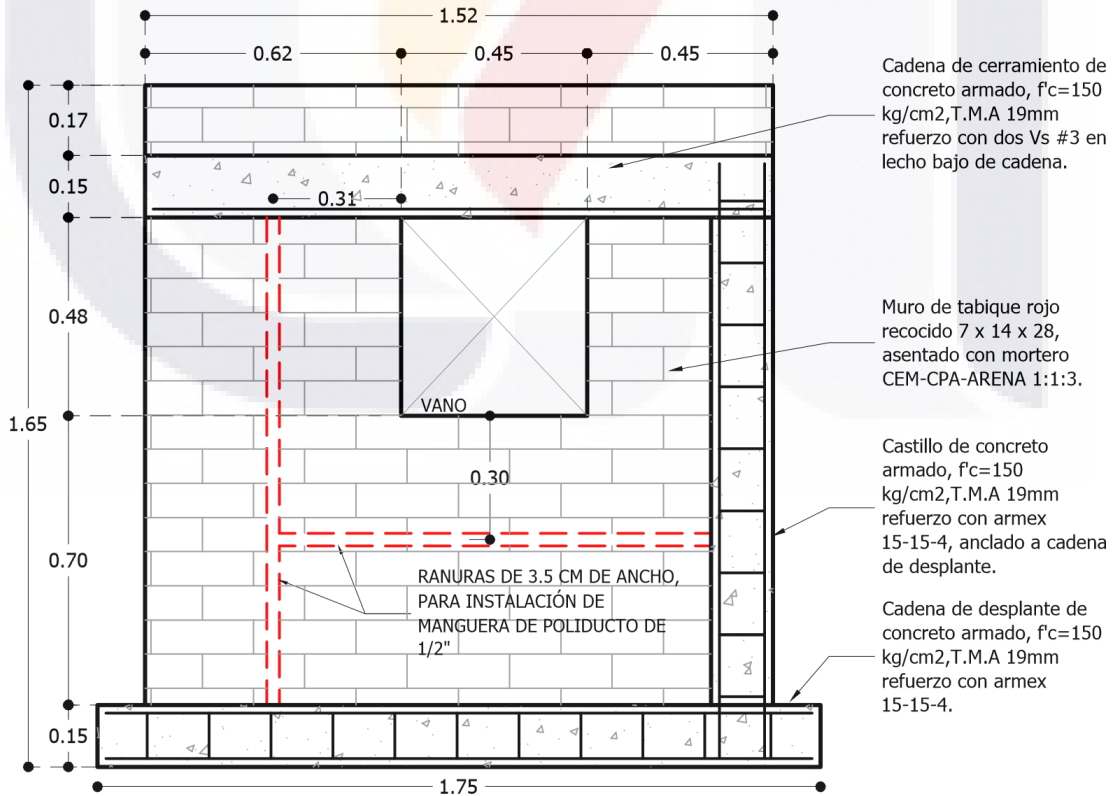


Imagen 17 Detalle constructivo de diseño de MTR 2 Cara A

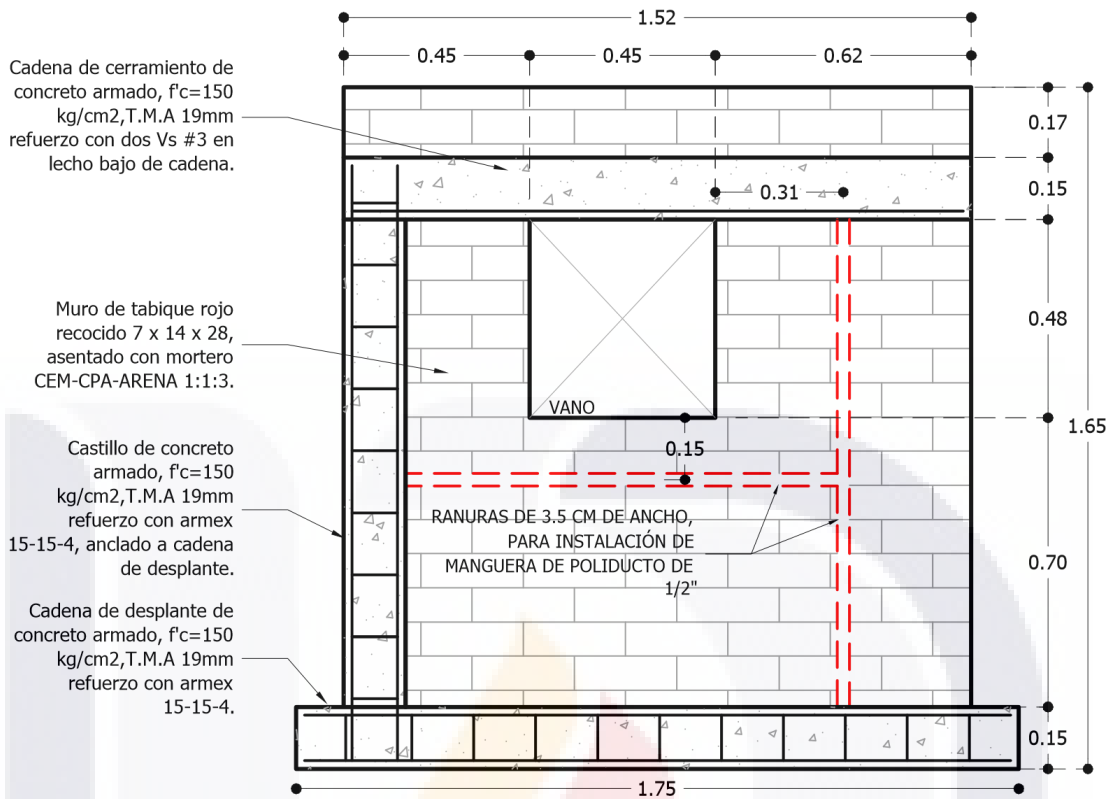


Imagen 18 Detalle constructivo de diseño de MTR 2 Cara B

3.2.4 Diseño de muretes de block de concreto extruido (MBC)

Para el diseño de los muretes de block de concreto extruido (MBC) se analizó de igual modo que el diseño de los MTR, la información presentada en la tabla 21. De acuerdo con esta información, el diseño de los MBC resultó semejante al diseño de los MTR. Para el confinamiento de las piezas de mampostería, se plantearon los mismos elementos de concreto que los propuestos en el diseño de MTR, asimismo, también se proyectó la integración de un vano.

La variación más importante en el diseño de los MBC respecto al diseño de los MTR es la ausencia de ranuras para colocación de ductos, en cambio se especificó una perforación sobre algunas de las piezas, con las dimensiones necesarias para la colocación de cajas registro de instalación eléctrica. Otra de las variaciones entre muretes se localiza en la altura de los mismos, la cual se determinó en relación a las dimensiones de las piezas de mampostería.

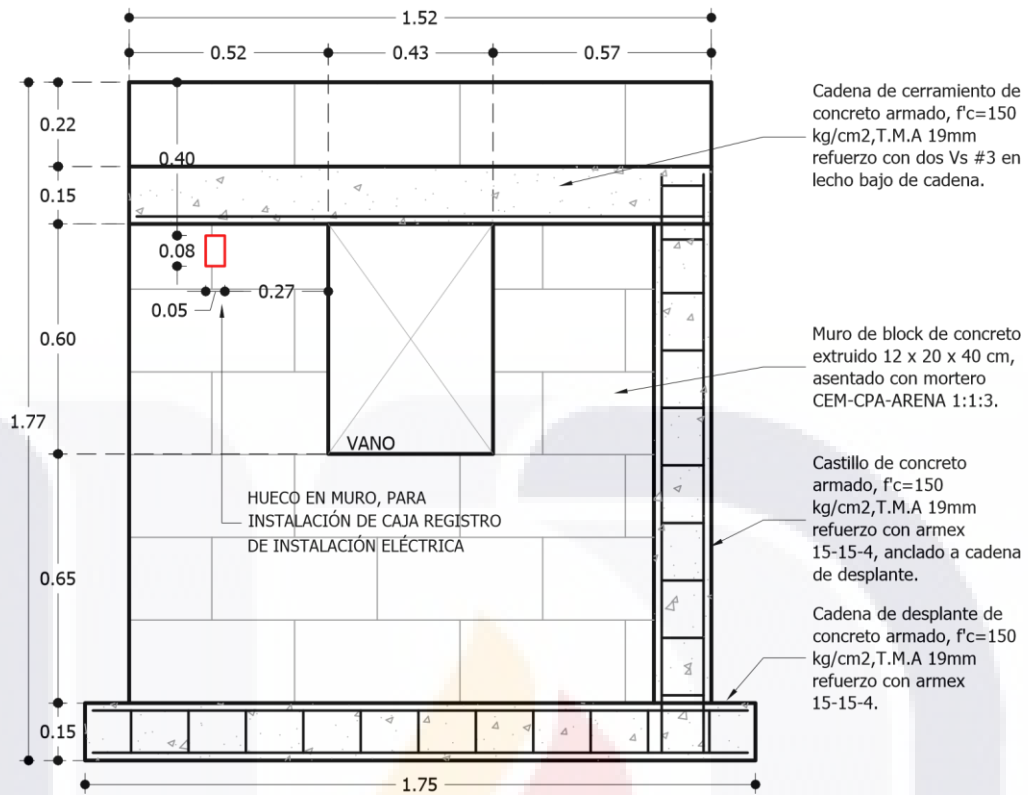


Imagen 19 Detalle constructivo de diseño de MBC 1 Cara A

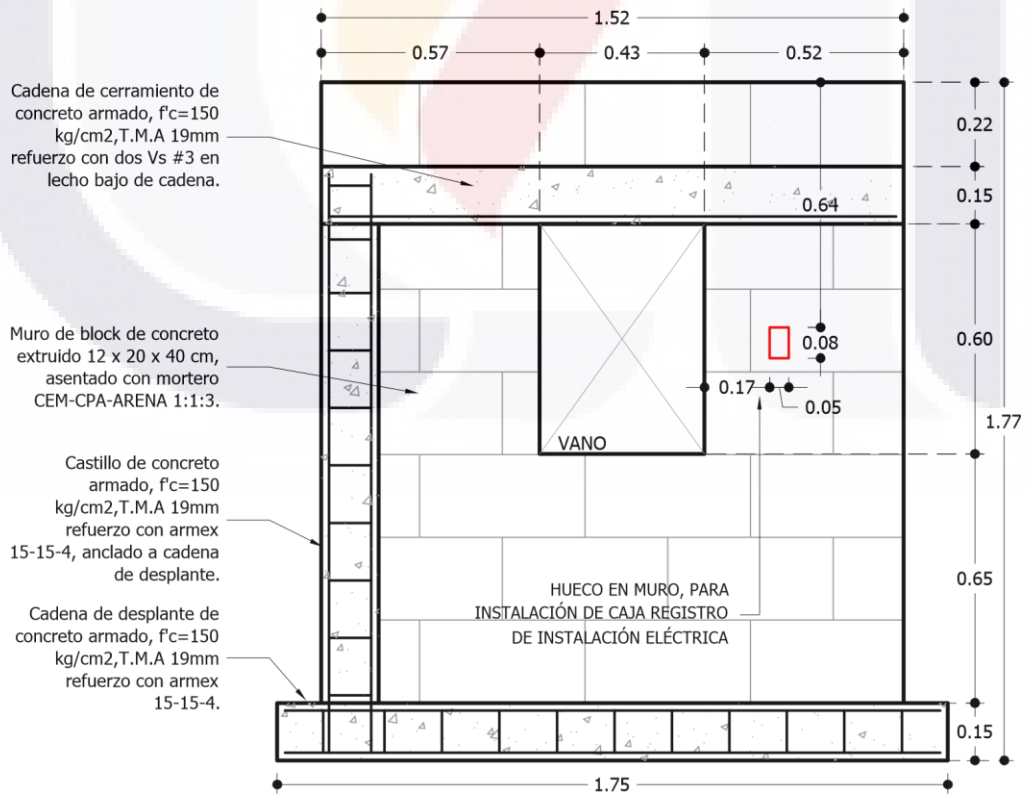


Imagen 20 Detalle constructivo de diseño de MBC 1 Cara B

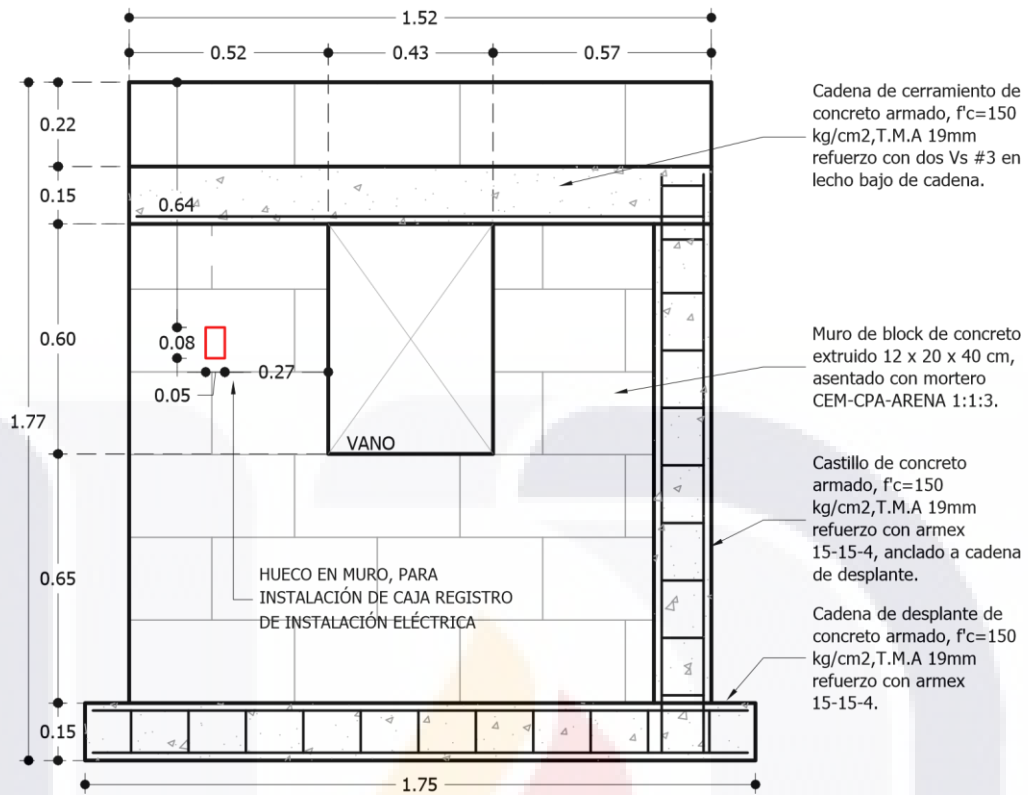


Imagen 21 Detalle constructivo de diseño de MBC 2 Cara A

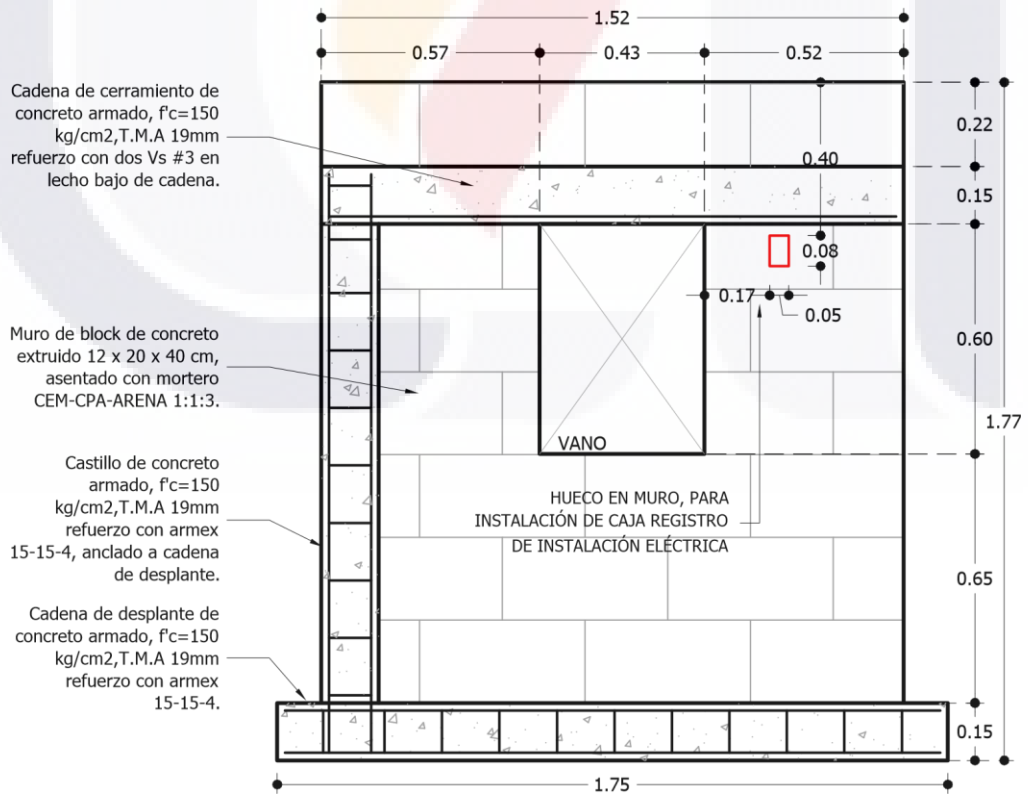


Imagen 22 Detalle constructivo de diseño de MBC 2 Cara B

3.2.5 Construcción de muretes

La construcción de los muretes se realizó de acuerdo a las especificaciones indicadas en el diseño de estos, asimismo la distribución respondió a lo establecido en el esquema de la imagen 14. La construcción comenzó con el tendido de hojas de polietileno o hule negro calibre 600 de 3.0 x 1.7 m sobre la superficie de terreno destinado a cada murete, ubicándose cada una entre el terreno natural y la cadena de desplante. Estas hojas además funcionar como barrera ante la humedad del terreno natural, se colocaron como parte de la metodología descrita en el punto 3.3.2.



Imagen 23 Dalas de desplante fraguadas sobre hojas de polietileno negro

Debido a la ausencia de cimentaciones, el anclaje de los castillos en las cadenas de desplante se realizó al finalizar la puesta en obra de las piezas de mampostería. Para garantizar el acoplamiento de estos elementos de concreto, se insertaron los extremos del armex de los castillos dentro de barrenos realizados en las cadenas de desplante.



Imagen 24 Avance de construcción de muretes: mampostería asentada hasta nivel de cadena de cerramiento y anclaje de castillo de MTR 2

En la última fase de la construcción de los muretes, se realizaron las ranuras para ductos en los MTR y los huecos para caja registro en los MBC. Además de esto, se asentaron las últimas hiladas de piezas de mampostería encima de la cadena de cerramiento.



Imagen 25 Construcción de MTR 2 y MBC 2 concluida, incluyendo ranurado e instalación de poliducto de 1/2" en MTR y perforación de hueco para caja registro en MBC



Imagen 26 Panorámica de muretes recién construidos

3.2.6 Nomenclatura de las caras de prueba

De acuerdo con la información de la imagen 14, se definió una primera nomenclatura para identificar cada una de las caras de los muretes de prueba, esta nomenclatura se compone de dos partes, la primera hace referencia al murete que pertenece (MTR 1, MTR 2, MBC 1 o MBC 2) y la segunda parte indica la literal asignada de acuerdo a la orientación de la cara (A o B). La nomenclatura de las ocho caras resultantes se indica en la siguiente tabla.

Tabla 23 Primera nomenclatura de las caras de los muretes de prueba.

Nomenclatura	Descripción
MTR 1-A	Cara noroeste de muro de tabique rojo recocido uno
MTR 1-B	Cara sureste de muro de tabique rojo recocido uno
MTR 2-A	Cara noroeste de muro de tabique rojo recocido dos
MTR 2-B	Cara sureste de muro de tabique rojo recocido dos
MBC 1-A	Cara noroeste de muro de block de concreto uno
MBC 1-B	Cara sureste de muro de block de concreto uno
MBC 2-A	Cara noroeste de muro de block de concreto dos
MBC 2-B	Cara sureste de muro de block de concreto dos

La segunda y definitiva nomenclatura de las caras de prueba, se definió a partir de la asignación de cada una de las mezclas determinadas en la tabla 22 sobre las caras por aplanar. De este modo, a la nomenclatura definitiva se le agregó una tercera parte, la cual hace referencia al tipo de mortero empleado en el aplanado.

Tabla 24 Nomenclatura definitiva de las caras de prueba

Cara	Mezcla asignada	Nomenclatura definitiva
MTR 1-A	CAL-ARENA	MTR 1-A-MCAL
MTR 1-B	CEM-CAL-ARENA	MTR 1-B-MCCA
MTR 2-A	CPA-ARENA	MTR 2-A-MCPA
MTR 2-B	CEM-ARENA	MTR 2-B-MCEM
MBC 1-A	CEM –ARENA	MBC 1-A-MCEM
MBC 1-B	CPA-ARENA	MBC 1-B-MCPA
MBC 2-A	CEM-CAL-ARENA	MBC 2-A-MCCA
MBC 2-B	CAL-ARENA	MBC 2-B-MCAL

3.2.7 Aplicación de aplanados

3.2.7.1 Elaboración de morteros

Los materiales empleados en la elaboración de los morteros de la campaña experimental, es decir, cementantes, arena y agua, cumplen con lo establecido en las normas específicas para cada uno de estos.

Cementantes.

Se emplearon tres tipos de cementantes para la elaboración de las cuatro mezclas determinadas, se destaca que los fabricantes de estos cementantes cumplen con lo establecido en las normas oficiales respectivas:

- Cemento portland gris CPC 30 R marca Holcim.
- Cemento para albañilería marca Holcim.
- Cal hidratada marca Calida

Arena

Para la elaboración de los morteros se empleó arena de un solo banco de la región, se verificó la calidad y pureza del agregado y se determinó el cumplimiento de sus límites granulométricos y su módulo de finura de acuerdo con lo establecido en la norma NMX-C-111-ONNCCE-2014, los cuales se indican en la tabla 25.

Tabla 25 Límites granulométricos de la arena empleada en la elaboración de morteros.

Malla No.	Abertura (mm)	Porcentaje retenido		Porcentaje que pasa
		Parcial	Acumulado	
4	4.76	9.72	9.72	90.28
8	2.36	15.33	25.05	74.95
16	1.18	23.14	48.19	51.81
30	0.6	31.42	79.61	20.39
50	0.3	15.48	95.09	4.91
100	0.149	3.01	98.10	1.90
CH		1.90	98.10	
SUMA			100.00	M.F. = 2.44

Agua

De acuerdo con las normas NMX-C-122-ONNCCE-2004 y N-CMT-2-02-003/2, se empleó agua potable para la elaboración de los morteros de la campaña experimental, suministrada por la UAA a través de la red interna de distribución.

La elaboración de los morteros se efectuó sobre losas de concreto del andador aledaño al edificio 34, las cuales fueron lavadas antes del mezclado para garantizar su limpieza. Las partes de la dosificación se midieron con botes de plástico con capacidad de 19 litros totalmente limpios, cuidando estrictamente el llenado.

El agua para amasado de la mezcla se agregó a consideración de la mano de obra, cuidando que fuera la mínima indispensable para lograr la trabajabilidad de los morteros.



Imagen 27 Medición de las partes de cal en botes de plástico de 19 litros.



Imagen 28 Agua agregada sobre mezcla homogenizada preparada para el amasado.

3.2.7.2 Ejecución

El proceso de aplicación de los aplanados comenzó con la preparación de las caras de prueba, específicamente con el humedecimiento de la superficie de soporte de ambos tipos de mampostería previo a recibir el mortero. En cuanto a los elementos de concreto, se decidió mantener la superficie sin picar, con la finalidad de analizar el desempeño de los morteros sobre la superficie común.

Siguiendo las especificaciones técnicas y la información de las visitas referida en la tabla 20, la aplicación de los aplanados de mortero se realizó en dos capas, la primera corresponde a la aplicación de repellado mediante el método de plomo y regla con un espesor promedio de 1.5 cm. La segunda capa se realizó con mortero compuesto con arena fina o arena cribada, la cual se aplicó en días posteriores a la aplicación del repellado, humedeciendo previamente esta primera capa.

La ejecución de la primera capa o repellado, se dividió en dos etapas consecutivas, en la primera se repellaron todas las caras de prueba, y en la segunda se aplanaron los cantos exteriores verticales del murete y los cantos interiores de los vanos. En cuanto a los cantos superiores de los muretes, estos no se aplanaron con la finalidad de evaluar el desempeño de los aplanados en presencia de humedad de lluvia filtrada en la mampostería de acuerdo con las metodologías descritas en el punto 3.3.2 y 3.3.3.

Recordemos que en la tabla 24 se establecieron los morteros para cada cara de prueba, en este sentido, el mortero CPA-ARENA se aplicó sobre MTR 2-A y MBC 1-B, el mortero MCCA-ARENA se aplicó sobre MTR 1-B y MBC 2-A, el mortero MCAL se aplicó sobre MTR 1-A y MBC 2-B, y el mortero MCEM-ARENA se aplicó sobre MTR 2-B y MBC 1-A.

Repellado en caras de prueba

La aplicación de la primera capa de aplanados, es decir de repellados se ejecutó en dos días. El día 12 de febrero de 2015 se ejecutaron los repellados con los morteros CPA-ARENA y MCCA-ARENA, mientras que los repellados con los morteros MCEM-ARENA y MCAL-ARENA se aplicaron al día siguiente.

El día 12 de febrero permaneció mayormente nublado, la temperatura mínima registrada fue de 8.5°C, la máxima de 25.2°C y la temperatura media de 16.85°C, asimismo se registró una precipitación de 5.6mm. Para el día 13 de febrero se mantuvo el cielo nublado, la temperatura mínima fue de 7°C, la máxima de 16.9°C y la temperatura media de 11.95°C, se registró una precipitación de 8.6mm.



Imagen 29 Aplicación de repellado de MCPA sobre MTR 2-A.



Imagen 30 Repellados de MCPA sobre MBC 1-B (Izq.) y de MCCA sobre MTR 1-B (Der.).



Imagen 31 Aplicación de repellado de MCAL sobre MTR 1-A.

La lluvia registrada ambos días fue de poca intensidad por lo tanto no interfirió con la ejecución de los repellados, por el contrario, este fenómeno favoreció el humedecimiento de la superficie de soporte y al curado de los morteros.



Imagen 32 Repellado concluido de MCCA sobre MBC2-A (izquierda) y de MCPA sobre MTR 2-A (derecha).



Imagen 33 (Izq.) Aplicación de repellado de MCEM sobre MBC 1-A. (Der.) Repellado concluido de MCEM sobre MTR 2-B (adelante) y de MCAL sobre MBC 2-B (atrás).

Es de destacar que el día posterior a la conclusión de los repellados, las condiciones climáticas no variaron de forma importante, ya que la mayor parte del día estuvo nublado

y se registró una precipitación de 0.2mm. La temperatura mínima registrada fue de 5.9°C, la máxima de 19.5°C y la temperatura media de 12.7°C.

Repellado en cantos

La aplicación de repellados en los cantos exteriores verticales de los muretes así como en cantos interiores de los vanos, se aplicaron el día 16 de febrero de 2015, para este día la temperatura mínima fue de 9.4°C, la máxima de 24.1°C y la temperatura media de 16.75°C.

Para darle continuidad a los aplanados de cada cara de los muretes, se planteó aplanar uno de los cantos verticales exteriores con el mismo tipo de mortero empleado en la cara A y el otro canto exterior vertical con el mismo tipo de mortero empleado en la cara B. En la imagen 28 se indica el mortero empleado en cada canto.



Imagen 34 Esquema indicativo del tipo de mortero aplicado en cada canto de los muretes.

Por su parte, los cantos interiores de los vanos se repellaron dándole continuidad al aplanado de cada cara, llegando hasta la mitad del ancho de los cantos, donde se juntaron los aplanados de ambas caras. Asimismo los cantos superiores de los muretes, como ya se explicó, no recibieron ningún tipo de aplanado.



Imagen 35 (Izq.) Repellado en cantos interiores y exteriores de MBC 2. (Der.) Repellado en cantos de MTR 1 (adelante) y MBC 1 (atrás).



Imagen 36 Cantos superiores de muretes sin aplanar. (Izq.) MBC 2, (Der.) MTR 1.

Por último es importante indicar que durante la elaboración de los morteros de la primera capa, se tomaron muestras de cada uno de estos de acuerdo con la norma NMX-C-061-2013, con la finalidad de realizar posteriores ensayos en laboratorio.



Imagen 37 Toma de especímenes de mortero para repellado, para pruebas de laboratorio.

Aplicación de mortero fino (capa final)

La aplicación de la segunda capa de morteros tanto en las caras de los muretes como en los cantos exteriores e interiores, se realizó el día 17 de febrero de 2015, la temperatura mínima fue de 8.8°C, la máxima de 25.2°C y la temperatura media de 17°C.

El mortero empleado en la segunda capa de los morteros se elaboró con arena cribada mediante una malla de albañilería, con la finalidad de obtener un agregado fino y uniforme, mientras que el agua para amasado se agregó la mínima indispensable hasta lograr la trabajabilidad mortero. Una vez elaborada la mezcla, se procedió a la aplicación de la misma humedeciendo previamente la primera capa. La aplicación de esta capa se realizó con llana metálica y el acabado con flota.



Imagen 38 Mezcla dispuesta para el amasado en carretilla y humedecimiento de la primera capa de aplanados.



Imagen 39 (Izq.) Aplicación de mortero fino de MCEM sobre MBC 1-A. (Der.) Aplicación de mortero fino de MCCA sobre MBC 2-A.



Imagen 40 Segunda capa de mortero recién aplicada. (Izq.) MTR 2-A-MCPA, (Der.) MBC 1-A-MCEM.



Imagen 41 Segunda capa de mortero recién aplicada. (Izq.) MBC 2-B-MCAL, (Der.) MTR 1-B-MCCA.



Imagen 42 Panorámica de muretes recién aplanados con segunda capa de mortero.

3.3 Metodología para la valoración de patologías

Para realizar la evaluación técnica de los aplanados de mortero, se estableció implementar metodologías a partir de las cuales se registraron y valoraron las patologías presentadas.

Ahora bien, de acuerdo con lo presentado en el punto 2.2.3, se puede manifestar que los aplanados de mortero son susceptibles a padecer lesiones ya sea físicas, mecánicas o químicas, recordemos que estos son los tres tipos de lesiones que pueden afectar a las construcciones. En relación con esto y de acuerdo con las especificaciones y consideraciones de diseño y construcción de los muretes de prueba, el proyecto se enfocó en la valoración de tres patologías principalmente, la fisuración de los aplanados, la presencia de humedad y el desarrollo de eflorescencias y/o criptoeflorescencias producidas a partir de la humedad. Se destaca que la presencia de humedad no se puede calificar íntegramente como una lesión, sin embargo al ser una condición que propicia la manifestación de estas, se consideró en este estudio como una patología para ser valorada.

Para poder valorar las patologías referidas en el párrafo anterior, se desarrolló e implementó un sistema de registro general para la presencia y expansión de las lesiones. Se trata de una retícula con espacios de 10 x 10 cm, trazada sobre los aplanados con lápiz de cera, a partir de la cual se cuantificaron y valoraron dichas lesiones expuestas en base a su metodología correspondiente.

Como ya se mencionó, la retícula descrita fue el instrumento de apoyo para el registro de cada una de las lesiones de las patologías citadas. Por lo tanto, al ser un sistema general, esta herramienta forma parte de cada una de las metodologías para la valoración de patologías, empleándose en la primera parte de estas. Dichas metodologías se describen en su totalidad en los siguientes puntos.



Imagen 43 MTR 1-A-MCAL con retícula para registro trazada.

3.3.1 Fisuración

Como ya se indicó en el punto anterior, la primera parte de esta metodología se destinó al registro las fisuras presentadas en los aplanados. Se realizaron en total seis registros por cada aplanado, el primero se realizó diez días después de la aplicación de la segunda capa de los aplanados, y los siguientes cinco con periodicidad semanal a partir del primero. En cada registro se marcaron con lápiz de cera de color rojo las fisuras surgidas o la expansión de las fisuras asentadas anteriormente. Para concluir esta etapa se elaboró un modelo digital de dos dimensiones por cada registro en el que se representaron dichas fisuras.

En la segunda parte de la metodología se analizaron las casillas de las retículas para asignarles un valor de acuerdo a la cantidad, las dimensiones y las características de las fisuras contenidas. A partir del análisis realizado, se elaboró una tabla de referencia en la cual se indican los valores asignados, los cuales se indican en la tabla 26 y 27.



Imagen 44 Registro de fisuras con lápiz de cera en MTR 2-A-MCPA.



Imagen 45 Registro de fisuras con lápiz de cera en MTR 2-B-MCEM.

En la parte final de la metodología se valoraron las casillas de las retículas de los aplanados de mortero empleando la tabla de referencia, en las casillas incompletas se cuantificó el porcentaje correspondiente de la superficie. La suma de los valores asignados a las casillas afectadas por cada registro se denominó “Índice de fisuración” cifra con la que se valoró esta patología.

Tabla 26 Tabla de referencia para valoración de fisuración (1/2).

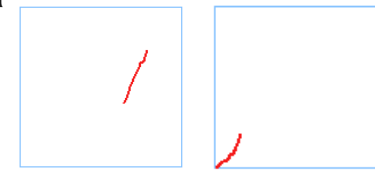







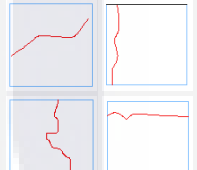

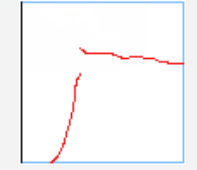

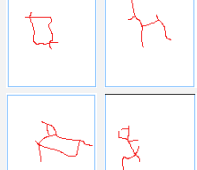
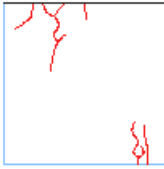
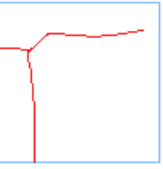

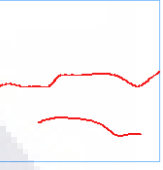












VALOR POR UNIDAD DE RETÍCULA (CUADRO 10 x 10 cm)			
VALOR	DESCRIPCIÓN		Croquis
1	a	Contiene una grieta corta (<5cm) simple (sin ramificaciones).	a 
		Contiene dos o más grietas cortas simples.	a 
2	b	Contiene una grieta corta con ramificaciones.	b 
		Contiene una grieta larga (5 - 9cm) simple.	a 
3	b	Contiene una grieta corta con ramificaciones y grietas cortas simples.	b 
		Contiene una grieta larga simple y grietas cortas simples.	a 
4	b	Contiene una grieta larga con una o dos ramificaciones.	b 
		Contiene una grieta corta con ramificaciones y grietas cortas y/o largas simples.	a 
5	b	Contiene una grieta extensa (≥10cm) simple.	b 
		Contiene dos grietas cortas con ramificaciones.	a 
6	b	Contiene dos o más grietas largas simples	b 
		Contiene una grieta extensa simple con grietas cortas simples.	c 
	d	Contiene una grieta larga con más de dos ramificaciones.	d 

Tabla 27 Tabla de referencia para valoración de fisuración (2/2).

VALOR POR UNIDAD DE RETÍCULA (CUADRO 10 x 10 cm)				
VALOR	DESCRIPCIÓN		Croquis	
7	a	Contiene dos grietas cortas con ramificaciones y grietas cortas y/o largas simples.		
	b	Contiene una grieta extensa simple con una ramificación.		
	c	Contiene una grieta larga con ramificaciones y grietas cortas y/o largas simples.		
	d	Contiene una grieta extensa simple con grietas largas simples.		
8	a	Contiene una grieta extensa con una ramificación y grietas cortas y/o largas.		
	b	Contiene una grieta larga y una grieta corta con ramificaciones y grietas cortas y/o largas simples.		
	c	Contiene una grieta extensa simple con una o dos grietas cortas ramificadas.		
	d	Contiene una grieta extensa con más de una ramificación		
9	a	Contiene al menos tres grietas cortas ramificadas.		
	b	Contiene al menos dos grietas largas ramificadas.		
	c	Contiene al menos una grieta extensa ramificada y una grieta corta o larga con ramificaciones.		
	d	Contiene combinación de grietas simples y ramificadas (cuadro saturado).		

3.3.2 Presencia de humedad

Como ya sabemos, el registro de la presencia de la humedad constituyó la primera parte de esta metodología. Para poder realizar este registro se implementó un mecanismo de retención de agua alrededor de la base de cada murete con la finalidad de transmitir la humedad a los aplanados mediante capilaridad, para registrar así la altura alcanza por esta, así como su fluctuación en un periodo de tiempo establecido.

El mecanismo de retención de agua se elaboró a partir de una barrera de hule negro instalada debajo de la cadena de desplante durante la construcción de los muretes, tal como se indicó en el punto 3.2.5. Esta barrera apoyada sobre un bastidor perimetral de madera, instalado alrededor de los muretes a 20 cm de distancia de las caras, constituyó un contenedor dentro del cual se depositó tierra vegetal combinada con composta, hasta una altura de dos centímetros por encima de la cadena de desplante, la cual se mantuvo húmeda durante el periodo de registro.



Imagen 46 Habilitación de contenedor del mecanismo de retención de agua en base de MBC 1



Imagen 47 Habilitación de contenedor del mecanismo de retención de agua en base de MBC 2 Y MTR 2.



Imagen 48 Colocación de tierra vegetal combinada con composta en contenedor habilitado en la base de los muretes.



Imagen 49 Panorámica de los muretes con mecanismo para la retención de humedad recién habilitado.

Para mantener la humedad en la base de los muretes, la tierra depositada se mojó diario con manguera a la misma presión en lapsos de 20 minutos por cada murete, diez minutos por cada cara, por un periodo de 45 días, durante el cual se realizaron siete registros por cada aplanado de la superficie afectada por presencia de humedad, el primero de estos se realizó tres días después de la primera impregnación, y los siguientes seis con periodicidad de una semana a partir del primero, los registros se realizaron apoyándose con la retícula trazada y al igual que los registros de fisuración, se representaron en un modelo digital de dos dimensiones.

La composición de tierra vegetal con composta empleada en esta metodología, además de formar parte del mecanismo de retención de agua, funcionó como testigo de la fluctuación de la humedad en los aplanados, debido a las manchas o suciedad generadas por el agua con presencia de hongos y/o bacterias y evidenciadas con el retroceso de la humedad, es decir con la disminución de la elevación alcanzada por esta, estas manchas o marcas se denominaron “espectro”.

En esta metodología y en la de valoración de eflorescencias, la precipitación pluvial resultó un factor que impactó en el desarrollo de las patologías, para esta metodología resultó una fuente adicional de aportación de humedad al mecanismo de retención de agua, mientras que el agua de lluvia captada en la parte superior de los muretes, sirvió

para la segunda metodología citada. Debido a que la captación y retención del agua de lluvia en la parte superior de los muretes no fue controlada, la presencia de humedad en esta zona no fue registrada ni valorada en esta metodología, sin embargo dicha humedad fue parte del planteamiento de la siguiente metodología.

En la última parte de esta metodología se cuantificó la superficie con presencia de humedad de cada registro, así como la cuantificación del “espectro” en donde se haya presentado el fenómeno.



Imagen 50 Apariencia de los aplanados durante el registro de presencia de humedad.



Imagen 51 Presencia de humedad en aplanados por lluvia y por mecanismo de retención de agua.

3.3.3 Eflorescencias y/o criptoeflorescencias

La metodología para la valoración de eflorescencias y/o criptoeflorescencias, se vinculó directamente con la metodología anterior. Recordemos que las eflorescencias son originadas por la presencia de humedad y las sales contenidas en los materiales de construcción. En este contexto, con la transmisión de humedad hacia los aplanados en la base de los muretes, tal como se especifica en la metodología previa, se generaron condiciones óptimas para el desarrollo de estas lesiones, sin embargo, otra zona de los muretes donde también se generaron estas condiciones, fue en la parte alta de los mismos, ya que se planteó no aplanar los cantos superiores de los mismos con la finalidad de permitir la infiltración de agua de lluvia entre la mampostería y los aplanados.

Al igual que las dos anteriores metodologías descritas, en la primera parte de esta metodología se registraron las lesiones ocurridas, lo cual se realizó simultáneamente con los registros de la metodología anterior, obteniendo la misma cantidad de estos, durante el mismo periodo, es decir siete registros por cada aplanado en 45 días, con la periodicidad ya mencionada. Las lesiones registradas se representaron con la misma técnica de las metodologías ya expuestas, en un modelo digital de dos dimensiones.



Imagen 52 Eflorescencias producidas por presencia de humedad en aplanados de muretes de prueba MBC 1-B-MCPA (Izq.) y MBC 1-B-MCEM (Der.).



Imagen 53 Eflorescencias producidas por presencia de humedad en aplanados de muretes de prueba MTR 1-B-MCCA (Izq.) y MBC 2-B-MCAL (Der.).

Para finalizar la metodología, se cuantificó la superficie de las lesiones de cada registro. Las lesiones se agruparon en tres categorías, eflorescencias por humedad en la base de los muretes, criptoeflorescencias por humedad transmitida en la base de los muretes y eflorescencias por humedad de lluvia en la parte alta de los muretes.

3.4 Registro de patologías en aplanados

3.4.1 Fisuración

El total de días del periodo de registro de fisuras fue de 45, el cual comenzó el 18 de febrero de 2015, al día siguiente de la aplicación de la segunda capa de aplanados, y finalizó el 3 de abril. El primer registro se realizó el día 27 de febrero, diez días después de la aplicación de la segunda capa de aplanados, y el sexto y último se realizó el día 3 de abril. Al conjunto de días comprendidos entre un registro y otro se le denominó “intervalo” y se complementó el nombre agregando los números de los registros tanto anterior como posterior y las iniciales RF (Registro de fisuración), es decir, “intervalo 0-1

RF”, “intervalo 1-2 RF”, y demás, las fechas comprendidas en cada intervalo se indican en la tabla 28.

Tabla 28 Fechas comprendidas en cada intervalo de días ocurrido entre registros de fisuración.

Conjunto	Lapso
Intervalo 0-1 RF	18 al 27 de febrero
Intervalo 1-2 RF	28 de febrero al 6 de marzo
Intervalo 2-3 RF	7 al 13 de marzo
Intervalo 3-4 RF	14 al 20 de marzo
Intervalo 4-5 RF	21 al 27 de marzo
Intervalo 5-6 RF	28 de marzo al 3 de abril

La temperatura media del periodo fue de 17.64 °C y se presentó una precipitación pluvial total de 79.8 mm, sin embargo el 97% de dicha precipitación se presentó en los días 14, 15, 16 y 17 de marzo, en el intervalo 3-4, siendo el día 14 el de mayor volumen de precipitación con 31.2 mm, asimismo también fue el día con la temperatura media más baja del periodo de registro con 10.3 °C. Este mismo intervalo, fue el que presentó la temperatura media más baja del periodo de registro con 14.5 °C, y la diferencia media más estrecha entre temperatura máxima y mínima con 12.5 °C. No obstante, en los intervalos 1-2 y 2-3 se presentó el día con la temperatura mínima más baja del periodo de registro, con 3.6 °C, el día 28 de febrero y el día 12 de marzo respectivamente, aunque fue en el intervalo 2-3 en donde se registraron las temperaturas mínimas más bajas con un promedio de 7 °C. Por su parte, el día con la temperatura media más alta fue el 1 de abril, situado en el intervalo 5-6, con 21.1 °C, siendo además en este intervalo en el que presentó la temperatura media más alta del periodo de registro con 19.26 °C, sin embargo el día con la temperatura máxima más alta se registró en el intervalo 0-1, con 32.5 °C, el día 23 de febrero, además en este mismo intervalo se presentaron las temperaturas más altas del periodo de registro con un promedio de 29.42 °C, y la diferencia media más amplia entre temperatura máxima y temperatura mínima con 21.5 °C.

Tabla 29 Temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones pluviales presentadas durante periodo de registro. Fuente: (INIFAP, 2015).

Lapso	Datos por día								Datos por intervalo				
	T máx	Fecha	T mín	Fecha	T máx media	Fecha	T mín media	Fecha	T máx media	T mín media	T media	Diferencia media entre T máx y T mín	Precipitación pluvial (mm)
Intervalo 0-1 RF	32.5	23-feb	6.4	22-feb	20.5	25-feb	17.35	18-feb	29.42	7.92	18.67	21.5	1
Intervalo 1-2 RF	30	01-mar	3.6	28-feb	20.15	05-mar	16.3	28-feb	28.73	8.36	18.54	20.37	0
Intervalo 2-3 RF	27.2	07-mar	3.6	01-mar	18.1	08-mar	12.9	12-mar	23.60	7.00	15.30	16.60	2.2
Intervalo 3-4 RF	26	20-mar	6.5	14-mar	19.05	20-mar	10.3	14-mar	20.77	8.23	14.50	12.54	76.6
Intervalo 4-5 RF	29.3	24-mar	9.2	26-mar	19.85	23-mar	18.3	22-mar	27.66	10.57	19.11	17.09	0
Intervalo 5-6 RF	29.3	03-abr	6.4	29-mar	21.1	01-abr	16.9	29-mar	29.20	9.31	19.26	19.89	0

Como ya se explicó, los registros de fisuras se realizaron marcando las lesiones presentadas los aplanados con lápiz de cera de color rojo, posteriormente se generó un modelo bidimensional por cada registro, con los que se puede apreciar gráficamente la progresión de las lesiones, recordemos que por cada aplanado se realizaron seis registros. En la imagen 54 se muestra un ejemplo de los modelos digitales de los muretes con la retícula de apoyo trazada, y en la imagen 55 se muestran los modelos de los seis registros de fisuración de uno de los aplanados.

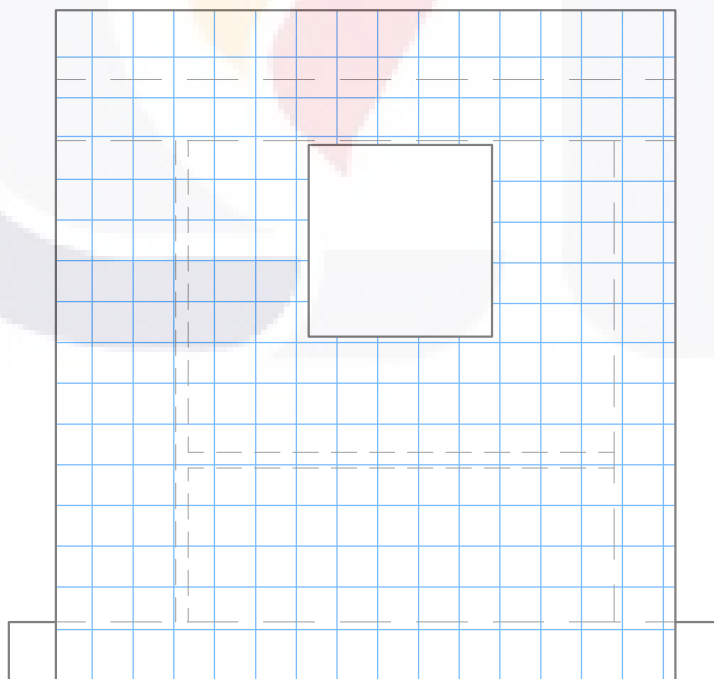


Imagen 54 Representación de MTR 1-A-MCAL con retícula de apoyo para registro y cuantificación de fisuras.

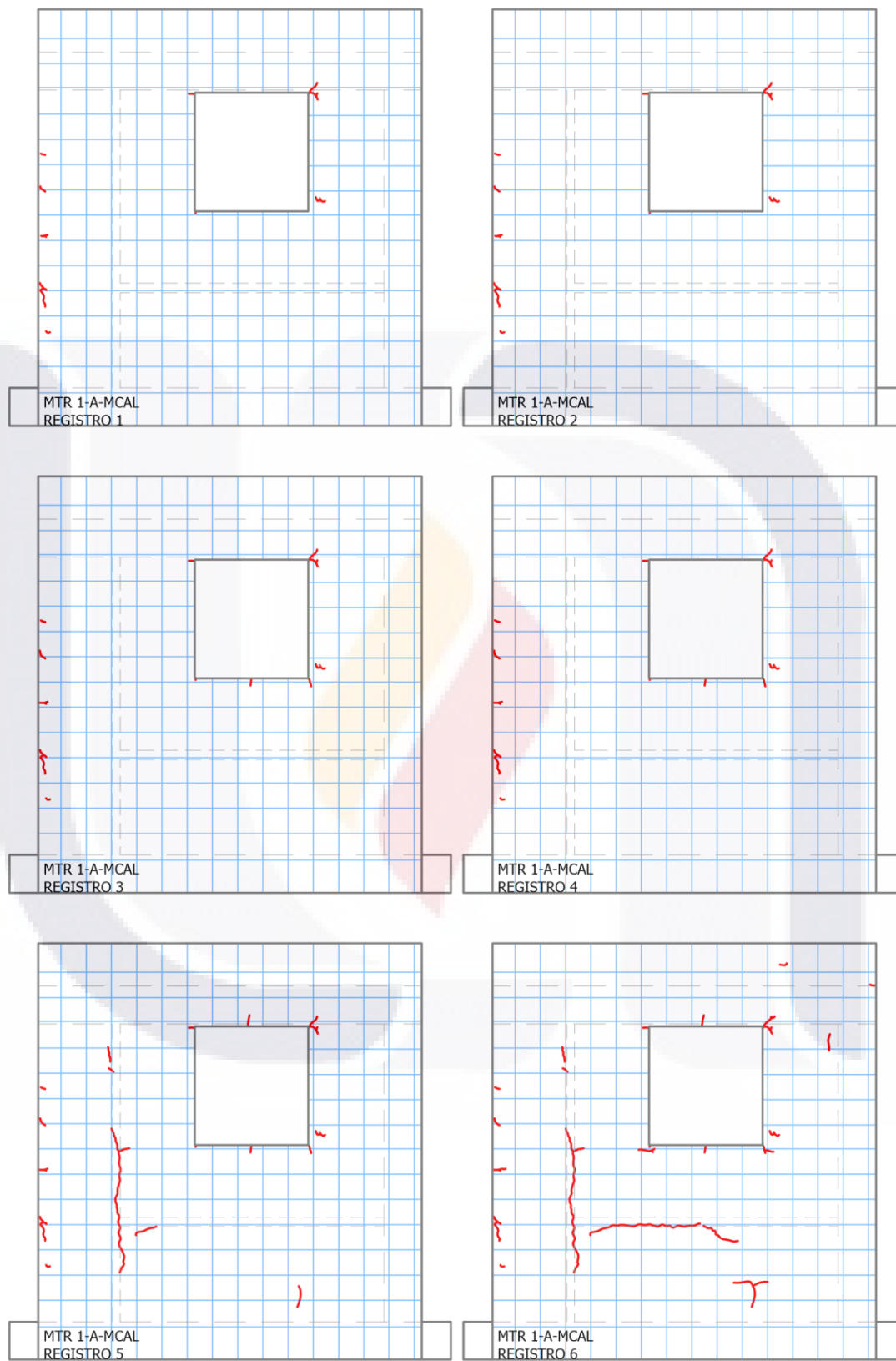


Imagen 55 Secuencia de modelos de los registros de fisuración sobre MTR 1-A-MCAL

En el anexo A, se pueden consultar las ocho secuencias de modelos de los registros de fisuración a una mayor escala. Asimismo, el cálculo del índice de fisuración se muestra en el punto 3.5.1.

3.4.2 Presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias.

El registro de presencia de humedad y manifestación de eflorescencias y/o criptoeflorescencias se realizó simultáneamente debido a la correlación que existe entre ambas lesiones. El total de días del periodo de registro fue de 45, el cual comenzó el 22 de julio de 2015, al día siguiente de la colocación de la tierra vegetal, y finalizó el 4 de septiembre. El primer registro se realizó el día 24 de julio, tres días después de la colocación de la tierra vegetal, y el séptimo y último se realizó el día 4 de septiembre. Al igual que en el registro de fisuración, al conjunto de días comprendidos entre un registro y otro se le denominó “intervalo” y se complementó el nombre agregando los números de los registro tanto anterior como posterior, y las iniciales RHE (Registro de humedad y eflorescencias), es decir, “intervalo 0-1 RHE”, “intervalo 1-2 RHE”, y demás, las fechas comprendidas en estos intervalos se indican en la tabla 30.

Tabla 30 Fechas comprendidas en cada intervalo de días ocurrido entre registros de fisuración.

Conjunto	Lapso
Intervalo 0-1 RHE	22 al 24 de julio
Intervalo 1-2 RHE	25 de febrero al 31 de julio
Intervalo 2-3 RHE	1 al 7 de agosto
Intervalo 3-4 RHE	7 al 14 de agosto
Intervalo 4-5 RHE	15 al 21 de agosto
Intervalo 5-6 RHE	22 al 28 de agosto
Intervalo 6-7 RHE	29 de agosto al 4 de septiembre

Durante el periodo de registro se presentó una precipitación pluvial de 120.6 mm, equivalente al 15.02% de la precipitación pluvial del año 2015. En todos los intervalos se registraron lluvias, siendo el intervalo 0-1 el de mayor precipitación, mientras que el intervalo 1-2 fue el de menor.

Tabla 31 Registros de precipitación pluvial por cada intervalo, durante el periodo de registro de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias.

Lapso	Precipitación pluvial (mm)
Intervalo 0-1 RHE	58.4
Intervalo 1-2 RHE	0.2
Intervalo 2-3 RHE	19.6
Intervalo 3-4 RHE	2
Intervalo 4-5 RHE	25.4
Intervalo 5-6 RHE	12.6
Intervalo 6-7 RHE	2.4

Como ya se indicó, el registro de presencia de humedad y de eflorescencias y/o criptoeflorescencias se realizó en el mismo periodo y durante las mismas inspecciones, en este sentido, se realizó un modelo bidimensional por cada registro en el que se representaron dichas patologías. Con la secuencia de modelos de los registros de cada aplanado, se puede apreciar el progreso de cada una de las lesiones. En los modelos, las lesiones y otros elementos se identifican por color, de la siguiente manera:

- Elevación de humedad: color rojo.
- Espectro de humedad: color azul.
- Eflorescencias: color verde
- Criptoeflorescencias: color anaranjado.
- Nivel de tierra depositada: color café.

En la imagen 56 Y 57 se muestra la secuencia de modelos de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias de uno de los aplanados, mientras que en la imagen 58 Y 59 se muestra la secuencia de modelos de otro aplanado en el que se registraron además de presencia de humedad y eflorescencias, el espectro de humedad.

Es importante indicar que este tipo de lesiones, a diferencia de las lesiones por fisuración, no siempre son progresivas, es decir que pueden variar de un registro a otro, sin embargo la superficie no necesariamente tiende a aumentar, y en caso de disminuir la presencia de humedad, se puede registrar el fenómeno denominado como espectro como ya se explicó anteriormente, en cuanto las eflorescencias, recordemos que estas pueden

ser temporales o permanentes, por lo que en caso de presentarse las del primer tipo, estas pueden desaparecer al presentarse lluvias.

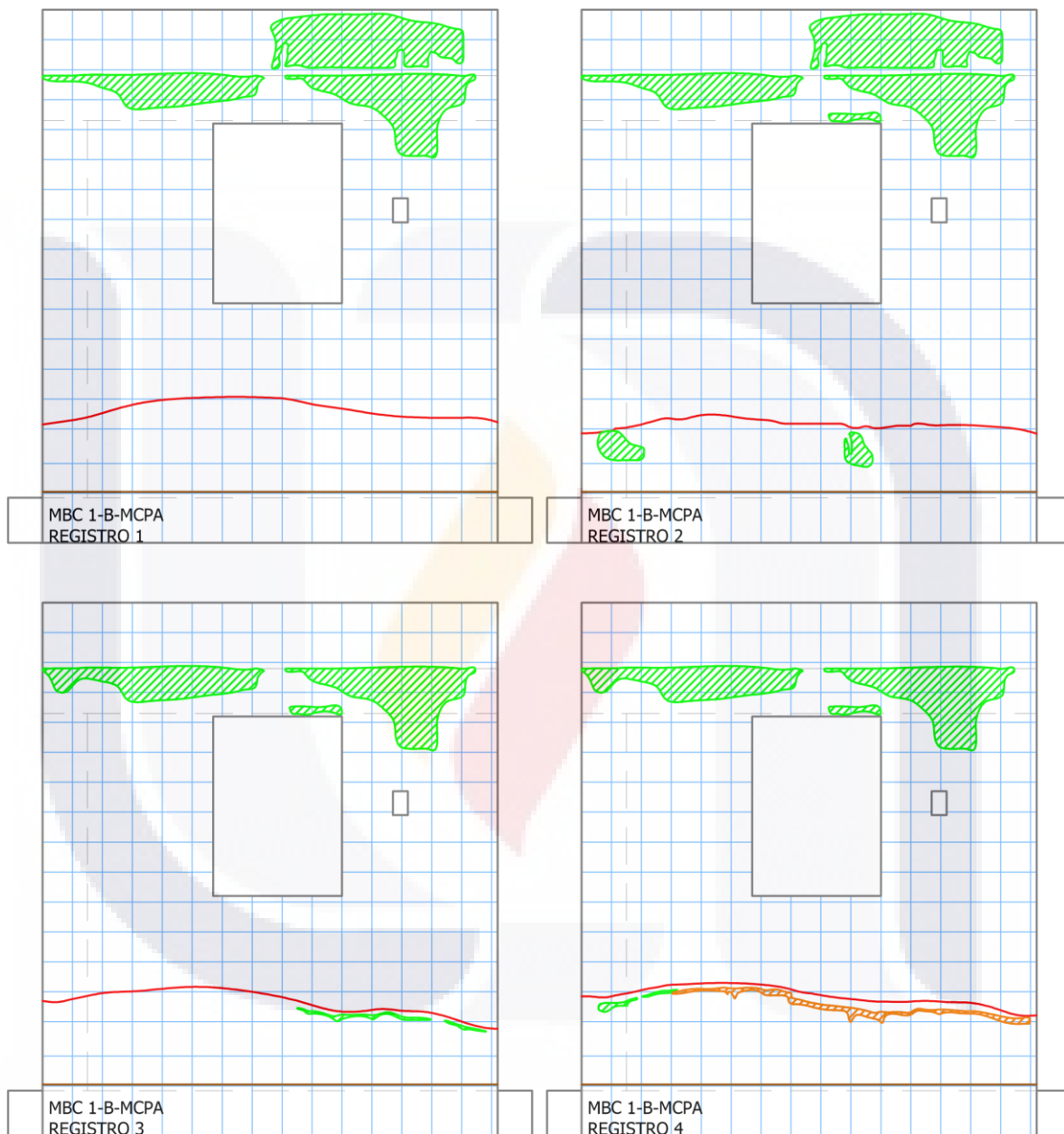


Imagen 56 Secuencia de modelos de registros 1 al 4 de presencia de humedad, eflorescencias y criptoeflorescencias sobre MBC 1-B-MCPA

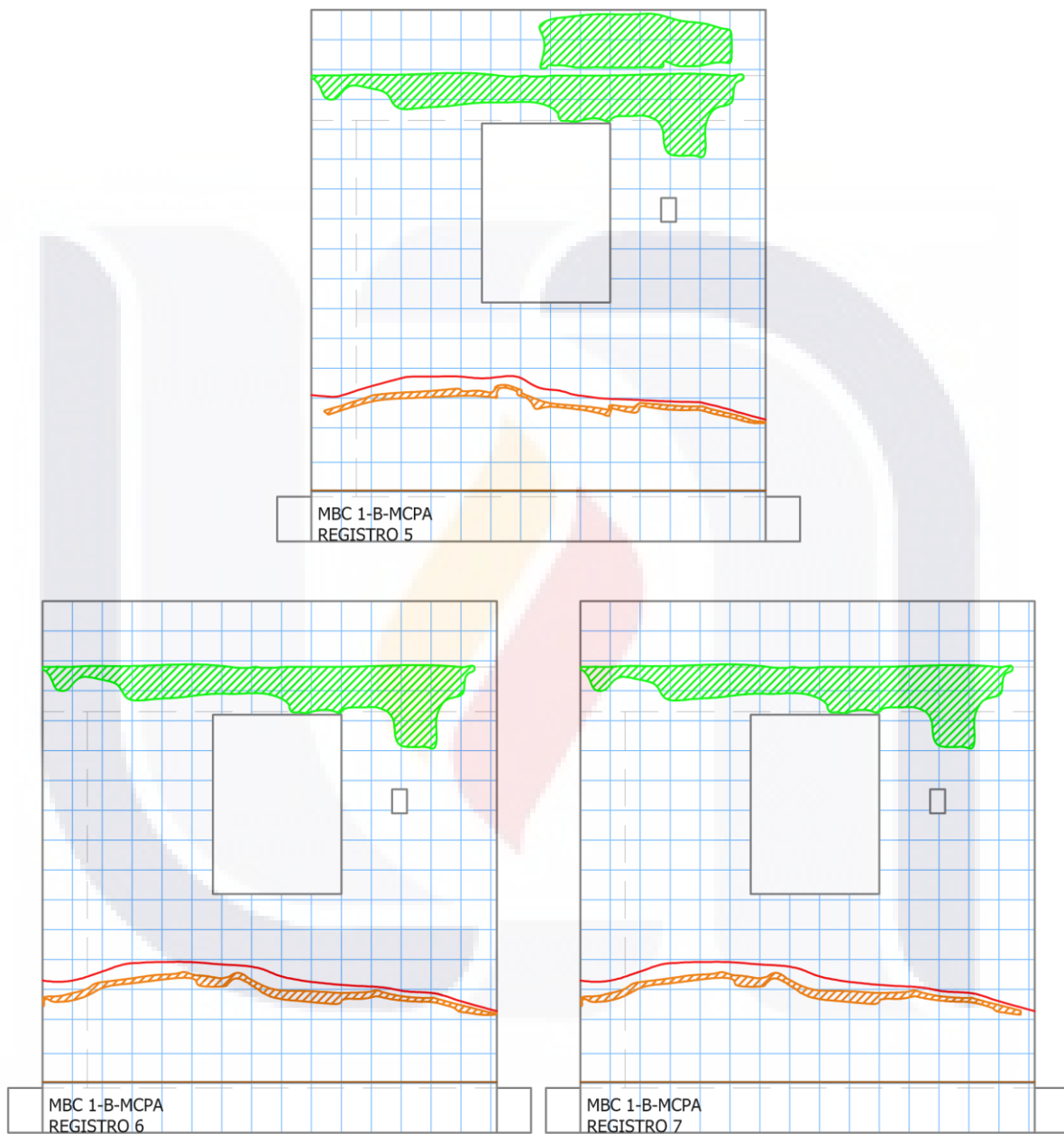


Imagen 57 Secuencia de modelos de registros 5 al 7 de presencia de humedad, efluorescencias y criptoefluorescencias sobre MBC 1-B-MCPA

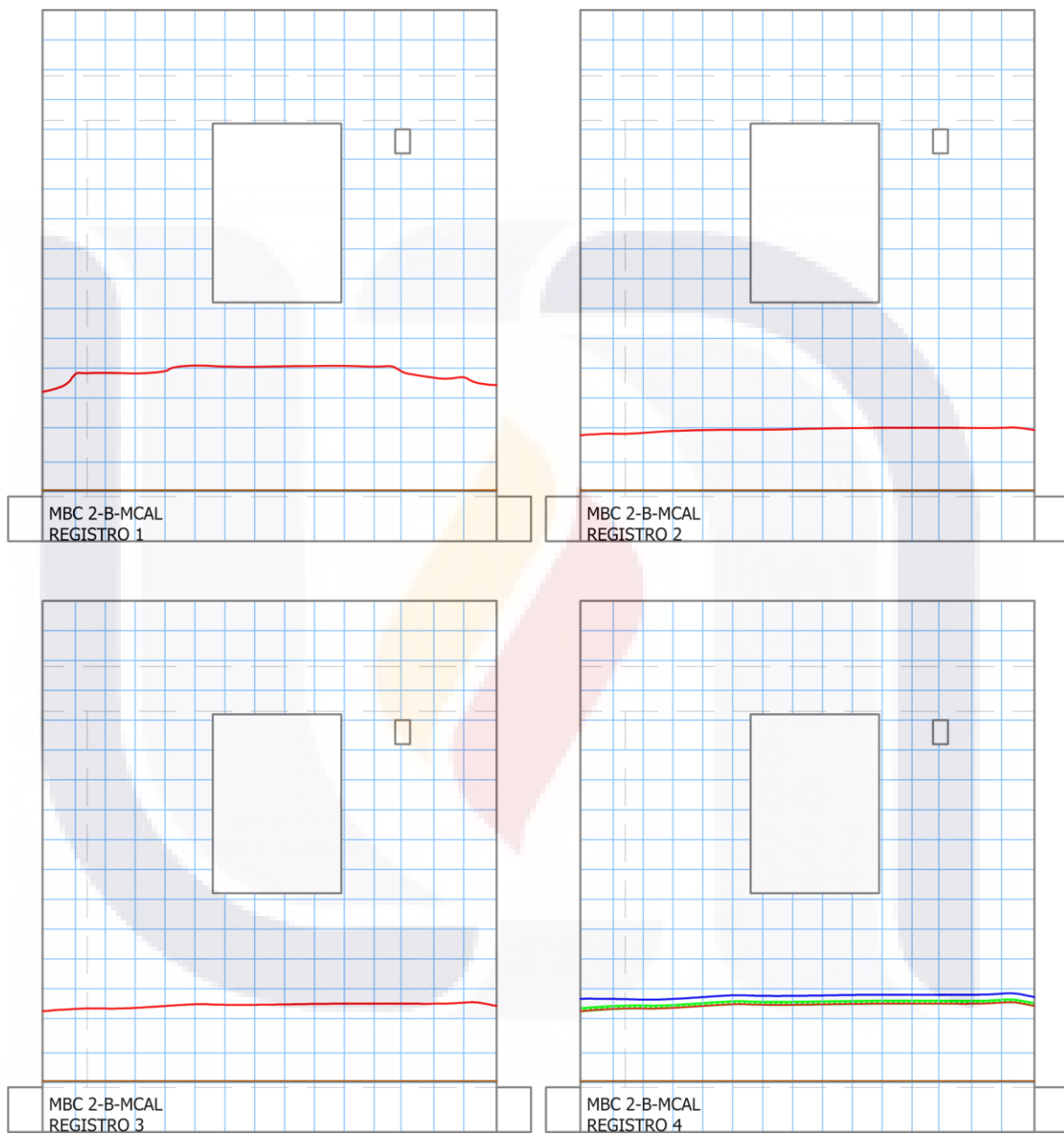


Imagen 58 Secuencia de modelos de registros 1 al 4 de presencia de humedad y eflorescencias sobre MBC 2-B-MCAL

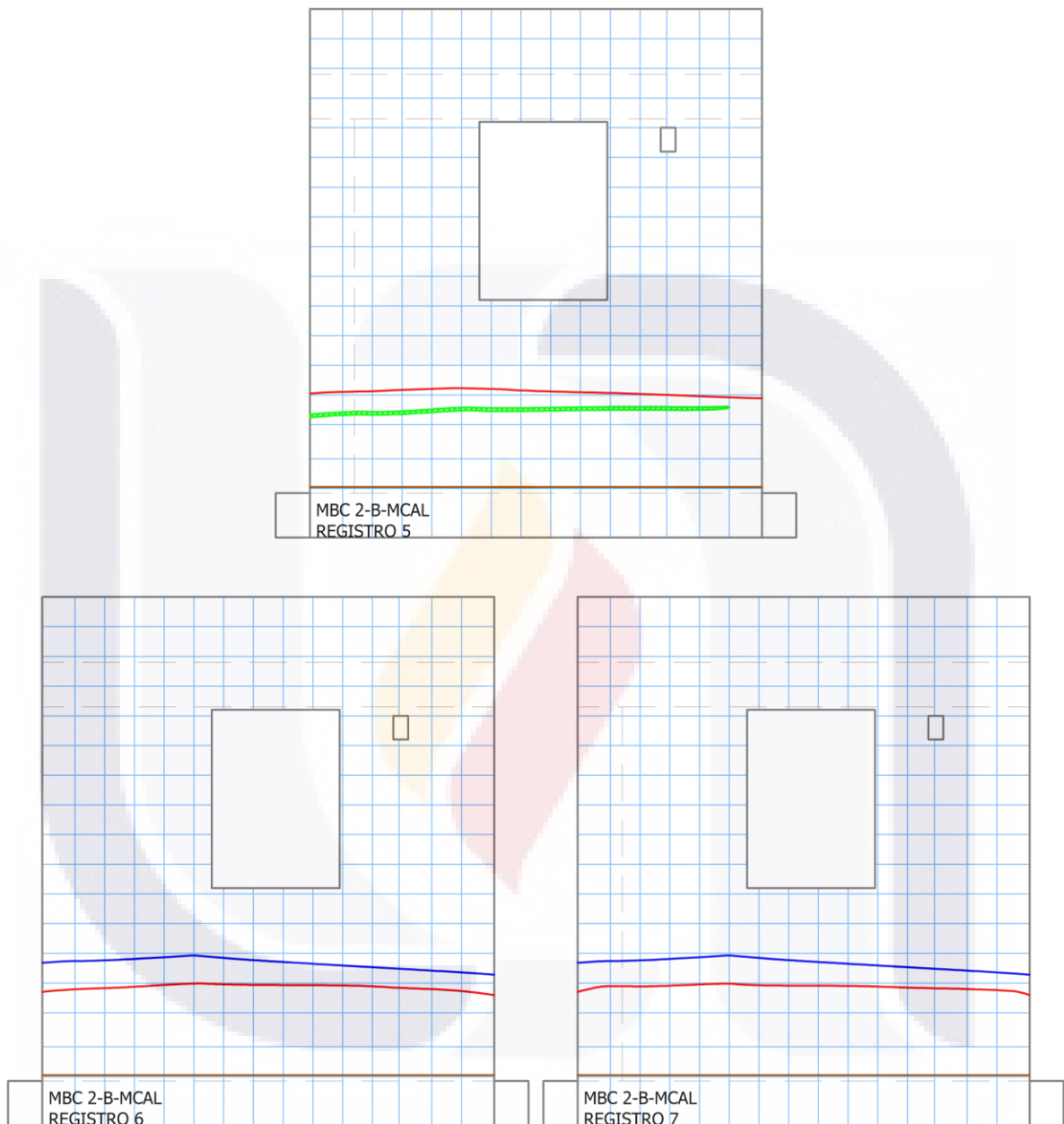


Imagen 59 Secuencia de modelos de registros 5 al 7 de presencia de humedad y eflorescencias sobre MBC 2-B-MCAL

En el anexo B, se pueden consultar las ocho secuencias de los modelos de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoeflorescencias a una mayor escala. Asimismo, los valores de la superficie dañada por cada una de estas lesiones se muestran en los puntos 3.5.2 y 3.5.3.

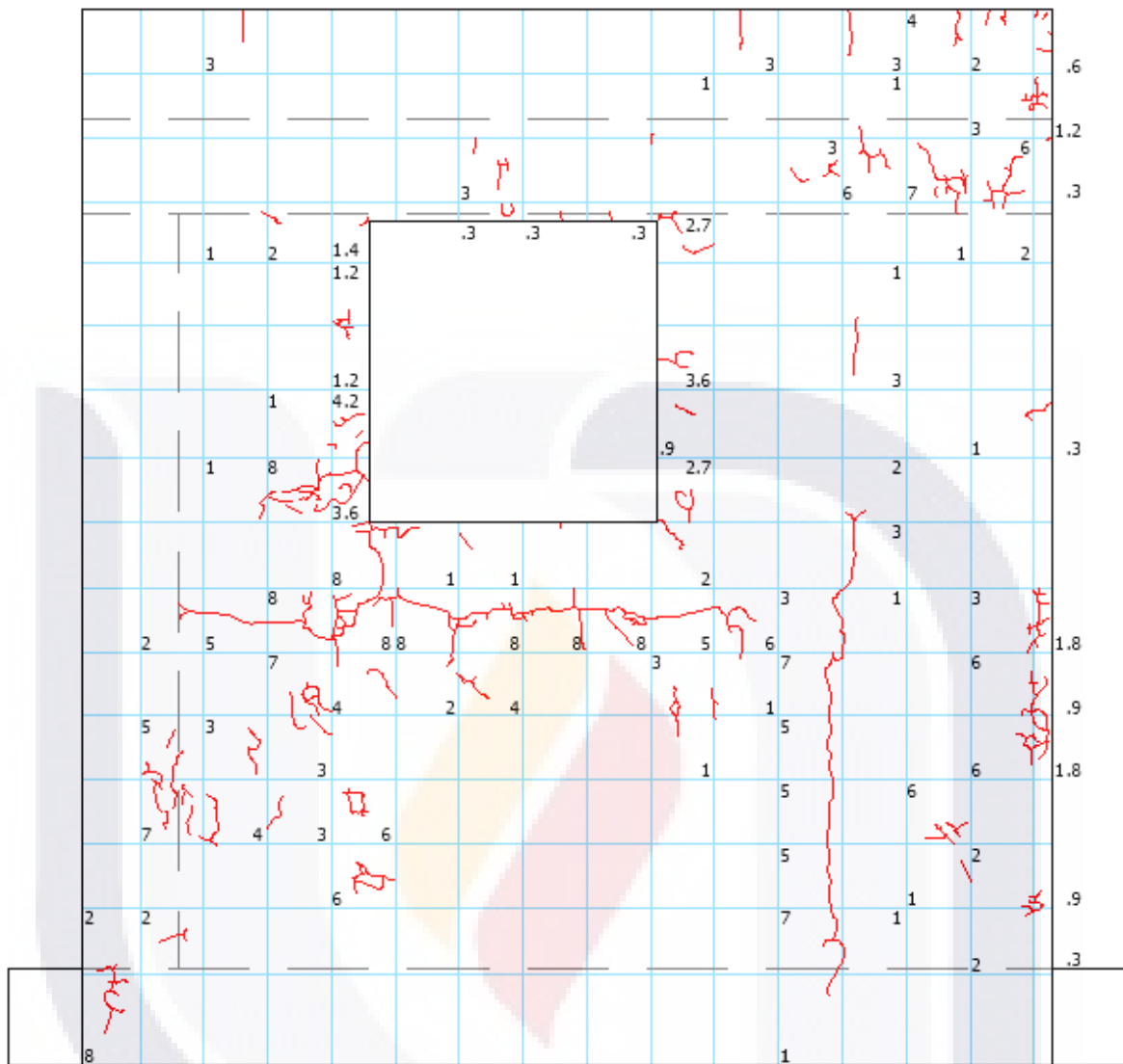


Imagen 61 Asignación de valores sobre casillas con fisuras en modelo de registro 6 de MTR 1-B-MCCA.

En el anexo C, se pueden consultar las ocho secuencias de los modelos de fisuración con la asignación de valores por casilla afectada.

Se calculó un “índice de fisuración” por cada registro de cada aplanado, los cuales se indican en la tabla 32. En esta tabla se aprecia que al término del periodo de registro, tanto para los muretes de block de concreto, como para los muretes de tabique rojo recocido, el aplanado de mortero a base de cemento con cal (MCCA) fue el más afectado por esta patología, mientras que el aplanado a base de cemento para albañilería fue el segundo con mayor fisuración, por su parte el aplanado a base de cal fue el segundo con menor índice de fisuración y el mortero a base de cemento, fue el aplanado con el menor

índice de fisuración. Sin embargo, en ambas superficies, el aplanado con MCCA, fue el único que se mantuvo todo el periodo de registro con el mayor índice de fisuración, mientras que las posiciones de los otros tres aplanados se alternaron a lo largo de dicho periodo, de acuerdo al índice de fisuración por registro, lo cual se puede observar en la imagen 62 y 63.

Tabla 32 Índice de fisuración por registro por aplanado.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4	Registro 5	Registro 6
	(10 días)	(17 días)	(24 días)	(31 días)	(38 días)	(45 días)
MTR 1-A-MCAL	17.7	17.7	20.2	20.2	63.4	106.7
MTR 1-B-MCCA	55.4	164.1	203	232	286	311.5
MTR 2-A-MCPA	0	3.2	24.5	25.5	25.5	112.5
MTR 2-B-MCEM	14	39	50	50	61	72
MBC 1-A-MCEM	17.9	18.8	19.8	19.8	19.8	34.5
MBC 1-B-MCPA	9	77.8	86.8	88.7	93.7	114.7
MBC 2-A-MCCA	225.2	229.8	256.6	286.4	355.9	431.9
MBC 2-B-MCAL	50.1	59.9	63	63	63	73.1

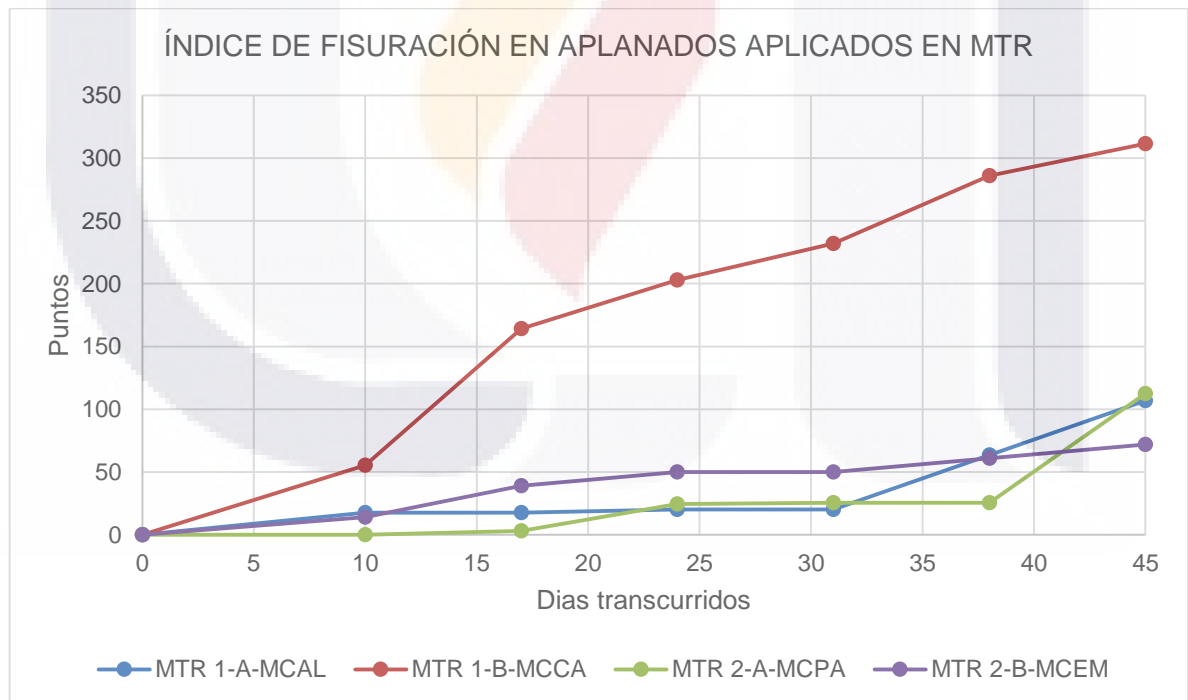


Imagen 62 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados aplicados sobre muretes de tabique rojo recocido.

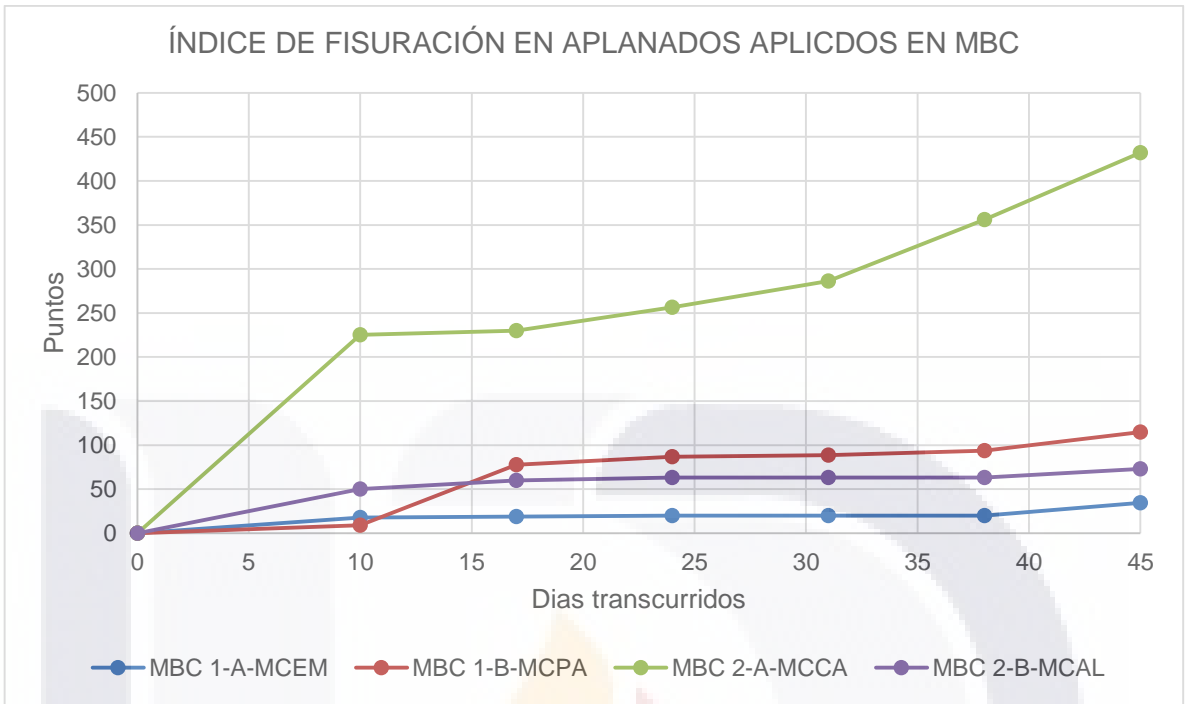


Imagen 63 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados aplicados sobre muretes de block de concreto.

Ahora bien, de los cuatro aplanados de mortero aplicados sobre ambas superficies de soporte, los aplanados con MCPA y MCCA presentaron mayor índice de fisuración en MBC que en MTR en todos sus registros.

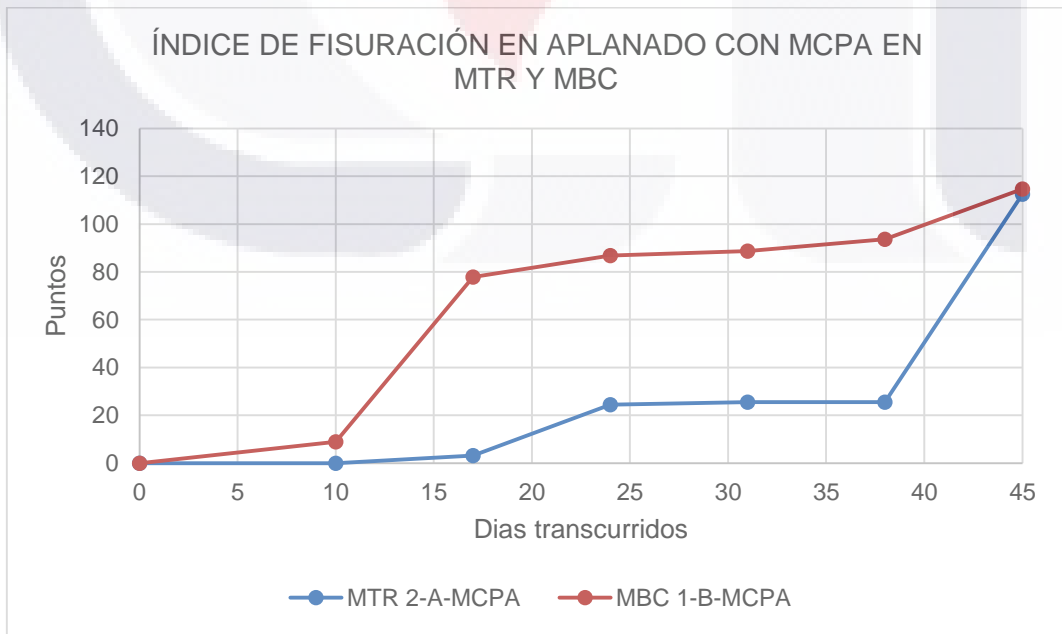


Imagen 64 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCPA sobre MTR y MBC.

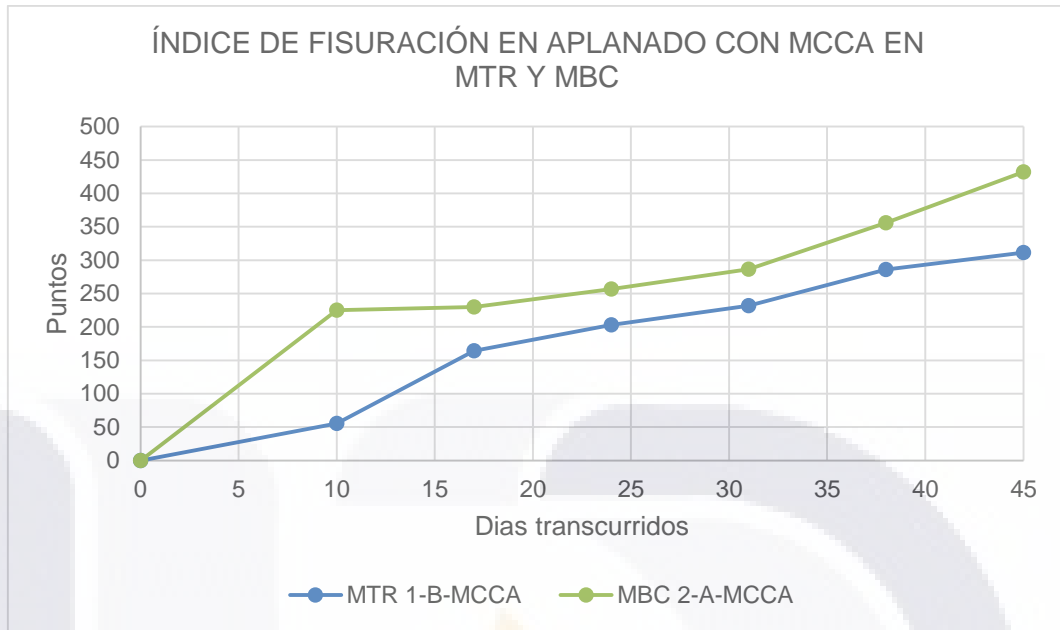


Imagen 65 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCCA sobre MTR y MBC.

Por su parte los aplanados con MCAL y MCEM presentaron mayor índice de fisuración en MTR que en MBC al final del periodo de registro, sin embargo en el caso del aplanado con MCAL, los primeros cuatro registros presento mayor índice en MBC, mientras que el aplanado con MCEM presento solo en el primero de sus registros un mayor índice en MBC.

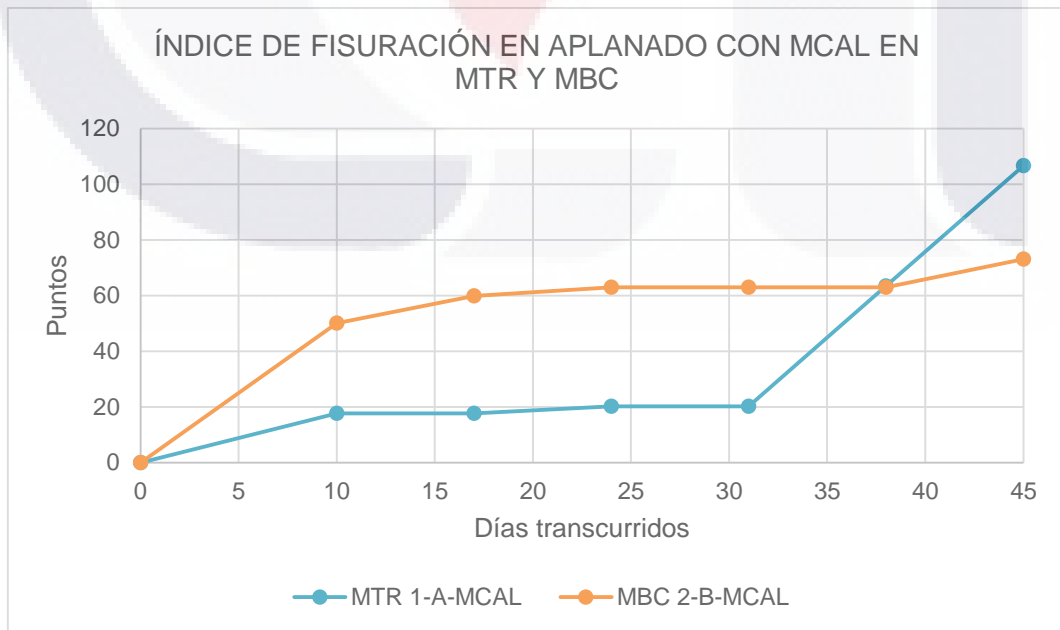


Imagen 66 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCAL sobre MTR y MBC.

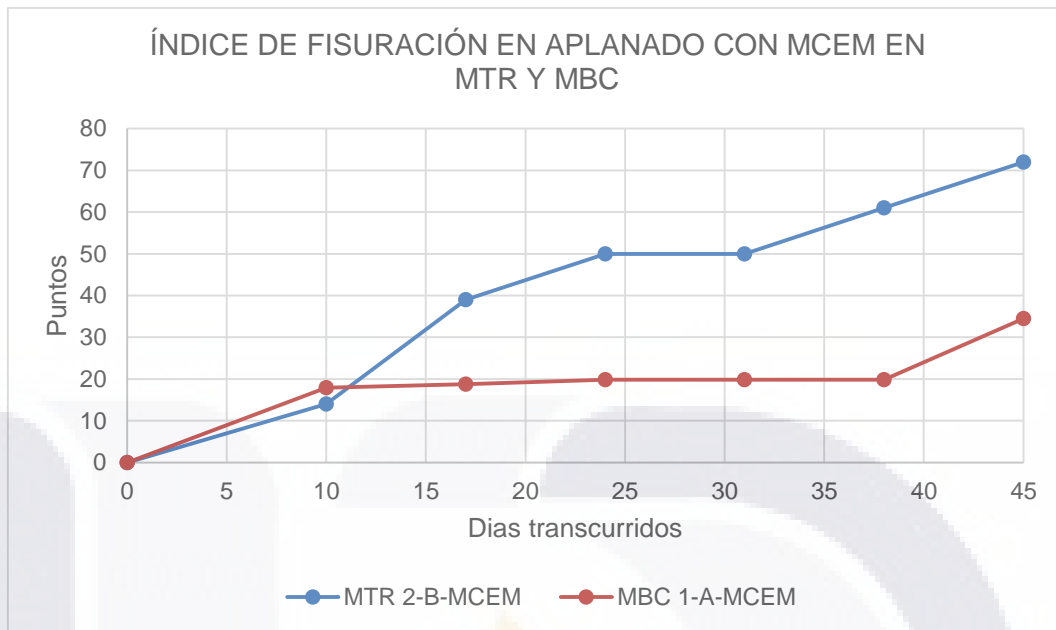


Imagen 67 Gráfica de valores de índice de fisuración por registro, en aplanados de MCEM sobre MTR y MBC.

3.5.2 Presencia de humedad

La valoración de esta patología se realizó obteniendo la superficie afectada por la presencia de humedad transmitida en la base de los muretes, a cada aplanado por cada registro, la cuantificación de dicha superficie se realizó sobre los modelos digitales elaborados a partir de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoeflorescencias, y se cuantificó en metros cuadrados. En los aplanados en los que se registró tanto presencia de humedad como “espectro” de la misma, se cuantificaron ambas superficies, aunque se estableció como superficie afectada la generada por el espectro. En la imagen 68 se muestra un ejemplo de la cuantificación de presencia de humedad y espectro de humedad.

En el anexo D, se pueden consultar las ocho secuencias de modelos de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoeflorescencias con la cuantificación de la superficie afectada por presencia de humedad en la base de los aplanados.

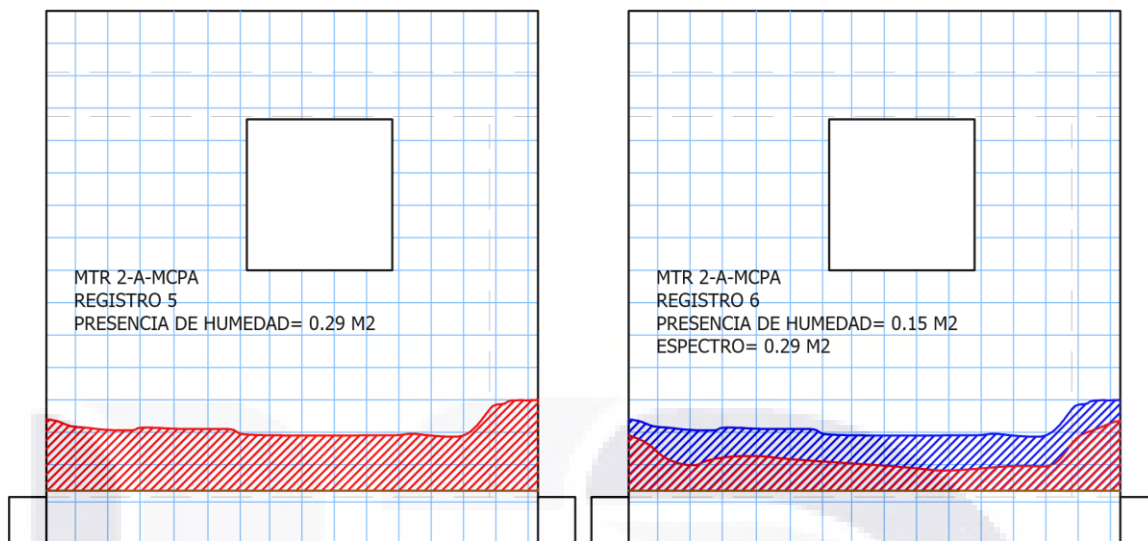


Imagen 68 Cuantificación de superficie afectada por presencia de humedad y espectro en modelos de registros 5 y 6 de MTR 2-A-MCPA.

Las superficies cuantificadas sobre los modelos por registro se indican en la tabla 33. En los registros que se cuantificó presencia de humedad y espectro de humedad, se asentaron en la tabla los dos valores, destacando la cifra del segundo en esta.

Tabla 33 Superficies en m2 de la superficie afectada por humedad en aplanados aplicados en MTR y MBC

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1 (3 días)	Registro 2 (10 días)	Registro 3 (17 días)	Registro 4 (24 días)	Registro 5 (31 días)	Registro 6 (38 días)	Registro 7 (45 días)
MTR 1-A-MCAL	0.39	0.35	0.39	0.37	0.53	0.54	0.54
						0.38	0.43
MTR 1-B-MCCA	0.41	0.39	0.40	0.40	0.41	0.43	0.43
MTR 2-A-MCPA	0.21	0.13	0.28	0.18	0.29	0.29	0.29
				0.14		0.15	0.16
MTR 2-B-MCEM	0.10	0.05	0.11	0.07	0.08	0.08	0.08
MBC 1-A-MCEM	0.17	0.07	0.12	0.11	0.13	0.13	0.13
MBC 1-B-MCPA	0.42	0.34	0.42	0.45	0.50	0.52	0.52
MBC 2-A-MCCA	0.33	0.32	0.39	0.39	0.42	0.42	0.42
				0.33			
MBC 2-B-MCAL	0.58	0.38	0.39	0.43	0.49	0.57	0.57
				0.39		0.45	0.45

En esta tabla se puede apreciar que al final del periodo de registro, tanto en los muretes de block de concreto como en los de tabique rojo recocido el aplanado con MCEM fue el menos afectado por la presencia de humedad, y el aplanado con MCAL el más afectado, por su parte, en MTR el aplanado con MCCA fue el segundo más afectado,

y el aplanado con MCPA el segundo menos afectado. En los MBC el aplanado con MCPA fue el segundo más afectado, y el aplanado con MCCA el segundo menos afectado. Lo anterior descrito, se puede apreciar gráficamente en las imágenes 69 y 70.

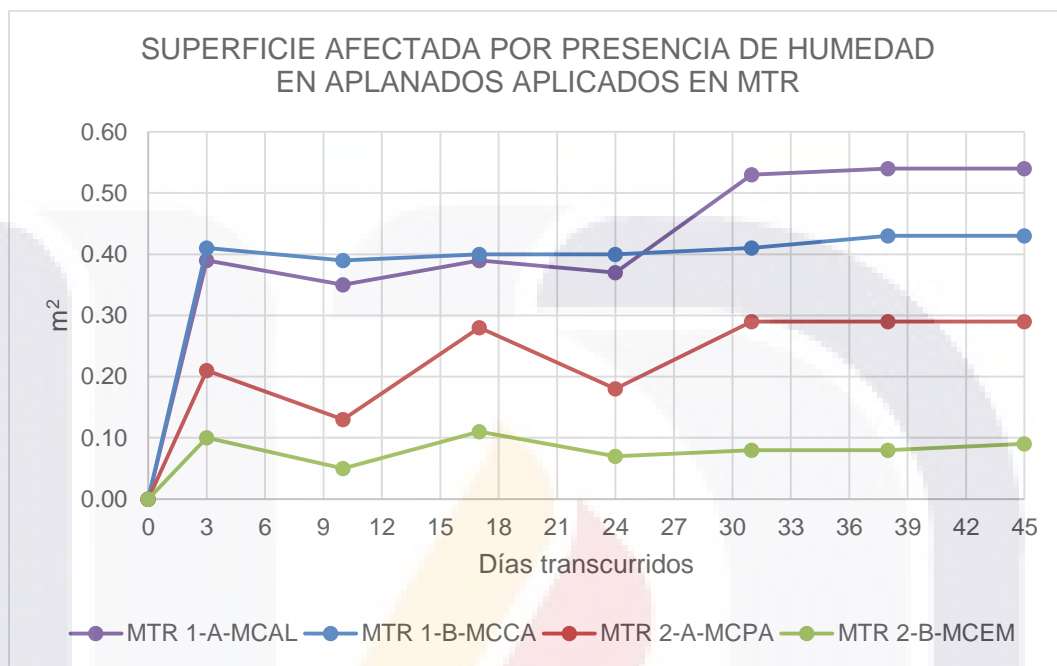


Imagen 69 Gráfica de valores por registro, de superficie afectada por presencia de humedad en aplanados aplicados en MTR

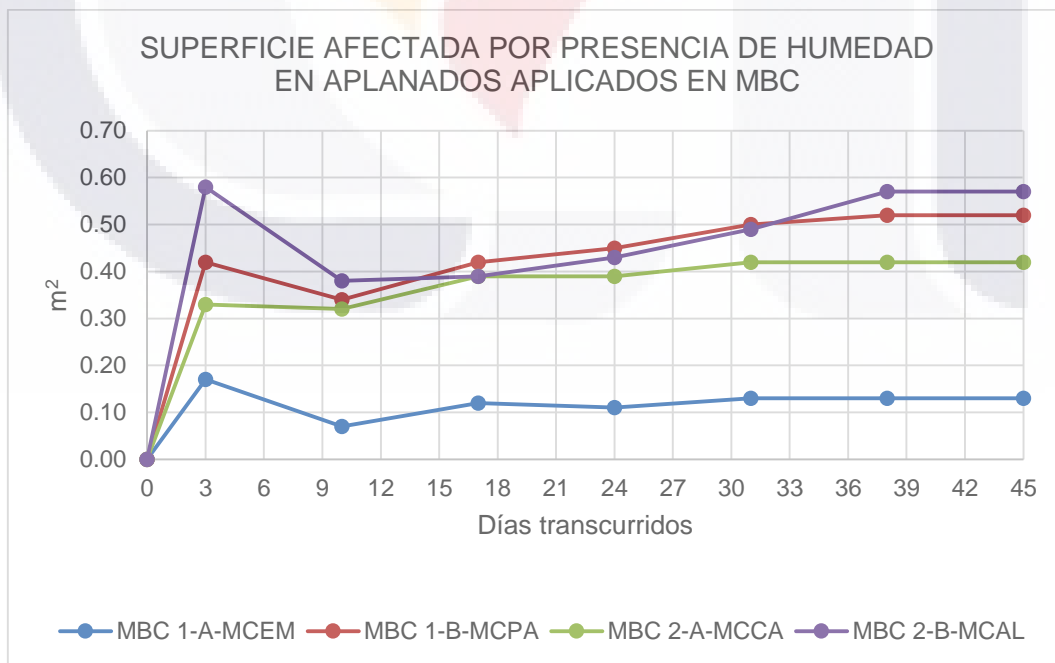


Imagen 70 Gráfica de valores por registro, de superficie afectada por presencia de humedad en aplanados aplicados en MBC

Ahora bien, de los cuatro morteros aplicados sobre ambos tipos de mampostería, los aplanados con MCPA y MCEM, presentaron mayor superficie afectada por humedad en MBC que en MTR en todos sus registros.

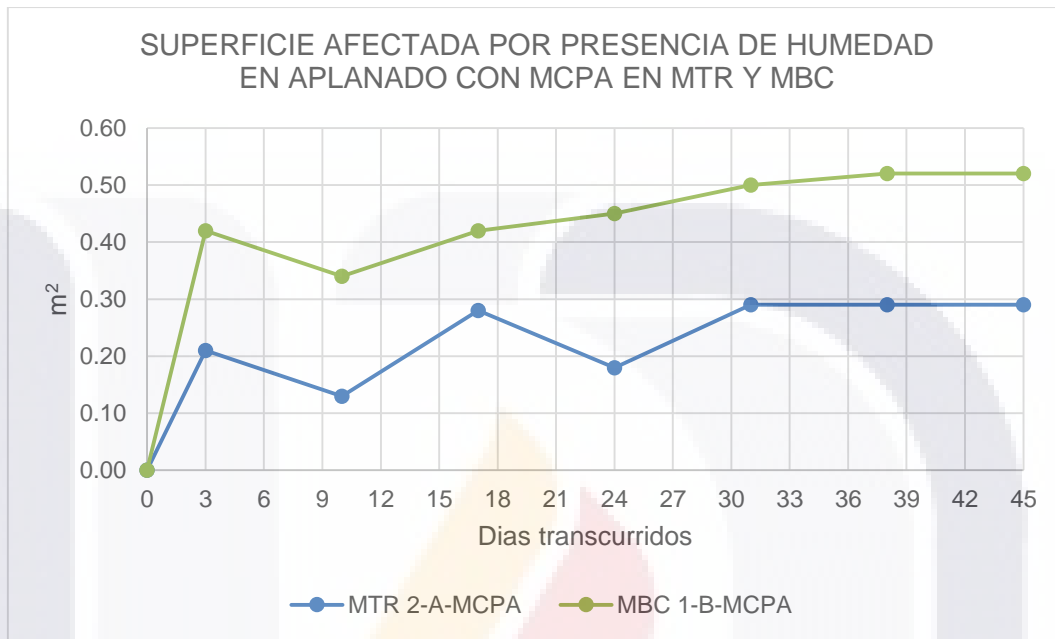


Imagen 71 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCPA sobre MTR y MBC.

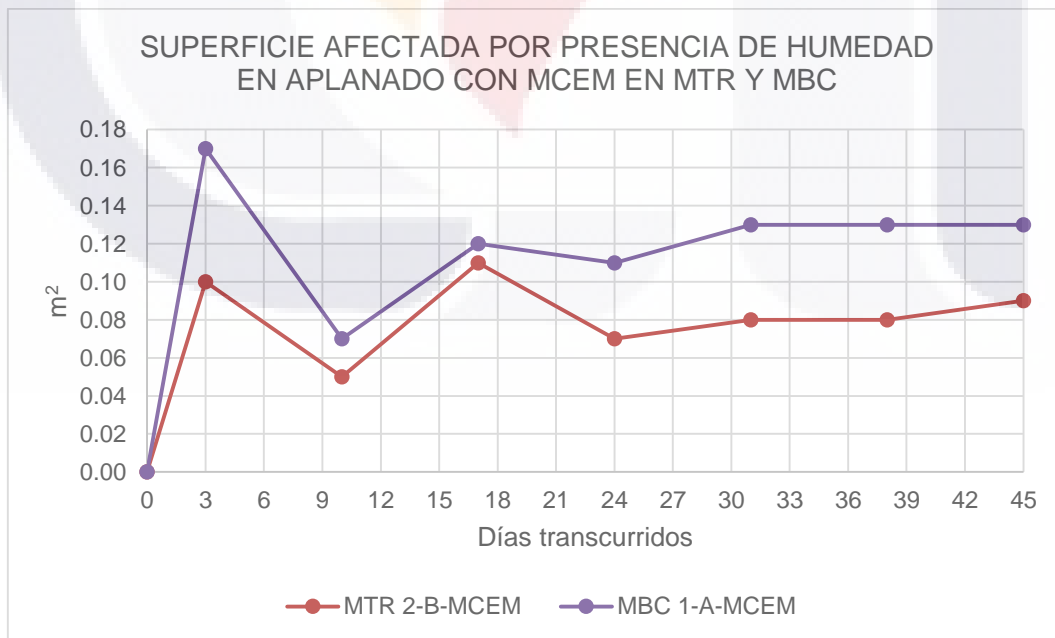


Imagen 72 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCEM sobre MTR y MBC.

Por su parte, el aplanado con MCAL presentó solo en el registro cinco, menor superficie afectada en MBC que en MTR (imagen 73). Y el aplanado con MCCA, presento solo en el registro cinco, mayor superficie afectada por presencia de humedad en MTR que en MBC (imagen 74).

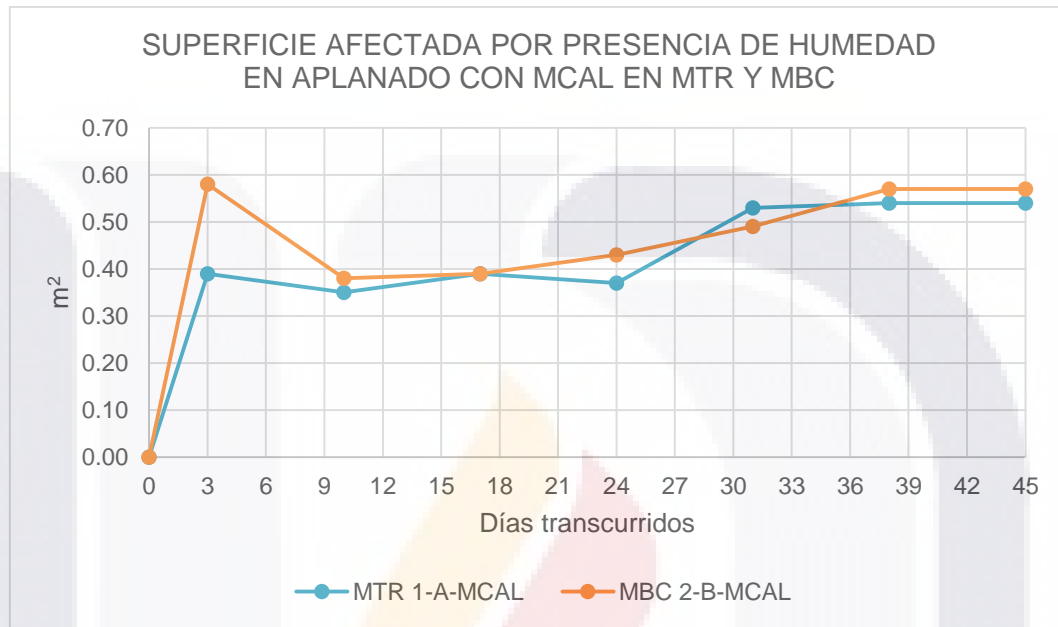


Imagen 73 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCAL sobre MTR y MBC.

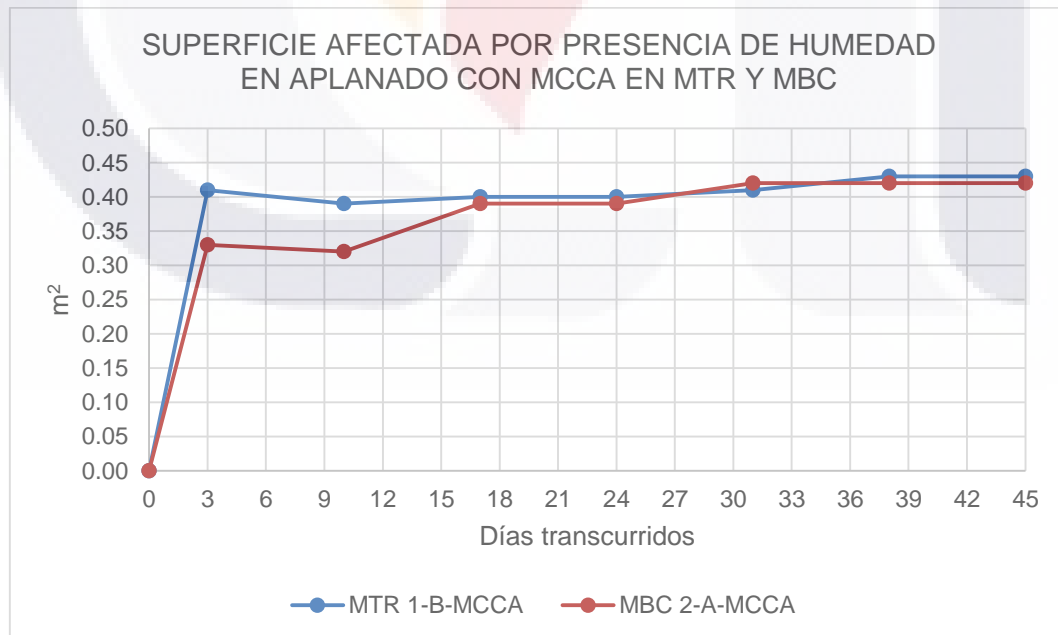


Imagen 74 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectado por humedad en aplanados de MCCA sobre MTR y MBC.

3.5.3 Eflorescencias y/o criptoflorescencias

La valoración de estas patologías se realizó al igual que la valoración de la presencia de humedad, obteniendo la superficie afectada por las lesiones en cada aplanado por cada registro.

Para la valoración de estas patologías, se establecieron tres categorías como ya se indicó en el punto 3.3.3. Las lesiones categorías establecidas fueron:

- Eflorescencias por humedad transmitida en la base de los muretes
- Eflorescencias por humedad de lluvia en la parte alta de los muretes
- Criptoflorescencias por humedad en la base de los muretes

La cuantificación de las superficies se realizó sobre los modelos digitales elaborados a partir de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoflorescencias, y se cuantificó en centímetros cuadrados. En la imagen 68 se muestra un ejemplo de la cuantificación de lesiones de las tres categorías establecidas.

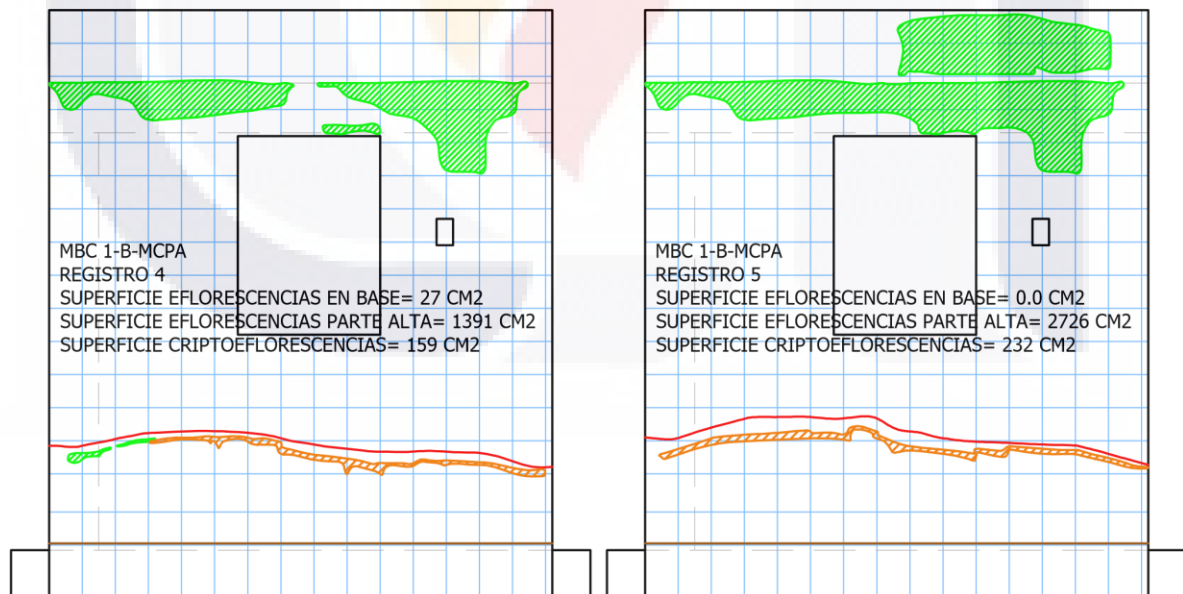


Imagen 75 Cuantificación de superficie afectada por eflorescencias y criptoflorescencias en modelos de registros 4 y 5 de MBC 1-B-MCPA.

En el anexo E, se pueden consultar las ocho secuencias de los registros de presencia de humedad, eflorescencias y/o criptoeflorescencias con la cuantificación de la superficie afectada por eflorescencias y criptoeflorescencias.

De las tres categorías establecidas, la única que se presentó en todos los aplanados fue la primera, que es la referente a las eflorescencias producidas en la base de los muretes a partir de la humedad transmitida, cuyos valores de las superficies cuantificadas se indican en la tabla 34, con unidades en cm².

Tabla 34 Superficies en cm² de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la base de los muretes.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4	Registro 5	Registro 6	Registro 7
	(3 días)	(10 días)	(17 días)	(24 días)	(31 días)	(38 días)	(45 días)
MTR 1-A-MCAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.00	88.00
MTR 1-B-MCCA	0.00	188.00	211.00	416.00	499.00	802.00	802.00
MTR 2-A-MCPA	0.00	0.00	0.00	468.00	432.00	483.00	493.00
MTR 2-B-MCEM	0.00	35.00	0.00	138.00	186.00	78.00	78.00
MBC 1-A-MCEM	0.00	0.00	0.00	44.00	41.00	60.00	68.00
MBC 1-B-MCPA	0.00	179.00	41.00	27.00	0.00	0.00	0.00
MBC 2-A-MCCA	0.00	95.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00
MBC 2-B-MCAL	0.00	0.00	0.00	152.00	139.00	0.00	0.00

En la tabla 34 podemos apreciar que al final del periodo de registro, en los muretes de tabique rojo recocido el aplanado con MCCA, fue el que presentó la mayor superficie afectada por eflorescencias en la base de este, seguido por el aplanado con MCPA, mientras que el aplanado con MCAL fue el segundo aplanado con menor superficie afectada, y el aplanado con MCEM el menos afectado por eflorescencias en la base. En cuanto a los aplanados aplicados en los muretes de block de concreto, el aplanado con MCEM fue el único que presentó eflorescencias en la base en el último registro, así como en los tres anteriores, en contraparte el aplanado con MCPA no presentó eflorescencias en ninguno de los tres últimos registros, aunque fue el único que presentó lesiones consecutivas en tres registros a partir del segundo, es decir en los registros dos, tres y cuatro, mientras que los aplanados con MCCA y MCAL, concluyeron el periodo de registro con valor cero y tan solo presentaron eflorescencias en el registro dos y seis, y cuatro y cinco respectivamente. En la imagen 76 y 77 se aprecia gráficamente lo anterior descrito.

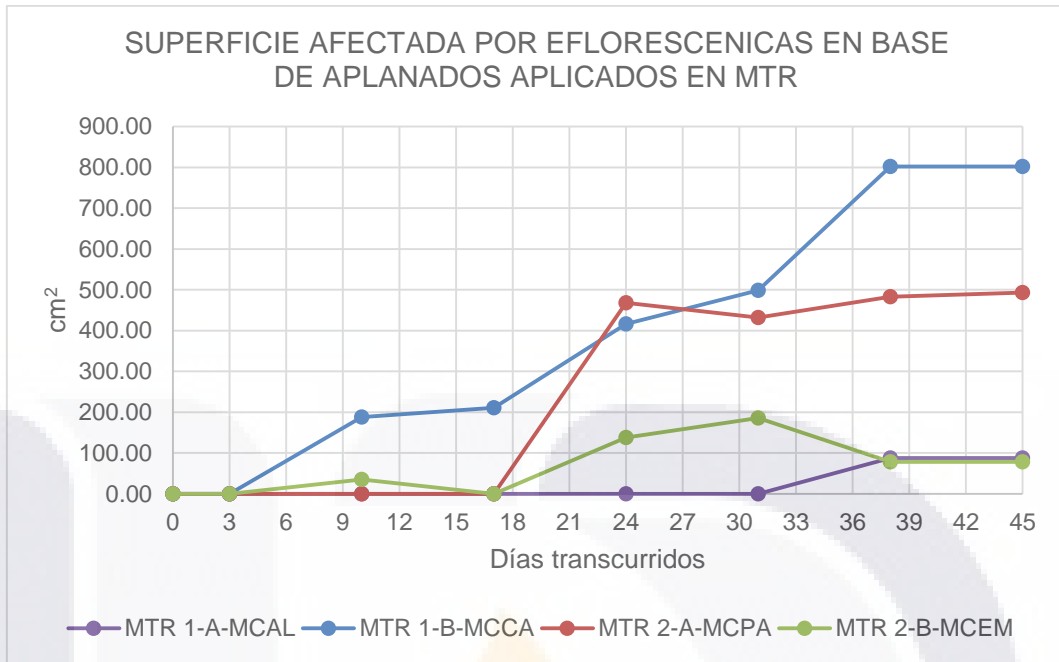


Imagen 76 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados aplicados en MTR.

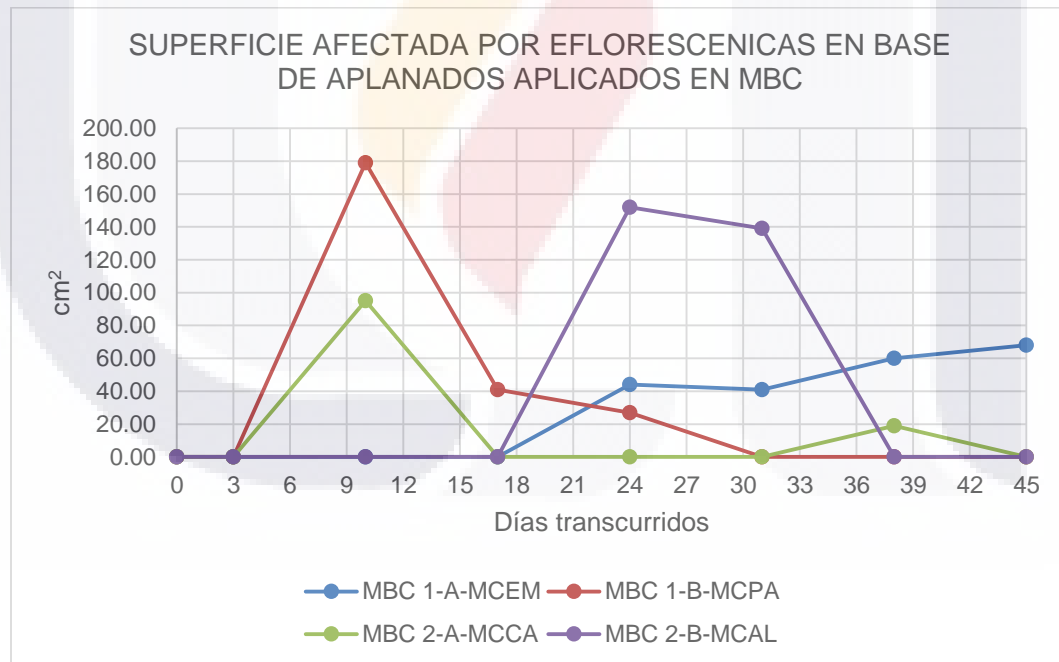


Imagen 77 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados aplicados en MBC.

Ahora bien, de los cuatro morteros aplicados sobre ambos tipos de mampostería, el aplanado con MCCA, presentó mayor superficie afectada en MTR que en MBC por

eflorescencias en la base en todos sus registros, mientras que el aplanado con MCEM presento mayor superficie afectada por esta patología en MBC que en MTR en cinco registros, e igualando en dos, aunque con valor en cero.

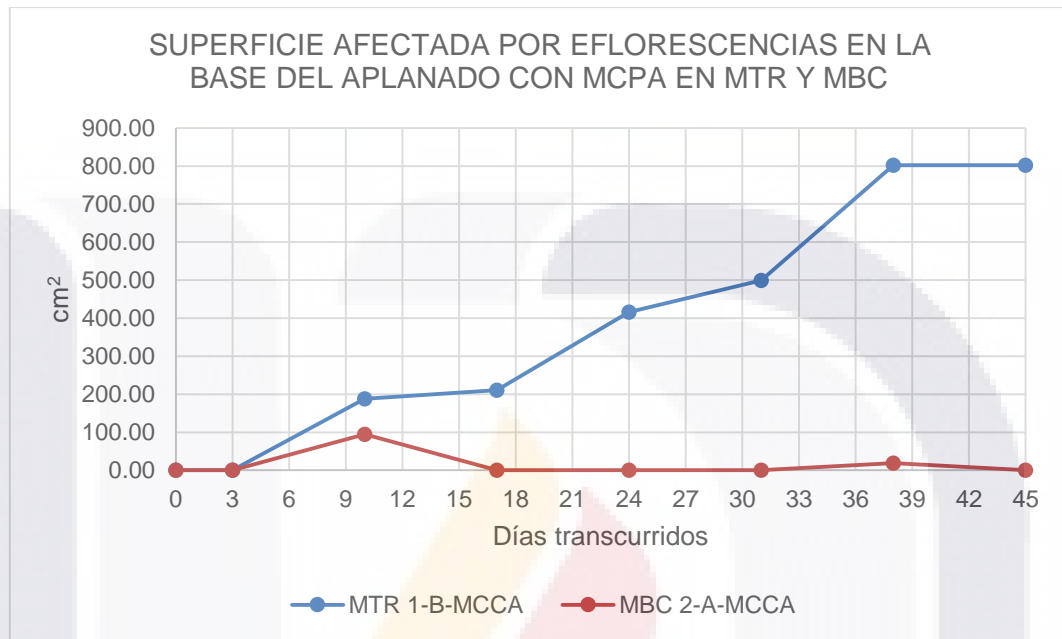


Imagen 78 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCCA sobre MTR y MBC.

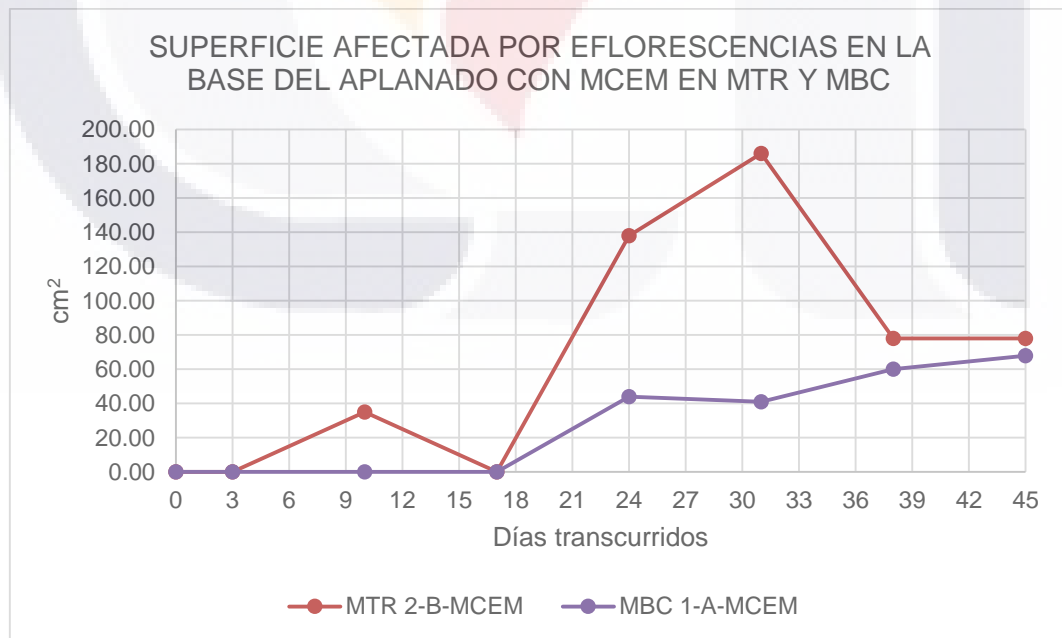


Imagen 79 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCEM sobre MTR y MBC.

Por su parte, el aplanado con MCPA presentó mayor superficie afectada por eflorescencias en su base en MTR que MBC en los últimos cuatro registros, aunque en los registros dos y tres ocurrió lo contrario, mientras que en el primero no se presentaron estas patologías en ninguno de los dos tipos de muretes (imagen 80). Y por último el aplanado con MCAL, presentó en los dos últimos registros, mayor superficie afectada en MTR que en MBC, aunque en los dos anteriores ocurrió lo contrario y en los primeros tres no se registraron lesiones (imagen 81).

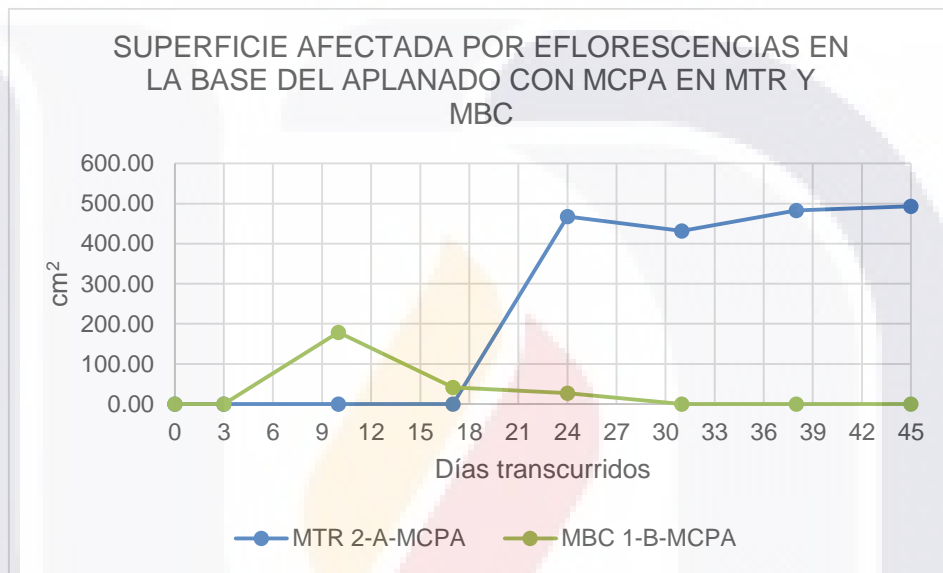


Imagen 80 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCPA sobre MTR y MBC.

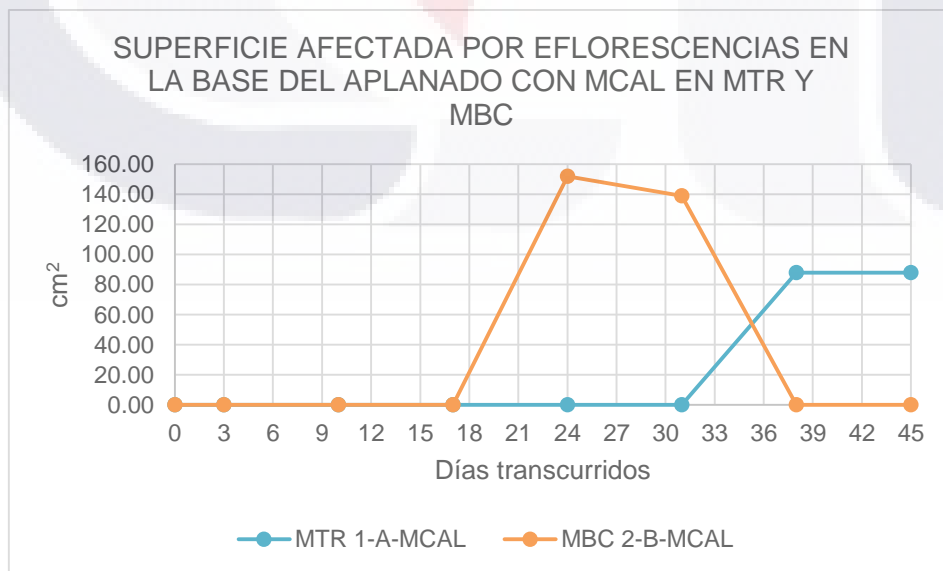


Imagen 81 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la base de aplanados de MCAL sobre MTR y MBC.

Hasta aquí se presentó la valoración de las superficies afectadas por eflorescencias en la base de los aplanados, sin embargo como ya se comentó, también se cuantifico la superficie de afectada por las eflorescencias en la parte alta de los muretes. A este respecto, en la tabla 35 se muestran las superficies afectadas en los diferentes aplanados por esta patología, con unidades en cm².

Tabla 35 Superficies en cm² de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la parte alta de los muretes.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4	Registro 5	Registro 6	Registro 7
	(3 días)	(10 días)	(17 días)	(24 días)	(31 días)	(38 días)	(45 días)
MTR 1-A-MCAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MTR 1-B-MCCA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MTR 2-A-MCPA	295.00	332.00	506.00	573.00	742.00	742.00	742.00
MTR 2-B-MCEM	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 1-A-MCEM	0.00	403.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 1-B-MCPA	2263.00	2301.00	1391.00	1391.00	2726.00	1713.00	1713.00
MBC 2-A-MCCA	62.00	62.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 2-B-MCAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En dicha tabla se puede apreciar que las eflorescencias en la parte superior de los aplanados, solo se presentaron en cuatro de estos, de los cuales tres ocurrieron en los muretes de block de concreto, en los aplanados con MCPA, MCEM y MCCA, y uno en los muretes de tabique rojo recocido en el aplanado con MCPA, mientras que el aplanado con MCAL no presentó esta patología en su parte alta en ninguno de los dos tipos de muretes. En la imagen 82 y 83 se aprecia gráficamente lo anterior descrito.

Ahora bien, el aplanado con MCPA, además de ser el único que presentó estas lesiones en los dos tipos de muretes, también fue el único que presentó superficie afectada en todos sus registros tanto en MTR como en MBC, siendo en la segunda mampostería donde presento la mayor superficie afectada durante todo el periodo de registro (imagen 84).

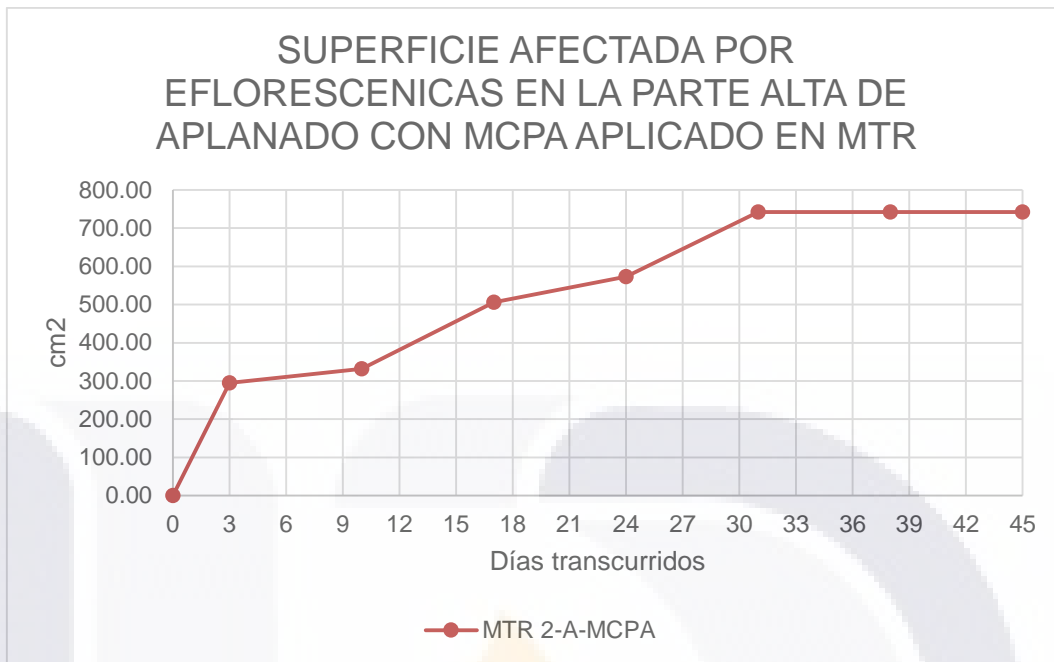


Imagen 82 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanado con MCPA aplicado en MTR.

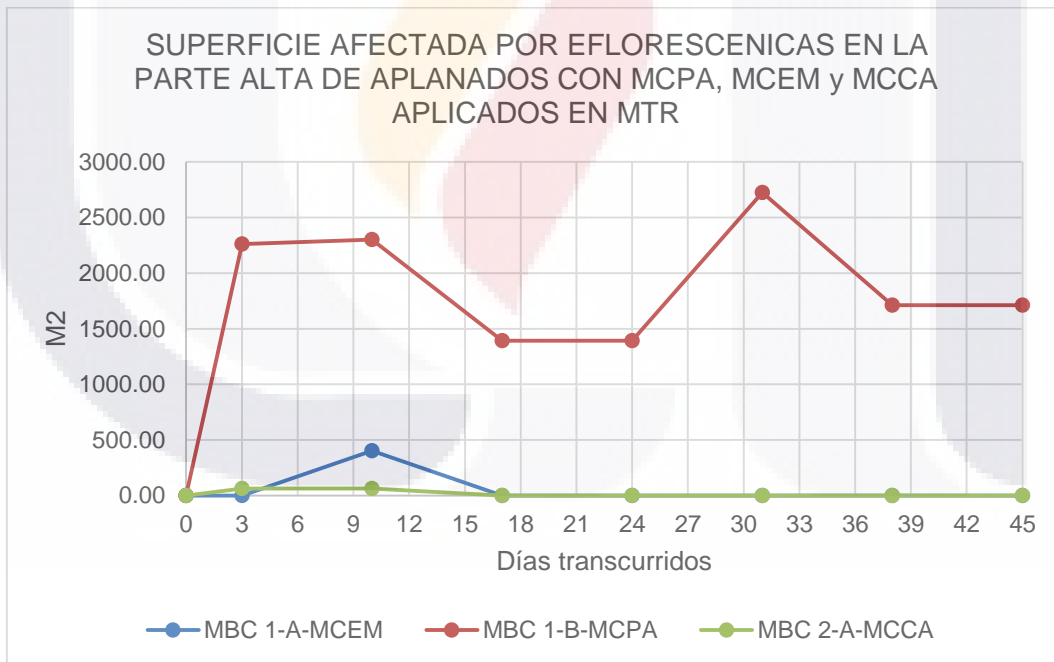


Imagen 83 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanados con MCPA, MCEM y MCCA aplicados en MBC.

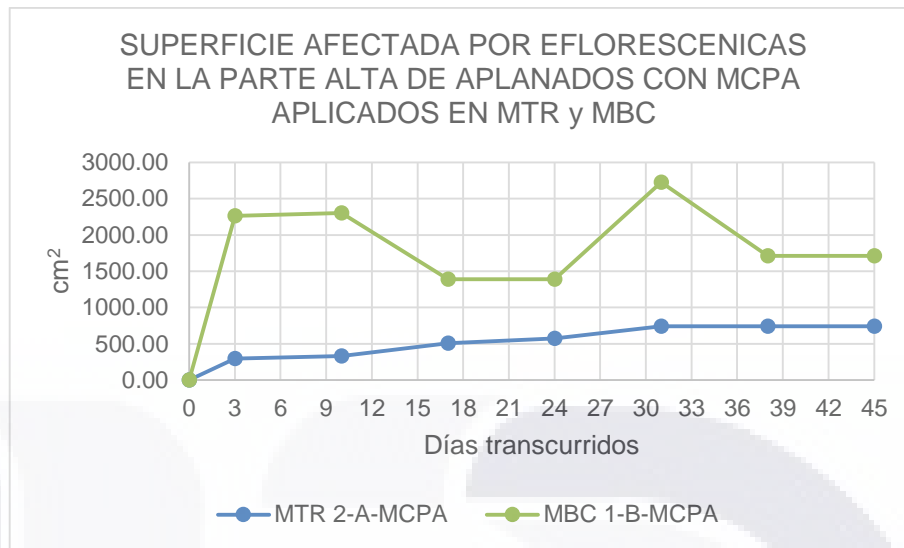


Imagen 84 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por eflorescencias en la parte alta de aplanado con MCPA aplicado en MTR y MBC.

Finalmente, se destaca que las lesiones de la categoría de criptoeflorescencias en la base de los aplanados solo se presentaron en el aplanado con MCPA aplicado en murete de block de concreto, en los últimos cuatro registros del periodo. En la tabla 36 se muestran las superficies afectadas por cada registro, cuantificadas en cm².

Tabla 36 Superficies en cm2 de la superficie afectada por eflorescencias producidas en la base del aplanado con MCPA aplicado en MBC.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1	Registro 2	Registro 3	Registro 4	Registro 5	Registro 6	Registro 7
	(3 días)	(10 días)	(17 días)	(24 días)	(31 días)	(38 días)	(45 días)
MBC 1-B-MCPA	0.00	0.00	0.00	159.00	232.00	322.00	318.00

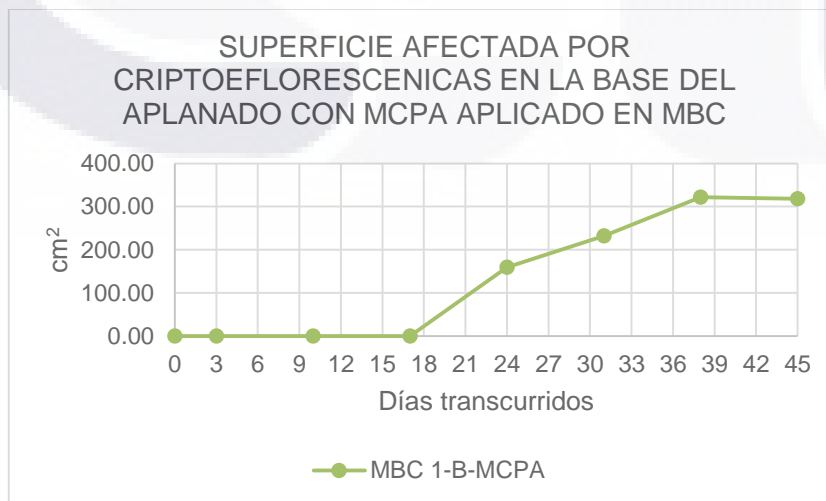


Imagen 85 Gráfica de valores por registro, de la superficie afectada por criptoeflorescencias en la base del aplanado con MCPA aplicado en MBC.

3.6 Ensayos a especímenes cúbicos de mortero

Como ya se explicó en el punto 3.2.7.2, se recolectaron muestras de cada uno de los morteros elaborados y aplicados en la primera capa de los aplanados, con la finalidad de realizarles ensayos en laboratorio y comparar los resultados con los datos obtenidos en la evaluación de las patologías registradas en dichos aplanados sobre los muretes de prueba. Dichas muestras se recolectaron en moldes de metal, de acuerdo a lo especificado en la norma NMX-C-ONNCCE-2013, obteniendo de esta manera especímenes cúbicos con medidas aproximadas de 5 x 5 cm de lado y 5 cm de alto, tres especímenes de cada mortero empleado, a excepción del mortero de cal, del cual solo se obtuvieron dos. Los especímenes obtenidos se identificaron con una clave, asignada de acuerdo al tipo de mortero como se indica en la tabla 37.

Los especímenes obtenidos se almacenaron dentro del laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la UAA, a temperatura ambiente sin consideraciones especiales, con la finalidad de recrear condiciones climáticas similares a las de los aplanados puestos en obra, especialmente temperatura y humedad ambiental. Los especímenes se almacenaron durante 180 días, periodo en el que se calculó la densidad y porcentaje de porosidad de cada uno, y se realizó una prueba denominada “tendencia de pérdida de humedad” con la que se determinó cual mortero permitió el mayor desalojo de agua en 24 horas a temperatura y humedad ambiental. Finalmente se realizó el ensayo de resistencia a la compresión después de haber transcurrido los 180 días, a diferencia de lo especificado en la norma mexicana NMX-C-061-2013, que establece ensayos a los 3, 7, 14 y 28 días, sin embargo esta norma se dirige únicamente a cementantes hidráulicos. Por lo tanto debido a que uno de los morteros empleados se elaboró con un cementante aéreo, y otro de estos incluyó en su composición una proporción de este tipo de cementante, además de que no se tiene referencia de ninguna norma o código de construcción nacional que especifique una resistencia mínima para morteros en aplanados en periodos establecidos, se determinó prolongar hasta los 180 días el ensayo de resistencia a la compresión. En los siguientes puntos, se describen a detalle las diferentes pruebas realizadas.

Tabla 37 Clave asignada por espécimen cubico obtenido de los morteros aplicados como aplanados en muretes de prueba.

MORTERO	CLAVE (Espécimen)
MCAL	CAL1
	CAL2
MCCA	CCA1
	CCA2
	CCA3
MCEM	CEM1
	CEM2
	CEM3
MCPA	CPA1
	CPA2
	CPA3

3.6.1 Calculo de densidad y porosidad

Para calcular la densidad de los especímenes, se procedió inicialmente a obtener el volumen de los mismos, de acuerdo con las medidas de los moldes de recolección, se conocía que el volumen aproximado de cada espécimen fue de 125 cm^3 , sin embargo para obtener un volumen con mayor precisión los cubos de mortero endurecido se saturaron con agua durante 24 horas y se pesaron totalmente saturados al término de este periodo en una báscula de precisión a decima de gramo, e inmediatamente concluido el pesado de cada cubo, se depositaron en un picnómetro metálico con agua estabilizado, depositando el agua desalojada en una probeta y cuantificando así el volumen en ml de agua desalojado por cada espécimen, ahora bien, tomando la relación de $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$ de agua, se determinó el volumen de cada cubo.



Imagen 86 Saturación de especímenes y pesado especímenes saturados.

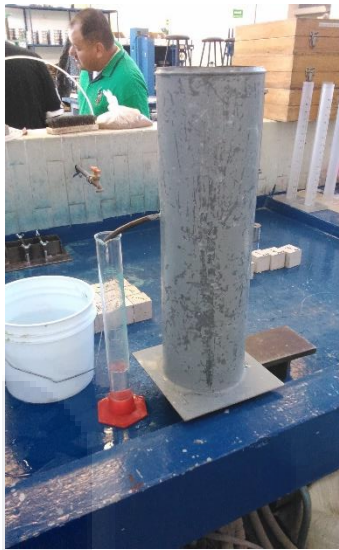


Imagen 87 Cuantificación de volumen de especímenes mediante desalojo de agua de picnómetro.

Con el volumen y el peso registrado de los especímenes saturados, se calculó la densidad de los mismos en dichas condiciones de saturación. Ahora, para calcular tanto la densidad de los especímenes en condiciones totalmente secas, como el contenido de agua entre sus poros, dichos especímenes se colocaron en el horno de secado del laboratorio y se conservaron ahí por 24 horas, concluido el periodo se retiraron y se pesaron inmediatamente, obteniendo así el peso de los especímenes totalmente secos. Ahora bien, tomando el peso específico del agua de $1\text{gr}/\text{cm}^3$ y la relación de $1\text{cm}^3 = 1\text{ml}$, se determinó el volumen de agua contenida en los especímenes y por lo tanto el volumen de poros de cada uno de estos, así como su porcentaje de porosidad. Las densidades y los porcentajes de porosidad se indican en la tabla 38.



Imagen 88 Especímenes de mortero en horno de secado.

Tabla 38 Densidades y porcentaje de porosidad por espécimen de mortero obtenido.

MORTERO	CLAVE (Especimen)	Peso cubo saturado (gr)	Volumen cubo (cm ³)=Agua desalojada en picnómetro (ml).	Densidad cubo saturado (gr/cm ³)	Peso cubo seco (gr)	Densidad cubo seco (gr/cm ³)	Peso del agua contenida (gr)	Volumen de agua contenida (ml)	Volumen de porosidad (cm ³)	Porcentaje de porosidad del cubo	Promedio de porcentaje porosidad por mortero
MCAL	CAL1	244.95	125.00	1.96	212.59	1.70	32.36	32.36	32.36	25.89%	26.15%
	CAL2	241.60	124.00	1.95	208.84	1.68	32.76	32.76	32.76	26.42%	
MCCA	CCA1	255.54	131.00	1.95	212.29	1.62	43.25	43.25	43.25	33.02%	33.07%
	CCA2	249.77	130.00	1.92	206.74	1.59	43.03	43.03	43.03	33.10%	
	CCA3	254.03	132.00	1.92	210.33	1.59	43.70	43.70	43.70	33.11%	
MCEM	CEM1	264.78	130.00	2.04	231.14	1.78	33.64	33.64	33.64	25.88%	25.99%
	CEM2	261.30	127.00	2.06	228.25	1.80	33.05	33.05	33.05	26.02%	
	CEM3	265.98	130.00	2.05	232.10	1.79	33.88	33.88	33.88	26.06%	
MCPA	CPA1	260.43	128.00	2.03	229.35	1.79	31.08	31.08	31.08	24.28%	24.89%
	CPA2	261.05	127.00	2.06	228.66	1.80	32.39	32.39	32.39	25.50%	
	CPA3	256.75	129.00	1.99	224.64	1.74	32.11	32.11	32.11	24.89%	

3.6.2 Tendencia de pérdida de humedad

Con este ensayo se determinó la pérdida de agua ocurrida en un lapso de 24 horas en cada espécimen de mortero recolectado, estando a temperatura y humedad ambiental en el laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la UAA.

El ensayo consistió en colocar y mantener por 24 horas los especímenes de mortero en un recipiente con agua para saturarlos, lo cual se realizó el día 4 de agosto de 2015 a las 8:30 de la mañana. Al término del periodo de saturación es decir el día 5 de agosto a las 8:30 de la mañana, se retiraron los cubos del recipiente, se pesaron inmediatamente y comenzó el periodo de secado, el cual duro también 24 horas, en el que se mantuvieron los cubos a temperatura ambiente dentro del laboratorio. Durante el periodo de secado se realizaron siete registros en los que se pesaron los especímenes con báscula de precisión a decima de gramo, para obtener mediante diferencia, el peso perdido y cuantificar a partir del peso específico del agua de 1gr/cm³, la cantidad de agua perdida por cada cubo. El primero de los siete registros fue el del inicio del periodo de secado a las 8:30 am, es decir a las cero horas de iniciado el mismo, los siguientes cinco se realizaron el mismo día

a las 9:30 am, 11:00am, 1:00 pm, 3:30 pm y 6:30 pm, y el último se realizó al día siguiente a las 8:30 am, al haber transcurrido las 24 horas. De acuerdo con esto, los registros a partir del segundo se realizaron a la hora, a las dos punto cinco horas, a las cuatro punto cinco horas, a las siete horas, a las diez horas y por último a las 24 horas, después de iniciado el periodo de secado. En la tabla 39 y 40 se muestran los valores de pesos perdidos así como el acumulado final por cada mortero.



Imagen 89 Pesado de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad".

Tabla 39 Registros 1 al 4 de pérdida de peso por pérdida de humedad de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad" (1/2).

MORTERO	CLAVE (ESPÉCIMEN)	HORAS TRANSCURRIDAS				
		0.00	1.00	2.50	4.50	
MCCAL	CAL1	Peso (gr)	243.26	241.49	240.67	239.61
		Peso perdido (gr)	0.00	1.77	0.82	1.06
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	1.77	2.59	3.65
MCCAL	CAL2	Peso (gr)	239.74	237.67	236.86	235.34
		Peso perdido (gr)	0.00	2.07	0.81	1.52
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	2.07	2.88	4.40
MCCA	CCA1	Peso (gr)	255.49	253.62	252.66	251.18
		Peso perdido (gr)	0.00	1.87	0.96	1.48
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	1.87	2.83	4.31
MCCA	CCA2	Peso (gr)	250.04	248.26	247.36	246.01
		Peso perdido (gr)	0.00	1.78	0.90	1.35
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	1.78	2.68	4.03
MCCA	CCA3	Peso (gr)	254.58	252.83	252.08	250.40
		Peso perdido (gr)	0.00	1.75	0.75	1.68
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	1.75	2.50	4.18
MCEM	CEM1	Peso (gr)	262.12	260.67	259.62	258.27
		Peso perdido (gr)	0.00	1.45	1.05	1.35
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	1.45	2.50	3.85
MCEM	CEM2	Peso (gr)	257.73	257.13	256.52	255.17
		Peso perdido (gr)	0.60	0.60	0.61	1.35
		Peso perdido acumulado (gr)	0.60	1.20	1.81	3.16
MCEM	CEM3	Peso (gr)	263.36	262.81	262.07	260.72
		Peso perdido (gr)	0.00	0.55	0.74	1.35
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	0.55	1.29	2.64
MCPA	CPA1	Peso (gr)	256.86	256.18	255.16	253.78
		Peso perdido (gr)	0.00	0.68	1.02	1.38
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	0.68	1.70	3.08
MCPA	CPA2	Peso (gr)	257.29	256.69	255.75	254.50
		Peso perdido (gr)	0.00	0.60	0.94	1.25
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	0.60	1.54	2.79
MCPA	CPA3	Peso (gr)	252.82	252.30	251.50	250.20
		Peso perdido (gr)	0.00	0.52	0.80	1.30
		Peso perdido acumulado (gr)	0.00	0.52	1.32	2.62
		Peso perdido acumulado por mortero (gr)	1.92	2.74	2.74	4.02
		Peso perdido acumulado por mortero (gr)	1.80	2.67	2.67	4.17
		Peso perdido acumulado por mortero (gr)	0.87	1.67	1.67	3.02
		Peso perdido acumulado por mortero (gr)	0.60	1.52	1.52	2.83
		Temp °C	21.6°	21.9°	23.6°	27.1°
		Hum ambiental	52%	52%	46%	34%

Tabla 40 Registros 5 al 7 de pérdida de peso por pérdida de humedad de especímenes durante periodo de secado en ensayo de "tendencia de pérdida de humedad" (2/2).

MORTERO	CLAVE (ESPÉCIMEN)	HORAS TRANSCURRIDAS			
		7.00 (3:30 pm)	10.00 (6:30 pm)	24.00 (8:30 am, día siguiente)	
		Temp °C	Temp °C	Temp °C	Temp °C
		Hum ambiental	Hum ambiental	Hum ambiental	Hum ambiental
			24%	19%	50%
		Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)	Peso (gr)
		Peso perdido (gr)	Peso perdido (gr)	Peso perdido (gr)	Peso perdido (gr)
		Peso perdido acumulado (gr)	Peso perdido acumulado (gr)	Peso perdido acumulado (gr)	Peso perdido acumulado (gr)
		Peso perdido acumulado por mortero (gr)	Peso perdido acumulado por mortero (gr)	Peso perdido acumulado por mortero (gr)	Peso perdido acumulado por mortero (gr)
MCAL	CAL1	237.68	236.56	228.53	228.53
	CAL2	233.74	232.34	222.94	222.94
	CCA1	249.21	247.46	236.88	236.88
	CCA2	244.06	242.34	232.24	232.24
	CCA3	248.14	246.50	236.73	236.73
MCCA	CEM1	256.54	255.04	246.93	246.93
	CEM2	253.62	252.53	244.96	244.96
	CEM3	259.19	258.23	250.76	250.76
MCEM	CPA1	251.53	249.36	240.36	240.36
	CPA2	252.68	251.16	242.69	242.69
	CPA3	248.39	246.94	239.62	239.62
MCPA					
		4.79	6.50	6.50	14.77
		1.81	1.45	7.32	13.20
		5.58	5.88	13.20	14.77
		6.00	7.40	16.80	15.77
		6.28	8.03	18.61	18.09
		5.98	7.70	17.80	17.80
		6.44	8.08	17.85	18.09
		5.58	7.08	15.19	13.52
		4.11	5.20	12.77	12.77
		4.17	5.13	12.60	13.52
		5.33	7.50	16.50	16.50
		4.61	6.13	14.60	14.60
		4.43	5.88	13.20	14.77

En la tabla se aprecia que al final del periodo de secado, los especímenes de mortero MCCA fueron los que perdieron más peso, aunque en los primeros tres registros fueron los especímenes de mortero MCAL los que presentaron la mayor cantidad de gramos perdidos, por su parte los especímenes de mortero MCEM fueron los que perdieron menos peso en los últimos cuatro registros, aunque en los primeros dos registros, fueron

los especímenes de mortero MCPA los que presentaron la menor cantidad de gramos perdidos.

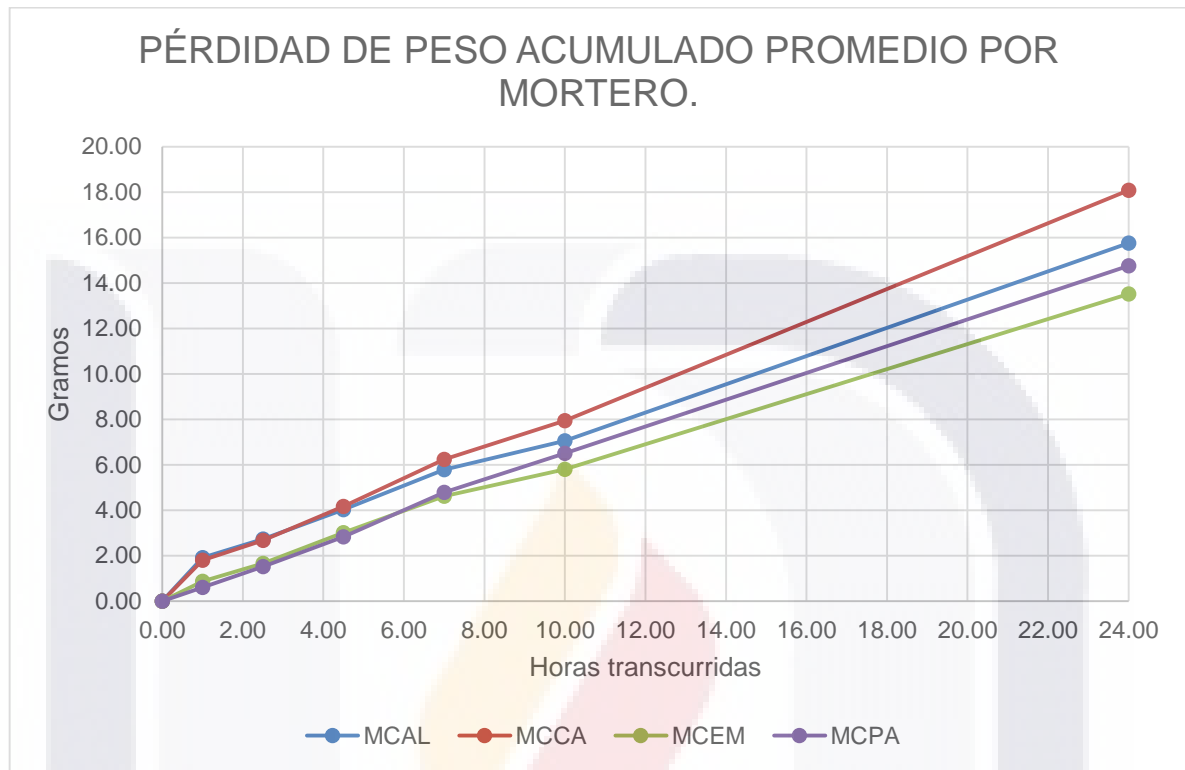


Imagen 90 Gráfica de valores de pérdida de peso acumulada promedio por registro, de cada mortero de empleado en aplanados en muretes de prueba.

3.6.3 Resistencia a la compresión

El ensayo de resistencia a la compresión fue el último realizado a los especímenes de mortero. Para poder establecer la carga admitida por cada cm^2 de los especímenes, se calculó la superficie de las caras que estuvieron en contacto con las paredes verticales del molde de recolección, tal como se especifica en la norma mexicana NMX-C-061-ONNCCE-2013.

Los especímenes se ensayaron en la máquina de ensayo a compresión del laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la UAA, conforme a lo establecido en la norma ya citada. Los valores del cálculo de resistencia a la compresión por espécimen y el promedio de estos por mortero, se indican en la tabla 41, con unidades en Kg/cm^2 .



Imagen 91 Medición de los lados de las caras de los especímenes con calibrador vernier para calcular superficie por recibir carga en ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 41 Resistencia a la compresión de morteros empleados en aplanados de muretes de prueba.

MORTERO	CLAVE (Especímen)	RESISTENCIA COMPRESIÓN(Kg/cm2)	PROMEDIO
MCAL	CAL1	8.39	8.32
	CAL2	8.25	
MCCA	CCA1	33.52	34.28
	CCA2	33.87	
	CCA3	35.45	
MCEM	CEM1	121.48	122.84
	CEM2	133.21	
	CEM3	113.83	
MCPA	CPA1	47.01	45.99
	CPA2	45.73	
	CPA3	45.23	

3.7 Determinación de costos de producción de morteros y aplicación de aplanados (DCPA).

Además de los análisis técnicos de los aplanados de mortero, se estableció realizar el cálculo de los costos de producción de cada mortero empleado, así como de la aplicación de aplanados con cada uno de estos.

Para el cálculo de los costos de producción de los morteros, se analizó el precio unitario acostó directo por la producción de un metro cúbico de estos, basándose en los rendimientos comunes de materiales, mano de obra y equipo, empleados en la ingeniería de costos en el estado de Aguascalientes. En cuanto a los costos de aplicación de aplanados, se analizó el precio unitario por la aplicación de un metro cuadrado en MTR y MBC, basándose en los rendimientos de materiales y mano de obra al igual que en los costos de producción de morteros. Las tarjetas de análisis de precios unitarios por cada mortero se muestran en los siguientes puntos.

3.7.1 DCPA de mortero MCAL

Tabla 42 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCAL.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
MORTERO CAL-ARENA 1:3					Unidad	M3
					Precio Unitario	\$ 1,229.62
					Clave	AUX MCAL
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
CAL	CAL	SACO	11.6	\$ 44.00	\$ 510.40	
ARE	ARENA	M3	1.18	\$ 250.00	\$ 295.00	
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.38	\$ 50.20	\$ 19.08	
Total Materiales					\$ 824.48	
Mano de Obra						
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.667	\$ 217.28	\$ 144.93	
Total Mano de Obra					\$ 144.93	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 144.93	\$ 4.35	
Total Herramientas					\$ 4.35	
Equipo						
REV	REVOLVEDORA 1 SACO	Hr	2.5	\$ 102.35	\$ 255.88	
Total Equipo					\$ 255.88	
Costo Directo					\$ 1,229.62	

Tabla 43 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCAL.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
APLANADO DE MORTERO CAL-ARENA 1:3 EN MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO Y BLOCK DE CONCRETO, ACABADO FINO SOBRE BASE DE REPELLADO, ESPESOR PROMEDIO DE 2 CM HASTA UNA ALTURA DE 2M. INCLUYE DESPERDICIO.					Unidad	M2
					Precio Unitario	\$ 72.86
					Clave	APL MCAL
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.005	\$ 50.20	\$ 0.25	
Total Materiales					\$ 0.25	
Mano de Obra						
MTO OF	MAESTRO OFICIAL	JOR	0.083	\$ 329.37	\$ 27.45	
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.083	\$ 217.28	\$ 18.11	
Total Mano Obra					\$ 45.55	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 0.25	\$ 0.01	
Total Herramientas					\$ 0.01	
Auxiliares						
AUX MCAL	MORTERO CAL-ARENA 1:3	M3	0.022	\$ 1,229.62	\$ 27.05	
Total Auxiliares					\$ 27.05	
Costo Directo					\$ 72.86	

3.7.2 DCPA de mortero MCCA

Tabla 44 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCCA.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
MORTERO CEMENTO-CAL-ARENA 1:2:4.					Unidad	M3
					Precio Unitario	\$ 1,841.52
					Clave	AUX MCCA
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
CEM	CEMENTO	TON	0.19	\$ 2,500.00	\$ 475.00	
CAL	CAL	SACO	15.2	\$ 44.00	\$ 668.80	
ARE	ARENA	M3	1.1	\$ 250.00	\$ 275.00	
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.35	\$ 50.20	\$ 17.57	
Total Materiales					\$ 1,436.37	
Mano de Obra						
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.667	\$ 217.28	\$ 144.93	
Total Mano de Obra					\$ 144.93	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 144.93	\$ 4.35	
Total Herramienta					\$ 4.35	
Equipo						
REV	REVOLVEDORA 1 SACO	Hr	2.5	\$ 102.35	255.875	
Total Equipo					\$ 255.88	
Costo Directo					\$ 1,841.52	

Tabla 45 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCCA.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
APLANADO DE MORTERO CEMENTO-CAL-ARENA 1:2:4 EN MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO Y BLOCK DE CONCRETO, ACABADO FINO SOBRE BASE DE REPELLADO, ESPESOR PROMEDIO DE 2 CM HASTA UNA ALTURA DE 2M. INCLUYE DESPERDICIO.					Unidad	M2
					Precio Unitario	\$ 87.69
					Clave	APL MCCA
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.005	\$ 50.20	\$ 0.25	
Total Materiales					\$ 0.25	
Mano de Obra						
MTO OF	MAESTRO OFICIAL	JOR	0.083	\$ 329.37	\$ 27.45	
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.083	\$ 217.28	\$ 18.11	
Total Mano de Obra					\$ 45.55	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 45.55	\$ 1.37	
Total Herramientas					\$ 1.37	
Auxiliares						
AUX MCCA	MORTERO CEMENTO-CAL-ARENA 1:2:4	M3	0.022	\$ 1,841.52	\$ 40.51	
Total Auxiliares					\$ 40.51	
					Costo Directo	\$ 87.69

3.7.3 DCPA de mortero MCPA

Tabla 46 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCPA.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
MORTERO CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA-ARENA 1:4.					Unidad	M3
					Precio Unitario	\$ 1,402.92
					Clave	AUX MCPA
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
CPA	CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA	TON	0.34	\$ 1,980.00	\$ 673.20	
ARE	ARENA	M3	1.23	\$ 250.00	\$ 307.50	
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.34	\$ 50.20	\$ 17.07	
Total Materiales					\$ 997.77	
Mano de Obra						
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.667	\$ 217.28	\$ 144.93	
Total Mano de Obra					\$ 144.93	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 144.93	\$ 4.35	
Total Herramienta					\$ 4.35	
Equipo						
REV	REVOLVEDORA 1 SACO	Hr	2.5	\$ 102.35	255.875	
Total Equipo					\$ 255.88	
					Costo Directo	\$ 1,402.92

Tabla 47 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCPA.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
APLANADO DE MORTERO CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA-ARENA 1:4 EN MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO Y BLOCK DE CONCRETO, ACABADO FINO SOBRE BASE DE REPELLADO, ESPESOR PROMEDIO DE 2 CM HASTA UNA ALTURA DE 2M. INCLUYE DESPERDICIO.					Unidad	M2
					Precio Unitario	\$ 76.68
					Clave	APL MCPA
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.005	\$ 50.20	\$ 0.25	
Total Materiales					\$ 0.25	
Mano de Obra						
MTO OF	MAESTRO OFICIAL	JOR	0.083	\$ 329.37	\$ 27.45	
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.083	\$ 217.28	\$ 18.11	
Total Mano de Obra					\$ 45.55	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 0.25	\$ 0.01	
Total Herramientas					\$ 0.01	
Auxiliares						
AUX MCPA	AUX MORTERO CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA-ARENA 1:4	M3	0.022	\$ 1,402.92	\$ 30.86	
Total Auxiliares					\$ 30.86	
					Costo Directo	\$ 76.68

3.7.4 DCPA de mortero MCEM

Tabla 48 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de elaboración de MCEM.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
MORTERO CEMENTO-ARENA 1:4.					Unidad	m3
					Precio Unitario	\$ 1,797.05
					Clave	AUX MCEM
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
CEM	CEMENTO	TON	0.43	\$ 2,500.00	\$ 1,075.00	
ARE	ARENA	M3	1.21	\$ 250.00	\$ 302.50	
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.32	\$ 45.00	\$ 14.40	
Total Materiales					\$ 1,391.90	
Mano de Obra						
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.667	\$ 217.28	\$ 144.93	
Total Mano de Obra					\$ 144.93	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 144.93	\$ 4.35	
Total Herramienta					\$ 4.35	
Equipo						
REV	REVOLVEDORA 1 SACO	Hr	2.5	\$ 102.35	255.875	
Total Equipo					255.875	
					Costo Directo	\$ 1,797.05

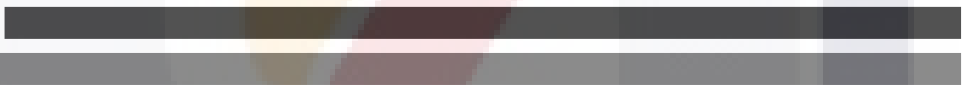
Tabla 49 Tarjeta de análisis de precio unitario a costo directo de aplicación de aplanado de mortero con MCEM.

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO						
Descripción						
APLANADO DE MORTERO CEMENTO-ARENA 1:4 EN MUROS DE TABIQUE ROJO RECOCIDO Y BLOCK DE CONCRETO, ACABADO FINO SOBRE BASE DE REPELLADO, ESPESOR PROMEDIO DE 2 CM HASTA UNA ALTURA DE 2M. INCLUYE DESPERDICIO.					Unidad	M2
					Precio Unitario	\$ 39.54
					Clave	APL MCEM
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total	
Materiales						
AGUA	AGUA POTABLE	M3	0.005	\$ 50.20	\$ 0.25	
Total Materiales					\$ 0.25	
Mano de Obra						
MTO OF	MAESTRO OFICIAL	JOR	0.083	\$ 329.37	\$ 27.45	
AYU	AYUDANTE GENERAL	JOR	0.083	\$ 217.28	\$ 18.11	
Total Mano de Obra					\$ 45.55	
Herramienta						
HERR	HERRAMIENTA MENOR	%Mo	0.03	\$ 45.55	\$ 1.37	
Total Herramientas					\$ 1.37	
Auxiliares						
AUX MCEM	AUX MORTERO CEMENTO ARENA	M3	0.022	1797.05	\$ 39.54	
Total Auxiliares					\$ 39.54	
					Costo Directo	\$ 86.71



CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la valoración de fisuración

A partir de los resultados obtenidos en la valoración de la fisuración en los aplanados y con los registros de temperaturas máximas y mínimas, así como precipitación pluvial del periodo de registro, se realizó un análisis para determinar la relación entre las condiciones climáticas y la progresión de las lesiones. Para analizar esta relación se obtuvo inicialmente el coeficiente de incremento del índice de fisuración de cada aplanado entre un registro y otro, es decir uno por cada intervalo del periodo de registro a excepción del “intervalo 0-1 RF”, dichos coeficientes se indican en la tabla 50, señalándose los más altos de cada intervalo para MTR y para MBC, asimismo se indica el Coeficiente de Incremento Promedio por Aplanado (CIPA) del periodo de registro, y el Coeficiente de Incremento Promedio por Intervalo (CIPIR) para los aplanados de cada superficie de soporte. Posteriormente se compararon estos datos con los registros de las condiciones climáticas ya mencionadas, presentadas en cada intervalo.

Tabla 50 Coeficientes de incremento de índice de fisuración por intervalo, en aplanados aplicados en MTR y MBC

NOMENCLATURA	Índice fisuración. Reg. 1	Coeficiente de incremento 1 - 2	Índice fisuración. Reg. 2	Coeficiente de incremento 2 - 3	Índice fisuración. Reg. 3	Coeficiente de incremento 3 - 4	Índice fisuración. Reg. 4	Coeficiente de incremento 4 - 5	Índice fisuración. Reg. 5	Coeficiente de incremento 5 - 6	Índice fisuración. Reg. 6	Coeficiente de incremento promedio por aplanado (CIPA)
	MTR 1-A-MCAL	17.70	1.00	17.70	1.14	20.20	1.00	20.20	3.14	63.40	1.68	106.70
MTR 1-B-MCCA	55.40	2.96	164.10	1.24	203.00	1.14	232.00	1.23	286.00	1.09	311.50	1.53
MTR 2-A-MCPA	0.00	-	3.20	7.66	24.50	1.04	25.50	1.00	25.50	4.41	112.50	2.82
MTR 2-B-MCEM	14.00	2.79	39.00	1.28	50.00	1.00	50.00	1.22	61.00	1.18	72.00	1.49
MBC 1-A-MCEM	17.90	1.05	18.80	1.05	19.80	1.00	19.80	1.00	19.80	1.74	34.50	1.17
MBC 1-B-MCPA	9.00	8.64	77.80	1.12	86.80	1.02	88.70	1.06	93.70	1.22	114.70	2.61
MBC 2-A-MCCA	225.20	1.02	229.80	1.12	256.60	1.12	286.40	1.24	355.90	1.21	431.90	1.14
MBC 2-B-MCAL	50.10	1.20	59.90	1.05	63.00	1.00	63.00	1.00	63.00	1.16	73.10	1.08
Coeficiente de incremento promedio por intervalo (CIPIR)	MTR	1.69		2.83		1.05		1.65		2.09		1.86
	MBC	2.98		1.08		1.03		1.07		1.34		1.50

En esta tabla se aprecia que en ambas superficies de soporte, los CIPA más altos, se obtuvieron en los aplanados con mortero MCPA, mientras que los CIPA más bajos se presentaron en el aplanado con MCEM en el caso de MTR y en el aplanado con MCAL en el caso de MBC. Se destaca que los CIPA son todos más altos en MTR que en MBC. Se aprecia además que en el “intervalo 1-2 RF” e “intervalo 2-3 RF” se presentó el CIPIR más alto para los aplanados en MBC, y MTR respectivamente, mientras que el CIPIR más bajo en ambas superficies se presentó en el “intervalo 3-4 RF”.

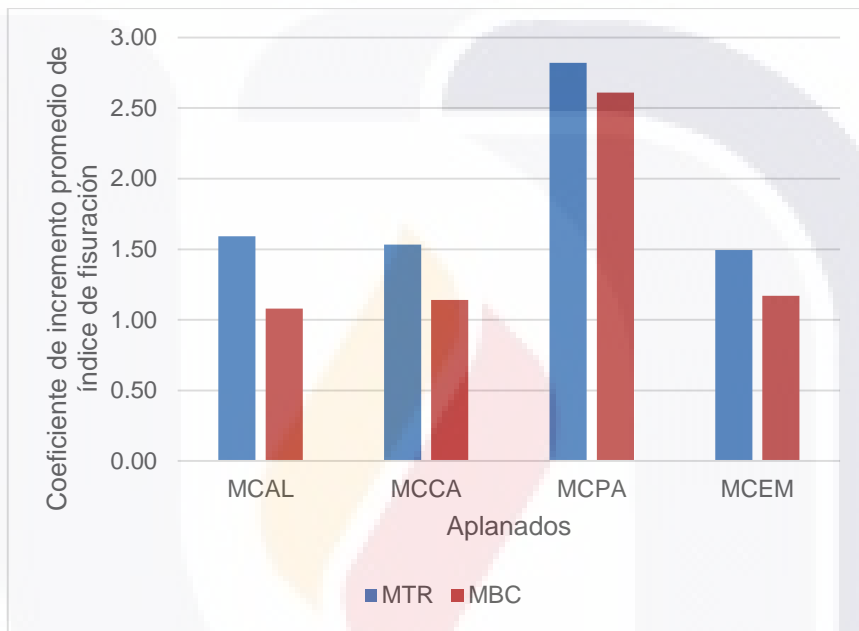


Imagen 92 Comparación gráfica de coeficientes de incremento promedio de índice de fisuración, de cada aplanado en MTR y MBC.

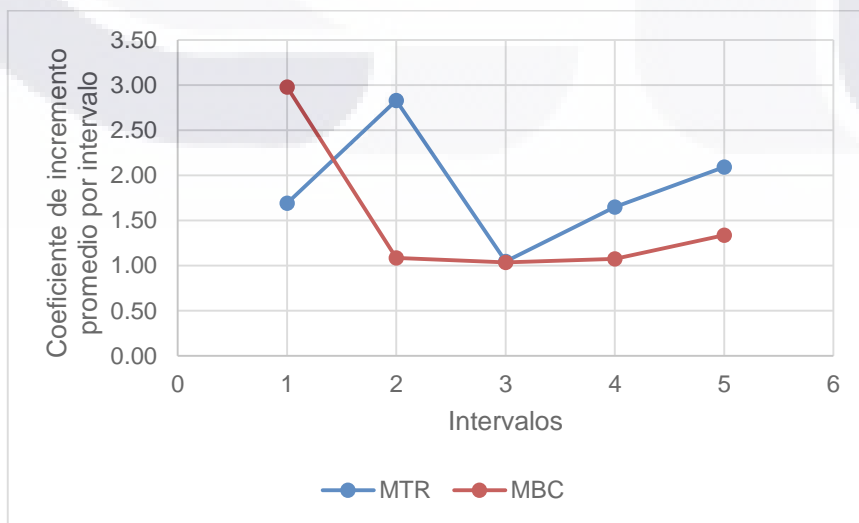


Imagen 93 Gráfica de valores de Coeficiente de Incremento Promedio por Intervalo en MTR y MBC.

En base a los CIPA obtenidos en la tabla anterior, se determinó que los aplanados con MCPA fueron los más inestables en cuanto a fisuración en ambas superficies de soporte, ya que aunque de los cuatro aplanados aplicados, este fue el que obtuvo el menor índice de fisuración en su primer registro tanto en MTR como en MBC, estos tendieron a fisurarse súbitamente en algunos intervalos, y fueron los que finalizaron el periodo de registro con el mayor porcentaje de incremento entre su primer y último índice de fisuración registrado, como se puede apreciar en la tabla 51.

Tabla 51 Porcentajes de incremento de índice de fisuración entre el primer y último registro, de aplanados aplicados en MTR y MBC.

NOMENCLATURA	Índice fisuración. Reg. 1	Índice fisuración. Reg. 2	Índice fisuración. Reg. 6	Porcentaje de incremento entre primer y último Índice de fisuración
MTR 1-A-MCAL	17.70	17.70	106.70	503%
MTR 1-B-MCCA	55.40	164.10	311.50	462%
MTR 2-A-MCPA	0.00	3.20	112.50	3416%
MTR 2-B-MCEM	14.00	39.00	72.00	414%
MBC 1-A-MCEM	17.90	18.80	34.50	93%
MBC 1-B-MCPA	9.00	77.80	114.70	1174%
MBC 2-A-MCCA	225.20	229.80	431.90	92%
MBC 2-B-MCAL	50.10	59.90	73.10	46%

En esta tabla se puede apreciar además que de los cuatro aplanados aplicados en ambos tipos de muretes, todos presentaron un porcentaje de incremento mayor entre el primer y último índice de fisuración, en MTR que en MBC, recordemos que también los CIPA fueron mayores en MTR, lo mismo que cuatro de los cinco CIPIR obtenidos, por lo tanto se puede determinar que los cuatro aplanados, tuvieron mayor estabilidad en MBC que en MTR, en lo que respecta a la fisuración.

Ahora bien retomando de la tabla 29, las temperaturas máximas, mínimas y medias así como la precipitación pluvial registrada en cada intervalo, y retomando los coeficientes de incremento de cada aplanado de la tabla 50, se elaboró la tabla 52, en la que se puede apreciar en que intervalo y en qué condiciones climáticas se presentaron los menores y mayores coeficientes de incremento de índice de fisuración por cada aplanado.

Tabla 52 Coeficientes de incremento de índice de fisuración de cada aplanado en MTR y MBC por intervalo, y su relación con las condiciones climáticas. Fuente: (INIFAP, 2015)

Intervalo	T máx media del intervalo	T mín media del intervalo	T media del intervalo	Diferencia entre T máx media y T mín media	Precipitación pluvial (mm)	Coeficiente de incremento de índice de fisuración por aplanado en MTR y MBC							
						MCAL		MCCA		MCPA		MCEM	
						MTR	MBC	MTR	MBC	MTR	MBC	MTR	MBC
Intervalo 1-2 RF	28.73	8.36	18.54	20.37	0	1.00	1.20	2.96	1.02	-	8.64	2.79	1.05
Intervalo 2-3 RF	23.60	7.00	15.30	16.60	2.2	1.14	1.05	1.24	1.12	7.66	1.12	1.28	1.05
Intervalo 3-4 RF	20.77	8.23	14.50	12.54	76.6	1.00	1.00	1.14	1.12	1.04	1.02	1.00	1.00
Intervalo 4-5 RF	27.66	10.57	19.11	17.09	0	3.14	1.00	1.23	1.24	1.00	1.06	1.22	1.00
Intervalo 5-6 RF	29.20	9.31	19.26	19.89	0	1.68	1.16	1.09	1.21	4.41	1.22	1.18	1.74

De acuerdo con la tabla anterior, se puede establecer que los aplanados con MCAL, MCPA y MCEM, aplicados en ambas superficies de soporte, presentaron menor tendencia a la fisuración en el intervalo 3-4 RF, cuando se presentaron lluvias de aproximadamente 11mm diarios y la temperatura media osciló entre los 14 y 15 °C, con una diferencia entre la temperatura máxima y mínima de alrededor de los 12.5 °C, por lo tanto el rango de temperatura se registró entre los 8.3 y los 20.8 °C. Por su parte los aplanados con MCCA en ambas superficies presentaron su segundo menor Coeficiente de Incremento de índice de fisuración en estas mismas condiciones. En contraparte, de acuerdo con la tabla se puede establecer que todos los aplanados, presentaron una mayor tendencia a la fisuración cuando no se presentó precipitación pluvial importante y la temperatura media sobrepasó los 15 °C e incrementándose notablemente cuando la diferencia entre la temperatura máxima y mínima excedió los 20 °C.

4.2 Resultados de valoración de presencia de humedad y ensayos a especímenes cúbicos de mortero

Recordemos que la valoración de presencia de humedad se realizó cuantificando el área afectada por humedad producida por capilaridad a partir del agua presente en el mecanismo de retención ya descrito. Ahora, sabemos que la amplitud de la red capilar de los materiales depende de su porosidad. Por lo tanto se realizó un análisis para determinar la relación de los resultados de presencia de humedad con los ensayos realizados a los especímenes recolectados de los morteros empleados, específicamente con los ensayos de cálculo de densidad y porosidad y tendencia de pérdida de humedad.

Para analizar esta relación, se calculó inicialmente el porcentaje de incremento o decremento entre registros, de las superficies afectadas por esta patología en cada aplanado, para comparar estos valores con los datos obtenidos de los ensayos realizados a especímenes de mortero ya mencionados. Dichos porcentajes se indican en la tabla 53.

Tabla 53 Valores de Incremento/Decremento en porcentaje de la superficie afectada por presencia de humedad por intervalos, en aplanados aplicados en MTR y MBC.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Presencia humedad Reg. 1 (m2)	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 2 (m2)	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 3 (m2)	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 4 (m2)	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 5	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 6 (m2)	Incremento / decremento (%)	Presencia humedad Reg. 7 (m2)	Porcentaje final de incremento / decremento de superficie afectada (PIDH)
MTR 1-A-MCAL	0.39	-10.3%	0.35	11.4%	0.39	-5.1%	0.37	43.2%	0.53	1.9%	0.54	0.0%	0.54	38.5%
MTR 1-B-MCCA	0.41	-4.9%	0.39	2.6%	0.40	0.0%	0.40	2.5%	0.41	4.9%	0.43	0.0%	0.43	4.9%
MTR 2-A-MCPA	0.21	-38.1%	0.13	115.4%	0.28	-35.7%	0.18	61.1%	0.29	0.0%	0.29	0.0%	0.29	38.1%
MTR 2-B-MCEM	0.10	-50.0%	0.05	120.0%	0.11	-36.4%	0.07	14.3%	0.08	0.0%	0.08	0.0%	0.08	-20.0%
MBC 1-A-MCEM	0.17	-58.8%	0.07	71.4%	0.12	-8.3%	0.11	18.2%	0.13	0.0%	0.13	0.0%	0.13	-23.5%
MBC 1-B-MCPA	0.42	-19.0%	0.34	23.5%	0.42	7.1%	0.45	11.1%	0.50	4.0%	0.52	0.0%	0.52	23.8%
MBC 2-A-MCCA	0.33	-3.0%	0.32	21.9%	0.39	0.0%	0.39	7.7%	0.42	0.0%	0.42	0.0%	0.42	27.3%
MBC 2-B-MCAL	0.58	-34.5%	0.38	2.6%	0.39	10.3%	0.43	14.0%	0.49	16.3%	0.57	0.0%	0.57	-1.7%

En la tabla 53 se indican tanto los porcentajes de incremento/decremento por intervalo de las superficies afectadas por la presencia de humedad en cada aplanado, como el Porcentaje final de Incremento/Decremento de la superficie afectada por Presencia de Humedad (PIDH) de cada aplanado, este porcentaje se obtuvo en base al incremento (porcentaje positivo) o decremento (porcentaje negativo) de la superficie afectada entre el primer y último registro. Recordemos que en los registros que se presentaron espectros, se tomaron estos como superficie afectada. En la tabla se puede apreciar que en ambas superficies de soporte los aplanados con MCCA y MCPA fueron los dos morteros que presentaron un PIDH positivo, es decir que registraron un aumento de la superficie afectada en el registro final con respecto al primero, mientras que el aplanado con MCEM presentó un PIDH negativo en ambas superficies de soporte, por su parte el aplanado con MCAL, presentó un PIDH positivo en MTR y uno negativo en MBC.

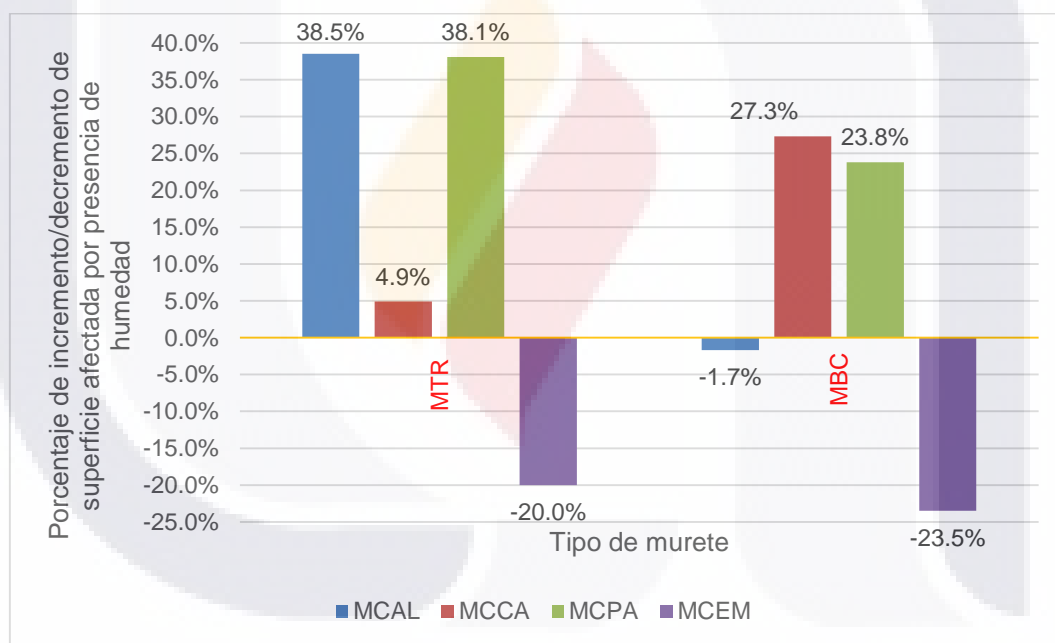


Imagen 94 Gráfica de valores de Porcentajes de Incremento/Decremento entre primer y último registro de superficie afectada por presencia de humedad, en aplanados aplicados en MTR y MBC.

Ahora bien, retomando de la tabla 38 los registros de cálculo de densidad y porcentaje de porosidad de los morteros y retomando los porcentajes de Incremento/Decremento, los PIDH y la superficie afectada por presencia de humedad al final de periodo de registro, de la tabla anterior, se elaboró la tabla 54, en la que se puede apreciar cuales aplanados obtuvieron más incrementos y decrementos en la superficie afectada, y su relación con

los cálculos mencionados. En la tabla se señalan los morteros con la mayor y menor densidad así como el mayor y menor porcentaje de porosidad, y los aplanados con mayor y menor superficie afectada en el último registró en MTR y MBC.

Tabla 54 Porcentajes por intervalo de incremento/decremento de la superficie afectada por presencia de humedad en cada aplanado en MTR y MBC y su relación con la densidad y porcentaje de porosidad de cada mortero.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Densidad de mortero (gr/cm3)	Porcentaje de porosidad de mortero	Incremento / decremento (%) 1-2	Incremento / decremento (%) 2-3	Incremento / decremento (%) 3-4	Incremento / decremento (%) 4-5	Incremento / decremento (%) 5-6	Incremento / decremento (%) 6-7	Porcentaje final de incremento / decremento de superficie afectada (PIDH)	Registro final de superficie afectada por presencia de humedad (m2)
MTR 1-A-MCAL	1.69	26.15	-10.3%	11.4%	-5.1%	43.2%	1.9%	0.0%	38.5%	0.54
MTR 1-B-MCCA	1.6	33.07	-4.9%	2.6%	0.0%	2.5%	4.9%	0.0%	4.9%	0.43
MTR 2-A-MCPA	1.78	24.89	-38.1%	115.4%	-35.7%	61.1%	0.0%	0.0%	38.1%	0.29
MTR 2-B-MCEM	1.79	25.99	-50.0%	120.0%	-36.4%	14.3%	0.0%	0.0%	-20.0%	0.08
MBC 1-A-MCEM	1.79	25.99	-58.8%	71.4%	-8.3%	18.2%	0.0%	0.0%	-23.5%	0.13
MBC 1-B-MCPA	1.78	24.89	-19.0%	23.5%	7.1%	11.1%	4.0%	0.0%	23.8%	0.52
MBC 2-A-MCCA	1.6	33.07	-3.0%	21.9%	0.0%	7.7%	0.0%	0.0%	27.3%	0.42
MBC 2-B-MCAL	1.69	26.15	-34.5%	2.6%	10.3%	14.0%	16.3%	0.0%	-1.7%	0.57

De acuerdo con la tabla anterior, se puede apreciar que en los MTR los dos morteros que presentaron mayor superficie afectada por humedad y con más incrementos de dicha superficie durante el periodo de registro, fueron los que se aplanaron con morteros constituidos con cal, es decir los morteros MCAL y MCCA, que a su vez son los dos morteros menos densos y con mayor porosidad. Mientras que en el caso de los MBC el aplanado con MCAL fue el que presentó la mayor superficie afectada en el registro final, con cuatro de los seis intervalos con incremento de la superficie afectada. Por su parte, en ambas superficies el aplanado con MCEM que es el mortero más denso y con la segunda menor porosidad, presentó la menor superficie afectada al final del periodo de registro, con dos intervalos con incrementos y dos con decrementos de dicha superficie a lo largo del periodo. En general se puede establecer que los aplanados con morteros constituidos con cementantes aéreos, en su totalidad o una parte de estos, como es el caso de MCAL y MCCA, tendieron a transportar con mayor facilidad el agua debido a su alta porosidad, sin embargo, esto no necesariamente incide en daños sobre los aplanados ni la superficie de soporte, puesto que esa característica permite que la humedad pueda transportarse con facilidad de adentro del aplanado, es decir desde la superficie de soporte, hacia el exterior, evitando con esto la humedad interna.

4.3 Resultados de la valoración de eflorescencias y criptoeflorescencias

De acuerdo con el registro y la valoración de eflorescencias, estas se presentaron tanto en la base de los aplanados por la humedad capilar, como en la parte alta de los mismos por la humedad de lluvia, mientras que las criptoeflorescencias se presentaron solamente en la base de estos, específicamente en un solo aplanado. Ahora, en relación a las eflorescencias ya sea en la base o en la parte alta de los aplanados, algunas de las lesiones registradas desaparecieron de un registro a otro, esto como ya se explicó se debe a que la mayoría de estas fueron temporales, o en el caso del aplanado con MCPA sobre MBC, evolucionaron a criptoeflorescencias. Por lo tanto para identificar cual fue el aplanado con la mayor superficie de lesiones de las tres categorías al final del periodo de registro, así como la progresión de estas durante dicho periodo, se elaboró la tabla 55 a partir de la información presentada en las tablas 34, 35 y 36, que corresponden a la valoración de las patologías presentadas.

En la tabla se puede apreciar que tanto en MTR como en MBC los aplanados con MCPA, fueron los que presentaron una mayor superficie afectada por estas patologías durante todo el periodo de registro, siendo los únicos que presentaron al menos una de las tres categorías de lesiones en cada registro, y en el caso del aplanado aplicado sobre MBC, el único que presentó criptoeflorescencias. Por su parte, los aplanados con MCAL en ambas superficies, solo presentaron dos registros con eflorescencias en la base, siendo los menos afectados. Además de estos dos últimos aplanados mencionados, los aplanados con MCCA y MCEM en MTR, tampoco presentaron eflorescencias en su parte alta, aunque

En general se puede establecer que los aplanados con morteros elaborados con cal, presentaron una baja tendencia a desarrollar eflorescencias, mientras que aquellos que elaborados con cementantes hidráulicos presentaron una alta tendencia al desarrollo de estas patologías.

Tabla 55 Superficies afectadas por registro en cm2, por eflorescencias y criptoeflorescencias en la base de los aplanados y eflorescencias en la parte alta de los aplanados

TIPO DE MURO Y APLANADO	Registro 1		Registro 2		Registro 3		Registro 4			Registro 5			Registro 6			Registro 7			
	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Criptoeflorescencias base	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Criptoeflorescencias base	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Criptoeflorescencias base	Eflorescencias base	Eflorescencias parte alta	Criptoeflorescencias base	
MTR 1-A-MCAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MTR 1-B-MCCA	0.00	0.00	188.00	0.00	0.00	211.00	0.00	416.00	0.00	0.00	0.00	499.00	0.00	0.00	802.00	0.00	0.00	0.00	
MTR 2-A-MCPA	0.00	295.00	0.00	332.00	0.00	0.00	0.00	468.00	0.00	0.00	432.00	0.00	0.00	483.00	742.00	0.00	493.00	742.00	
MTR 2-B-MCEM	0.00	0.00	35.00	0.00	0.00	0.00	138.00	0.00	0.00	186.00	0.00	0.00	78.00	0.00	78.00	0.00	0.00	0.00	
MBC 1-A-MCEM	0.00	0.00	0.00	403.00	0.00	0.00	44.00	0.00	0.00	41.00	0.00	0.00	60.00	0.00	68.00	0.00	0.00	0.00	
MBC 1-B-MCPA	0.00	2263.00	179.00	2301.00	0.00	41.00	0.00	27.00	1391.00	0.00	0.00	2726.00	0.00	232.00	0.00	0.00	0.00	1713.00	
MBC 2-A-MCCA	0.00	62.00	95.00	32.00	0.00	0.00	0.00	0.00	159.00	0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	318.00
MBC 2-B-MCAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	152.00	0.00	0.00	139.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

4.4 Evaluación técnica-económica de aplanados

La evaluación final de los aplanados de mortero se compuso de una parte técnica, la cual se evaluó a partir de las valoraciones de las patologías registradas en estos, y una parte económica, la cual se evaluó a partir de la determinación de costos de elaboración de morteros y aplicación de aplanados. Dicha evaluación se realizó en dos grupos, una para los aplanados aplicados sobre MTR y otra para los aplicados sobre MBC.

Para esta evaluación se ponderó la parte técnica en un 70% y la parte económica en un 30%. Ahora, como ya se comentó, la parte técnica se evaluó a partir de la valoración final de las patologías, es decir con los valores obtenidos por cada una de estas en su registro final por cada aplanado, los cuales se ponderaron a su vez de la siguiente manera:

- Índice de fisuración: 25%
- Superficie afectada por presencia de humedad en la base de los aplanados: 25%
- Eflorescencias en la base de los aplanados: 15%
- Eflorescencias en la parte alta de los aplanados: 15%
- Criptoeflorescencias en la base de los aplanados: 20%

Se consideró una ponderación de 25% para las primeras dos lesiones, tomando como criterio, que a partir de la manifestación de estas lesiones, se pueden desarrollar otras patologías, mientras que para las lesiones de eflorescencias tanto en la base como en la parte alta de los aplanados se consideró un porcentaje más bajo que las dos primeras, ya que estas se manifiestan como resultado de otras lesiones, y para las criptoeflorescencias se consideró un porcentaje un poco más alto, ya que al manifestarse esta lesión el aplanado pierde integridad.

Ya que las unidades de medición no son iguales para las valoraciones de las cinco patologías mencionadas, se realizó la normalización de estas obteniendo un valor ponderado para cada valoración, el cual se calculó dividiendo la valoración obtenida por

cada aplanado en cada patología, entre el valor más pequeño de las cuatro valoraciones de la patología examinada. Lo anterior descrito se aprecia en la tabla 56.

Tabla 56 Normalización de unidades para evaluación definitiva, de valoraciones finales de patologías registradas en aplanados aplicados en MTR y MBC.

TIPO DE MURO Y APLANADO	Índice de fisuración	Valor ponderado	Presencia de humedad en la base de aplanados	Valor ponderado	Superficie de eflorescencias en la base de aplanados	Valor ponderado	Superficie de eflorescencias en parte alta de aplanados	Valor ponderado	Superficie de criptoeflorescencias en la base de aplanados	Valor ponderado
MTR 1-A-MCAL	106.70	1.48	0.54	6.75	88.00	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00
MTR 1-B-MCCA	311.50	4.33	0.43	5.38	802.00	10.28	0.00	0.00	0.00	0.00
MTR 2-A-MCPA	112.50	1.56	0.29	3.63	493.00	6.32	742.00	1.00	0.00	0.00
MTR 2-B-MCEM	72.00	1.00	0.08	1.00	78.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 1-A-MCEM	34.50	1.00	0.13	1.00	68.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 1-B-MCPA	114.70	3.32	0.52	4.00	0.00	0.00	1713.00	1.00	318.00	1.00
MBC 2-A-MCCA	431.90	12.52	0.42	3.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MBC 2-B-MCAL	73.10	2.12	0.57	4.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

En cuanto a la parte económica, también se obtuvo el valor ponderado para cada CDPA de cada aplanado, el cual se calculó dividiendo cada valor de CDPA, entre el más pequeño de los cuatro, tal como se indica en la tabla 57.

Tabla 57 Normalización de unidades para evaluación definitiva, de valores de CDPA de aplanados aplicados en MTR y MBC.

TIPO DE MURO Y APLANADO	CDPA	Valor de normalización
MTR 1-A-MCAL	72.86	1.00
MTR 1-B-MCCA	87.69	1.20
MTR 2-A-MCPA	76.68	1.05
MTR 2-B-MCEM	86.71	1.19
MBC 1-A-MCEM	86.71	1.19
MBC 1-B-MCPA	76.68	1.05
MBC 2-A-MCCA	87.69	1.20
MBC 2-B-MCAL	72.86	1.00

Finalmente en la tabla 58 se muestra la evaluación técnica-económica, de acuerdo con esta información los valores más bajos representan las mejores evaluaciones, en este sentido, se determinó que para las condiciones climáticas presentadas durante este trabajo, tanto en MTR como en MBC, el aplanado con MCEM fue el que presentó el mejor desempeño técnico, mientras que el aplanado con MCPA presentó la evaluación técnica más baja. Por su parte el aplanado con MCAL fue segundo mejor evaluado en este rubro y el aplanado con MCCA el tercero.

En cuanto a la evaluación económica, se determinó que en general para cualquiera de las dos superficies de soporte, el aplanado con MCAL resultó el mejor evaluado, seguido del aplanado con MCPA, mientras que el aplanado con MCEM fue el segundo con evaluación más baja, y el aplanado con MCCA, el más deficiente en esta categoría.

A este respecto, en ambos tipos de muretes la mejor evaluación técnica-económica, la obtuvo el aplanado con MCEM, mientras que el aplanado con MCAL obtuvo la segunda mejor evaluación, siendo el aplanado con MCPA presentó la tercera mejor evaluación integral y el aplanado con MCCA obtuvo la evaluación general más baja.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES



V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusión general

Los resultados asentados en esta tesis, acerca de la evaluación técnica-económica de los aplanados de mortero caracterizados, representan un importante conjunto de información a partir del cual se puede analizar la factibilidad del empleo de cada uno de estos en la industria de la construcción para el estado de Aguascalientes, de acuerdo a las especificaciones de un proyecto.

El análisis de la relación entre las condiciones ambientales y el desarrollo de patologías presentadas en los aplanados evaluados en este estudio, demuestra la capacidad de cada tipo de mortero para desempeñarse adecuadamente ante dichas condiciones. Sin embargo para obtener resultados de mayor precisión, se pueden agregar o disminuir variables a la campaña experimental, tales como el empleo de distintas dosificaciones para elaboración de mortero o el empleo de distintos agregados, entre otras.

Desde la perspectiva de este estudio, se puede manifestar que de los cuatro morteros empleados, solo el mortero a base de cal y el mortero a base de cemento obtuvieron una evaluación técnica-económica aprobatoria, ya que en ambos su desempeño técnico resultó óptimo con lesiones de magnitudes poco considerables comparándolas con las de los morteros a base de cemento para albañilería y el mortero mixto de cemento con cal,, mientras que en el rubro económico, el mortero de cal fue el mejor evaluado y el mortero de cemento a pesar de ser el tercero menos costoso, obtuvo la mejor evaluación integral, ya que en la ponderación final se antepuso la calidad frente al costo.

5.2 Conclusión particulares

- I. Las metodologías propuestas y empleadas en esta tesis para el registro y valoración de las patologías presentadas en los aplanados, resultaron un instrumento efectivo para la evaluación técnica de estos. A partir de dichas

metodologías se pudo registrar con precisión la progresión de las patologías expuestas y realizar una valoración cuantitativa uniforme.

- II. De acuerdo con la evaluación técnica de los cuatro aplanados aplicados en ambas superficies de soporte, se determinó que los aplanados con MCEM, MCPA y MCCA presentaron mejor desempeño técnico en MTR que en MBC, mientras que el aplanado con MCAL ocurrió lo contrario aunque con una mínima diferencia, por lo tanto se puede afirmar que de las dos mamposterías empleadas, la de tabique rojo recocido presentó mejores cualidades para el desempeño técnico de dichos aplanados ante las condiciones ambientales presentadas durante el estudio,
- III. Se determinó que la exposición a temperaturas con variaciones considerables, incrementó la tendencia a la fisuración, mientras que un clima templado con presencia de lluvias constantes contrarrestaron el desarrollo de estas lesiones. Por otra parte, se definió que los morteros con alta porosidad favorecieron la traspasación de la humedad y el desarrollo de eflorescencias.
- IV. Se destaca que los aplanados con mortero a base de cal, presentaron la segunda mejor evaluación técnica-económica. Se enfatiza esto ya que de los cuatro aplanados caracterizados este es el menos ordinario, de acuerdo con la investigación realizada y las entrevistas efectuadas.
- V. Los aplanados con mortero a base de cemento y cal caracterizados en este estudio, registraron el desempeño técnico y técnico-económico más bajo, sin embargo se considera que los morteros mixtos cuentan con características mecánicas importantes, ya que la combinación de estos dos cementantes genera morteros resistentes de mediana densidad pero elásticos a su vez. Por lo tanto, con estas características se puede neutralizar la manifestación de fisuras. No obstante se requieren realizar pruebas con diferentes dosificaciones para determinar la de mejor desempeño técnico.

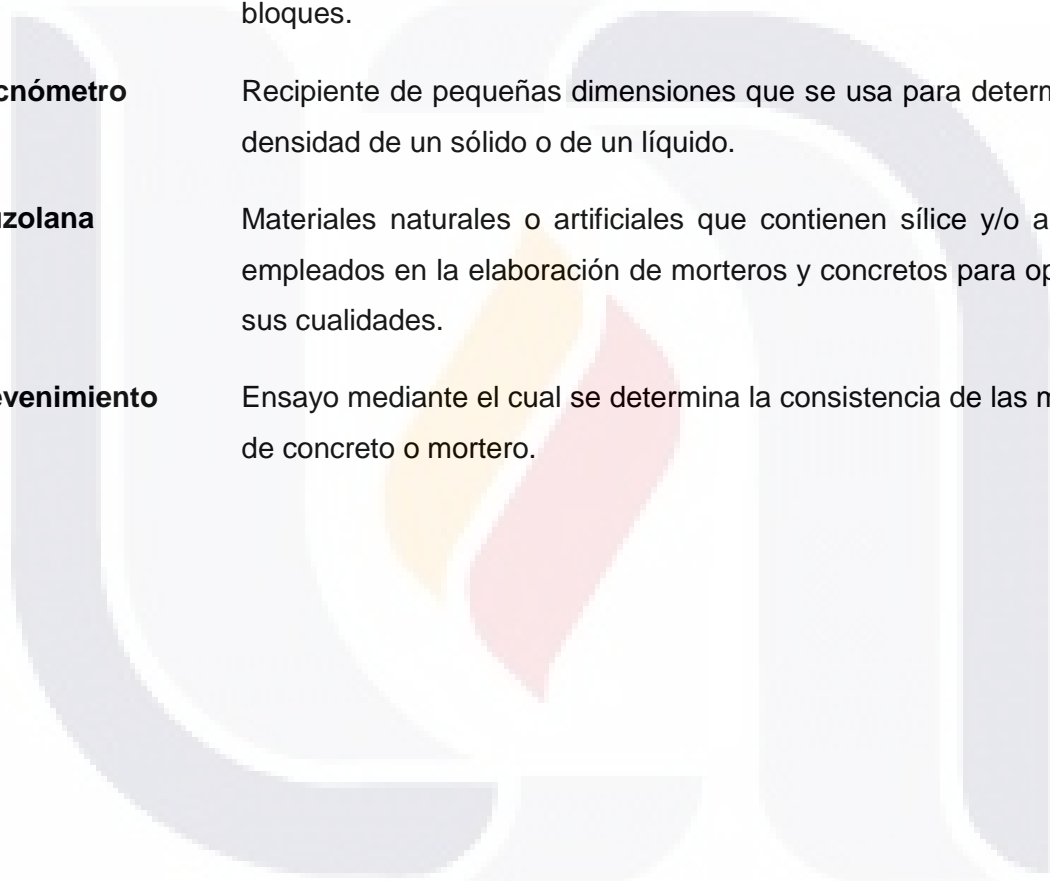
5.3 Nichos de investigación

- I. Se propone la caracterización de morteros con distintas dosificaciones a las empleadas en este estudio, así como el empleo de arena de diferentes bancos, para realizar la comparación de la patologías presentadas en aplanados de la misma base química pero con diferentes proporciones y agregados.
- II. Para reproducir auténticamente las condiciones de una edificación sería de gran aportación el anclaje de los muretes al terreno mediante cimentaciones para analizar la presencia de humedad por capilaridad en contacto con el terreno natural.
- III. Resultaría importante incrementar los periodos de registro de patologías con el fin de determinar la relación de la progresión de patologías con tiempos prolongados de registro.
- IV. Se propone el uso de aditivos orgánicos en la elaboración de morteros para aplanados con la finalidad de comparar su desempeño técnico frente a los aplanados convencionales.

GLOSARIO

Agregado (arena)	Son materiales de naturaleza pétreo, que pueden proceder de minas, de bancos de extracción, de la trituración de elementos de concreto o también resultantes de un proceso industrial que al ser mezclados con cementantes, permiten la elaboración de morteros.
Caliza	Roca sedimentaria formada principalmente por carbonato de calcio y que se caracteriza por presentar efervescencia por acción de los ácidos diluidos en frío.
Cementante	Cualquier producto que tenga la capacidad de unir piezas entre sí mismas.
Clinker	Es el principal componente del cemento Portland. Es el producto resultante de la calcinación de piedras calizas y arcillosas durante el proceso de fabricación del cemento.
Composta	Es el producto que se obtiene de los compuestos que forman o formaron parte de seres vivos en un conjunto de origen animal y vegetal, constituye un grado medio de descomposición.
Compresión	El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable.
Concreto	Es un material compuesto por cemento, agregados, agua y aditivos como ingredientes principales.
Curado	El control de la humedad de acuerdo a la temperatura presente, durante un periodo de tiempo determinado para que el concreto adquiera la resistencia proyectada.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
Desplante	Superficie sobre la cual se asienta una construcción o estructura.

Fraguado	Lapso de tiempo necesario para que una mezcla de concreto o mortero pase del estado fluido al sólido.
Hidraulicidad	Relación en peso del silicato, aluminatos y oxido de cal de magnesio.
Higrotérmico	Relativo a las condiciones de temperatura y humedad relativa que prevalecen en el ambiente.
Mampostería	Sistema de construcción que consiste en levantar muros a base de bloques.
Picnómetro	Recipiente de pequeñas dimensiones que se usa para determinar la densidad de un sólido o de un líquido.
Puzolana	Materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina, empleados en la elaboración de morteros y concretos para optimizar sus cualidades.
Revenimiento	Ensayo mediante el cual se determina la consistencia de las mezclas de concreto o mortero.



BIBLIOGRAFÍA

- AFAM. (2006). *Morteros de revestimiento*. Madrid: Asociación nacional de Fabricantes de Mortero.
- Alvarez Cabrera, J. (2005). Caracterización de morteros para revestimiento con polvo de piedra. *Revista de la Construcción*, 4(2), 30-37.
- Álvarez Galindo, J. I., Martín Pérez, A., & García Casado, P. J. (1995). Historia de los morteros. *Revista ph*, 52-59.
- ANCADE. (1998). *Guia Práctica de la Cal y el Estuco*. León, España: Editorial de los oficios.
- BARBERÀ, X. M. (2006). *ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN DE MORTEROS COMPUESTOS, PARA SU APLICACIÓN EN INTERVENCIONES DE SELLADOS, REPOSICIONES Y RÉPLICAS, DE ELEMENTOS PÉTREOS ESCULTÓRICO-ORNAMENTALES*. Tesis doctoral, Universidad de Valencia, Valencia.
- Bedolla Arroyo, J. A., Alonso Guzmán, E. M., Martínez Molina, W., & Le Borgne Le Gall, S. (Julio de 2009). Aditivos orgánicos en morteros de cal apagada en la edificación histórica. *Ciencia Nicolaita*(51), 153-156.
- Broto Comerma, C. (2006). *ENCICLOPEDIA BROTO DE PATOLOGIAS DE LA CONSTRUCCIÓN*. Barcelona: Structure.
- Cedeño Valdiviezo, A. (2011). Aglomerantes, morteros y aplanados adecuados para proteger el medioambiente. *Revista de Arquitectura*, 106-117.
- CEMEX. (20 de Noviembre de 2015). <http://www.cemexmexico.com>. Obtenido de <http://www.cemexmexico.com/Cemento/CementoMortero.aspx>
- CONAVI. (2010). <http://www.conavi.gob.mx/>. Recuperado el 6 de Enero de 2016, de <http://www.conavi.gob.mx/>.
- CYPE Ingenieros. (05 de Enero de 2016). <http://www.generadordeprecios.info>. Obtenido de http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Revestimientos/Conglomerados_tradicionales/Enfoscados/RPE012_Enfoscado_de_cemento_para_base_de_a.html
- Gobierno del Estado de Aguascalientes. (2016). <http://www.aguascalientes.gob.mx>. Recuperado el 12 de Enero de 2016, de <http://www.aguascalientes.gob.mx>: <http://www.aguascalientes.gob.mx/estado/Ubica.aspx>
- GOOGLE. (5 de Enero de 2016). <https://www.google.com.mx>. Obtenido de <https://www.google.com.mx/maps/@21.9145247,-102.3181044,310m/data=!3m1!1e3>

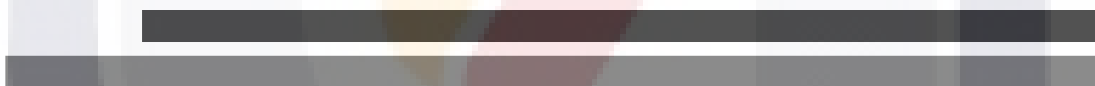
- Hernandez Jaén , U. (2011). Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de CBCA como árido en aplanados en muros. *Tesis*. Xalapa, Veracruz, Mexico.
- Herramientas, M. y. (5 de Enero de 2016). <http://www.demaquinasyherramientas.com>. Obtenido de <http://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2013/09/Tipos-de-fratas.jpg>
- INEGI. (2010). <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>. Recuperado el 8 de Febrero de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>:
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mviv35&s=est&c=26562>
- INEGI. (2016). <http://www.cuentame.inegi.org.mx>. Recuperado el 01 de Febrero de 2016, de <http://www.cuentame.inegi.org.mx>:
<http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ags/territorio/clima.aspx?tema=me&e=01>
- INIFAP. (3 de Septiembre de 2015). <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/>. Obtenido de <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/historicos.aspx?est=13476&edo=1&d=9&m=5&an=2016>
- Malinowski, R. (1982). Ancient mortars and concretes: Aspects of their durability. *Histoire of technology*, 7, 89-101.
- Martínez, W., Alonso, E. M., Rubio, J. C., & Bedolla, J. A. (2008). Comportamiento Mecánico de Morteros de Cal Apagada Artesanalmente, Adicionados con Mucílago de Cactácea y Ceniza Volcánica, para su uso en Restauración y Conservación de Monumentos Coloniales. *Revista de la Construcción*, 7(2), 93-101.
- Palacios , E. (5 de Enero de 2016). <http://constacabados.blogspot.mx>. Obtenido de <http://constacabados.blogspot.mx/2010/09/aplanados-y-emoquillados.html>
- Prado Govea , R., Cereceda, M., Spairani Berrio , Y., & Huesca Tortosa, J. (2009). Estudio y Restauración de Morteros para la Restauración Arquitectónica. *X Congreso Latinoamericano de Patología y XII Congreso de Calidad en la Construcción*, (pág. 9). Valparaíso, Chile.
- Sanchez Corral, J. (2012). <http://www.jsa.com.mx/>. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.jsa.com.mx/>:
http://www.jsa.com.mx/documentos/publicaciones_jsa/libro%20vivienda%20social.pdf
- Sickels, L. B. (1981). *Organics vs. synthetics: their use as aditives in mortars. Mortars, cements and grouts used in the conservation of historic buildings*.
- Villaseñor Alonso, I., & Barba Pigarrón, L. (Septiembre-Diciembre de 2012). Los orígenes tecnológicos de la cal. (I. N. Historia, Ed.) *Cuicuilco*(55).

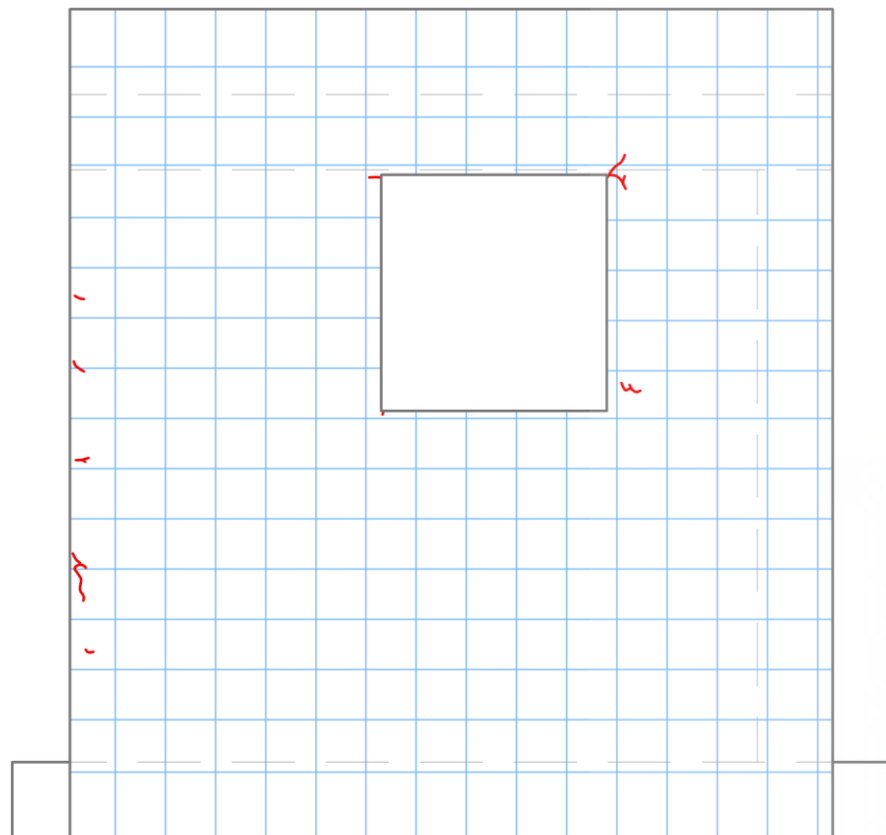
Wright Carr, D. C. (1997). Los acabados de los monumentos novohispanos y la petrofilia al final del siglo XX. En U. Instituto de Investigaciones estéticas (Ed.), *La abolición del arte, XXI Coloquio Internacional de la Historia del Arte*, (págs. 143-180). Oaxaca. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de <http://www.paginasprodigy.com/dcwright/acabados.htm>



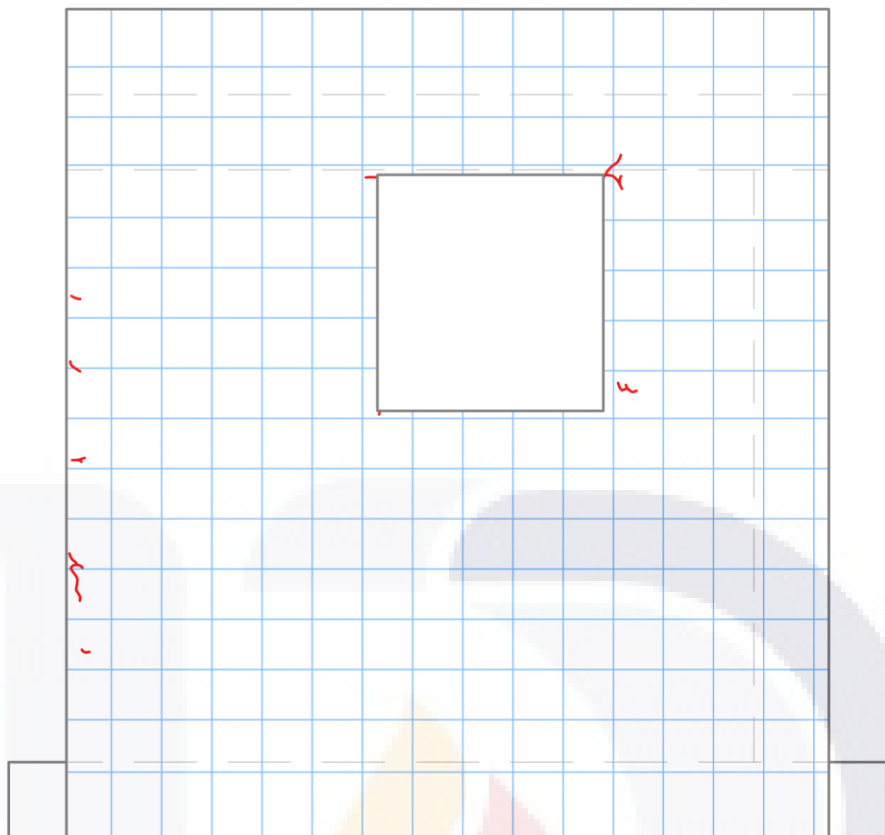


ANEXO A
MODELOS DE MURETES
CON REGISTRO DE FISURACIÓN

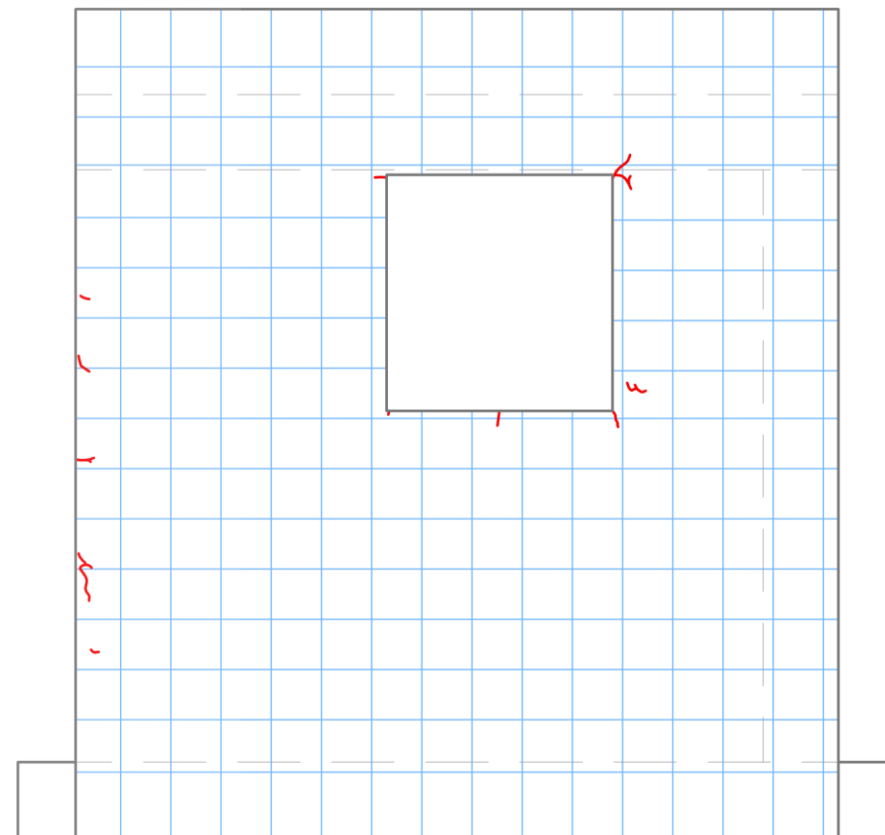




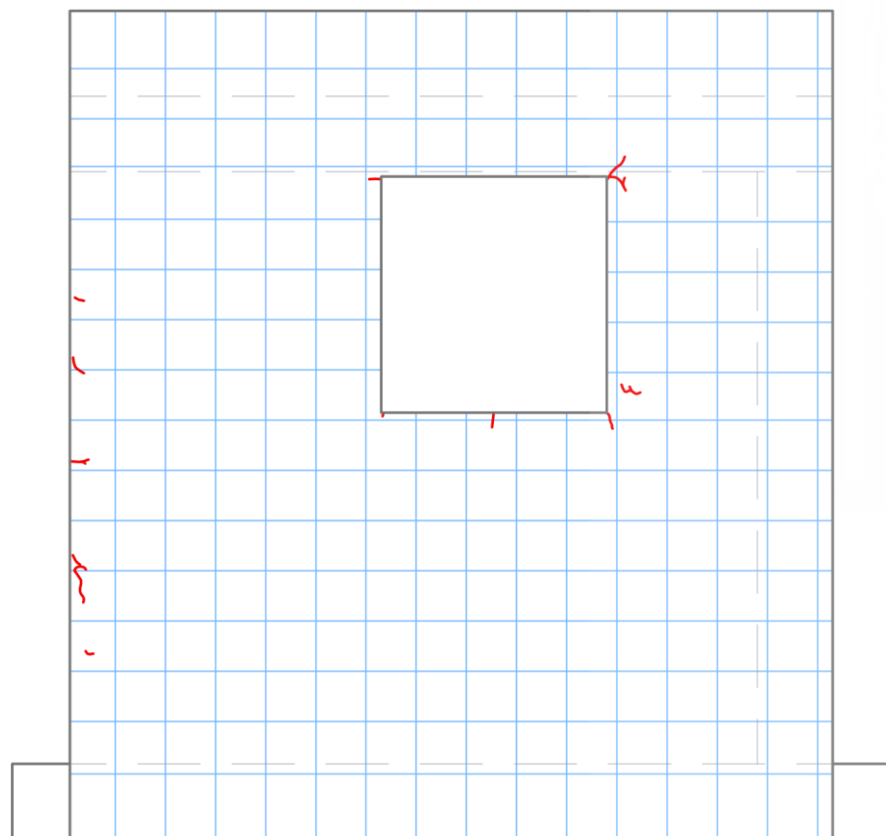
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 1
ESC. 1:15



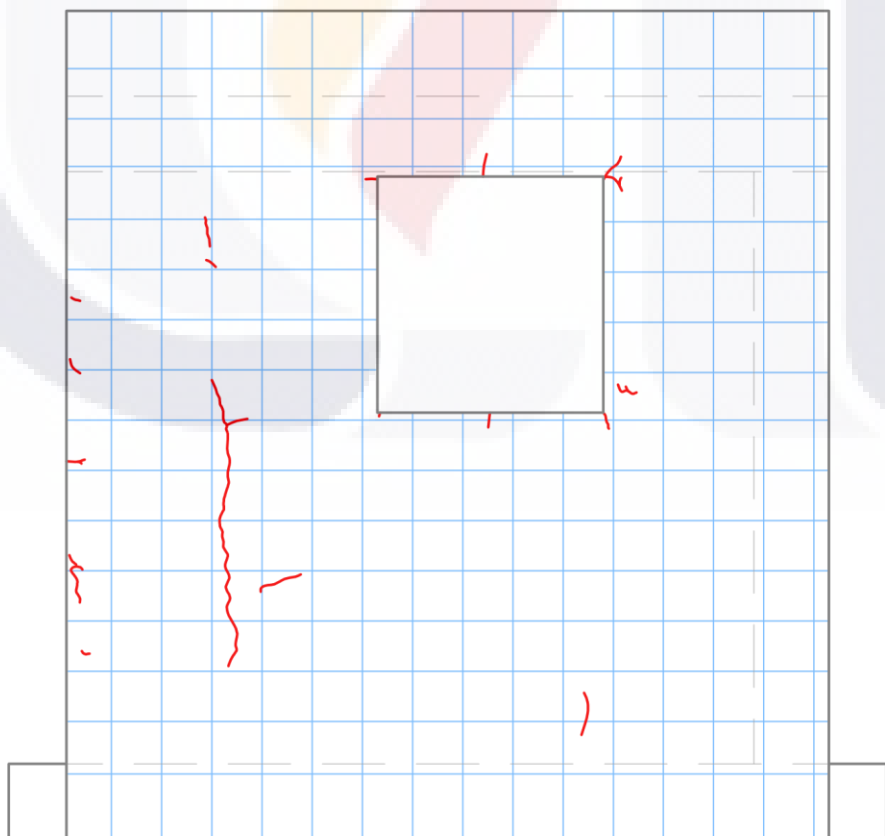
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 2
ESC. 1:15



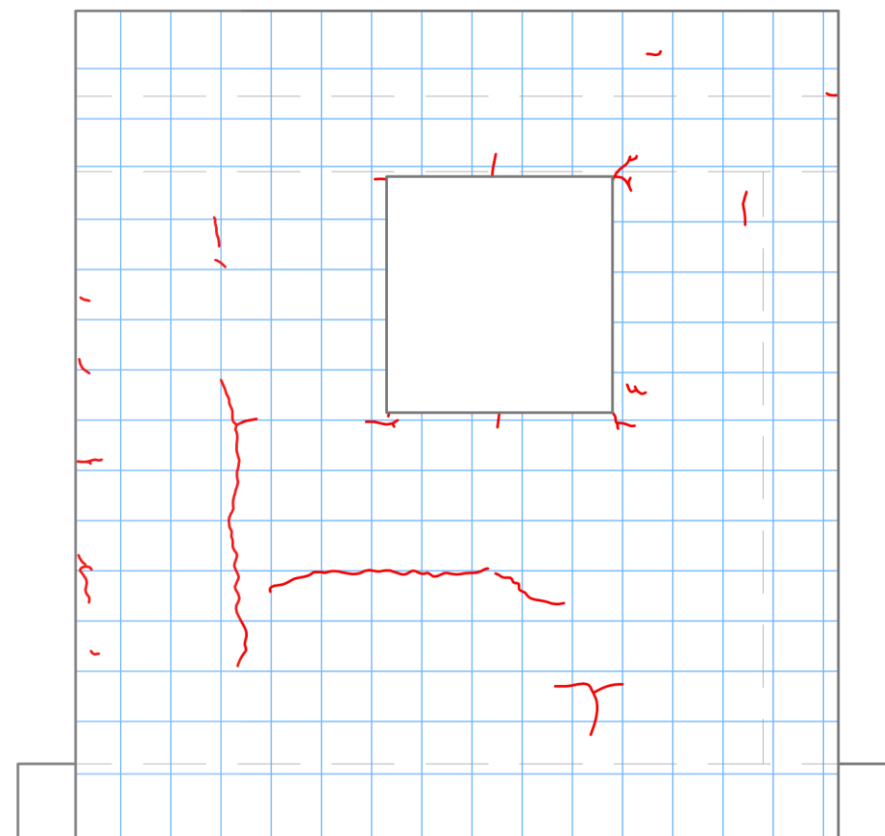
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 3
ESC. 1:15



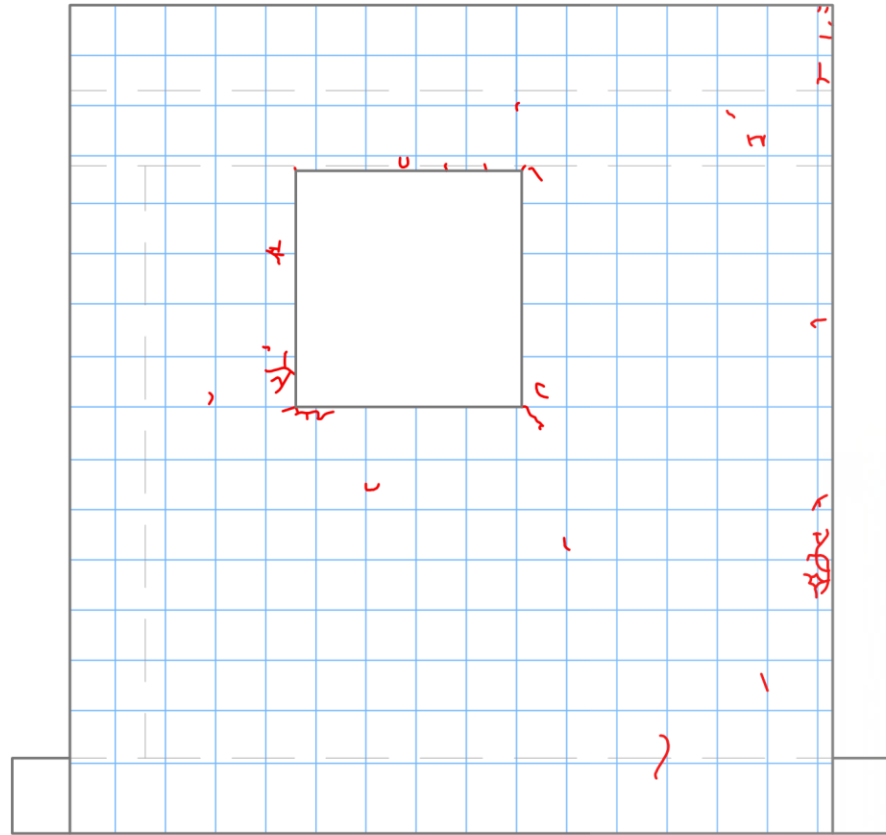
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 4
ESC. 1:15



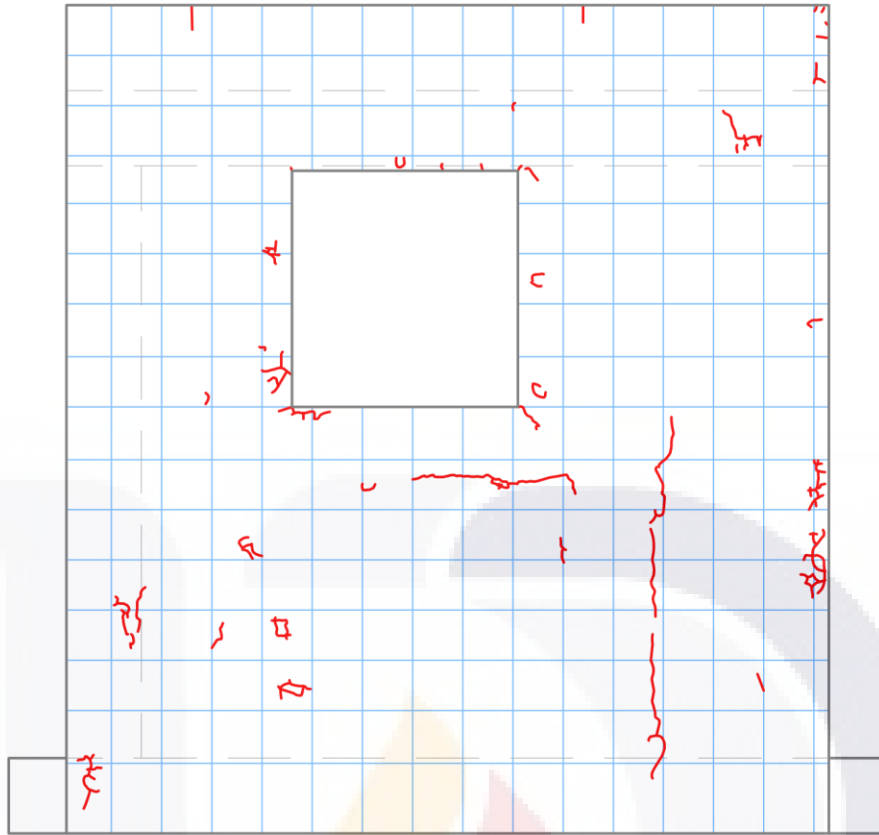
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 5
ESC. 1:15



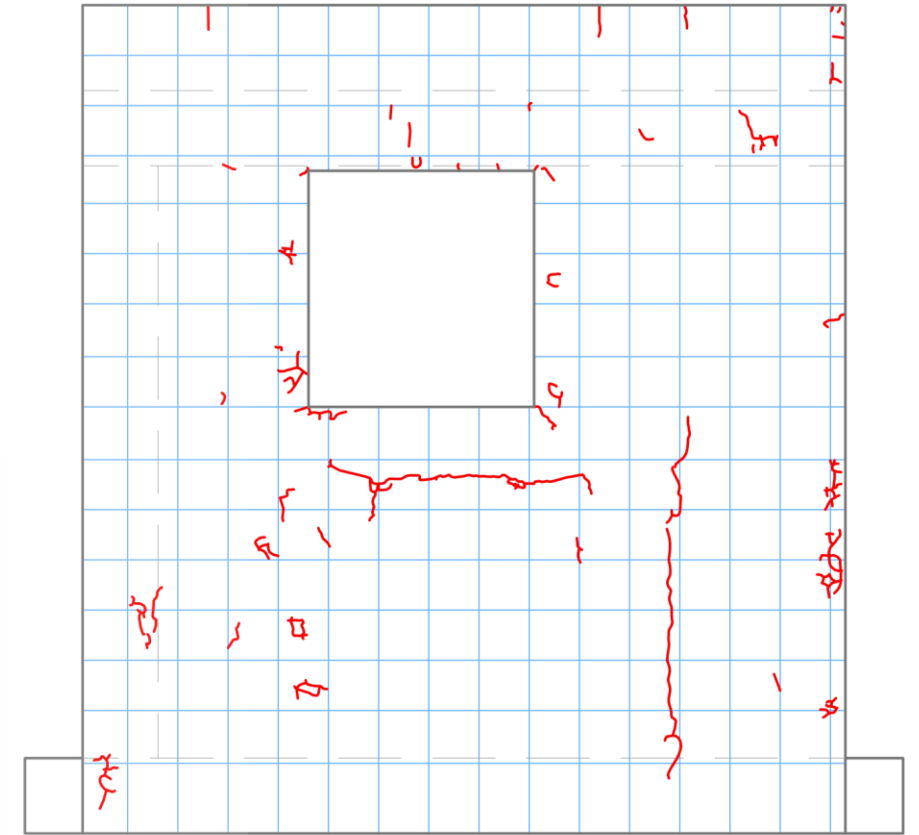
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 6
ESC. 1:15



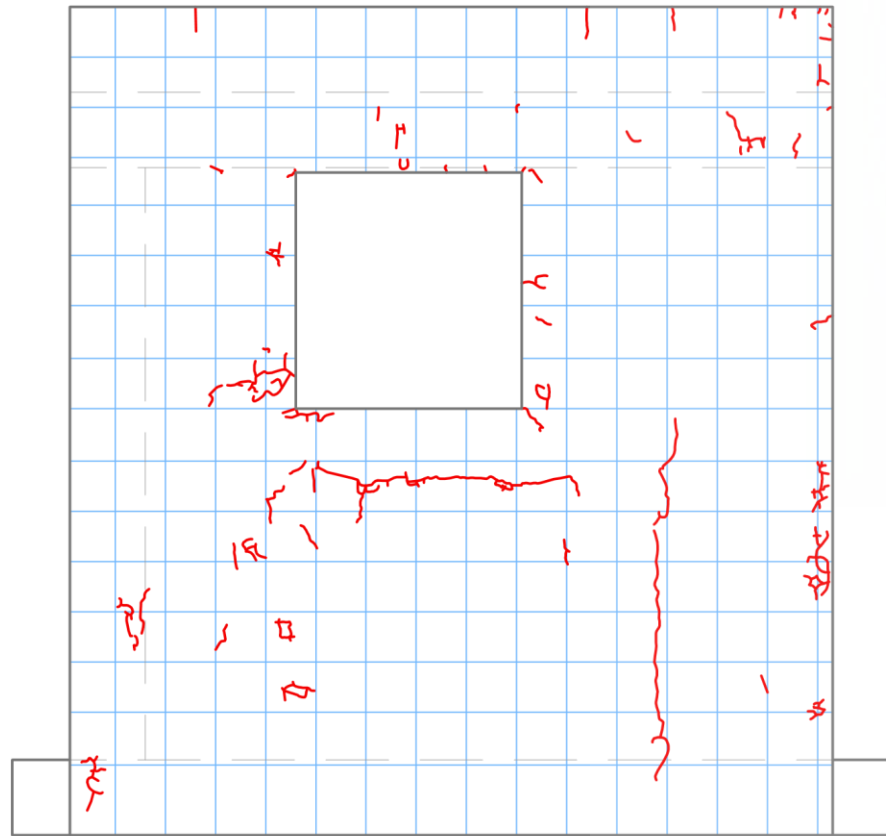
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 1
ESC. 1:15



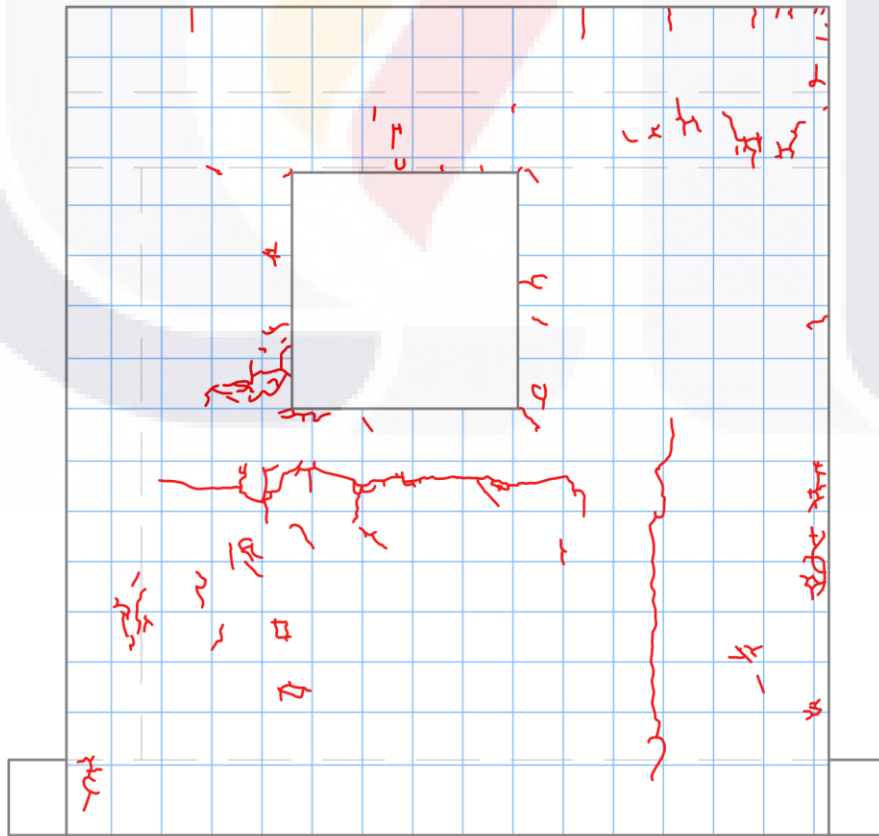
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 2
ESC. 1:15



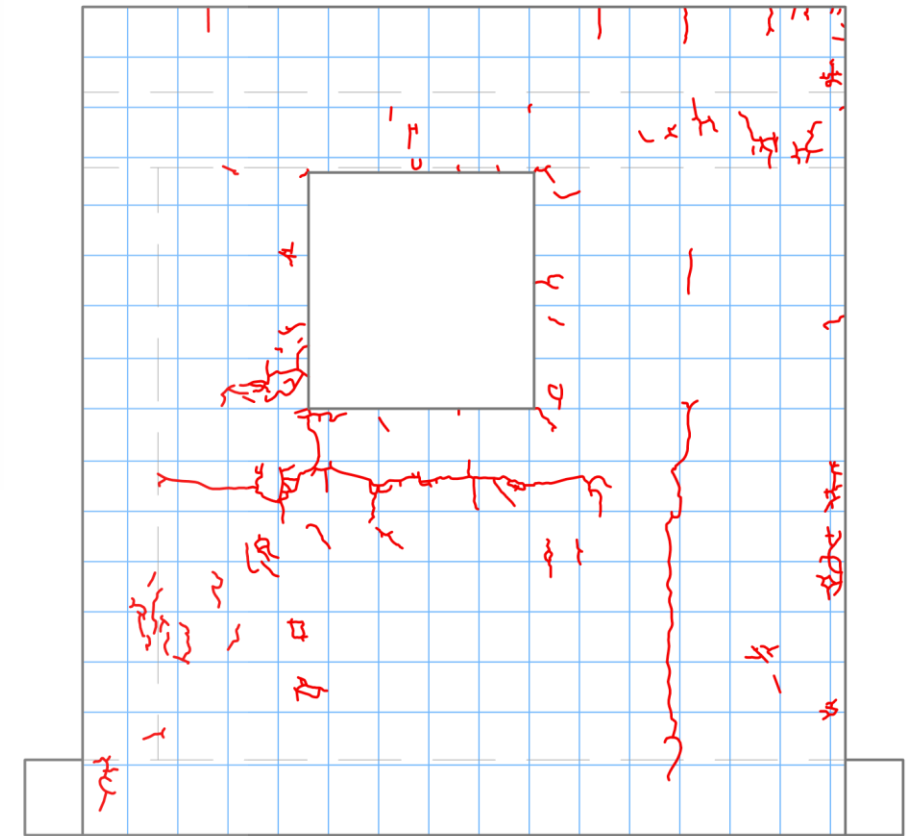
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 3
ESC. 1:15



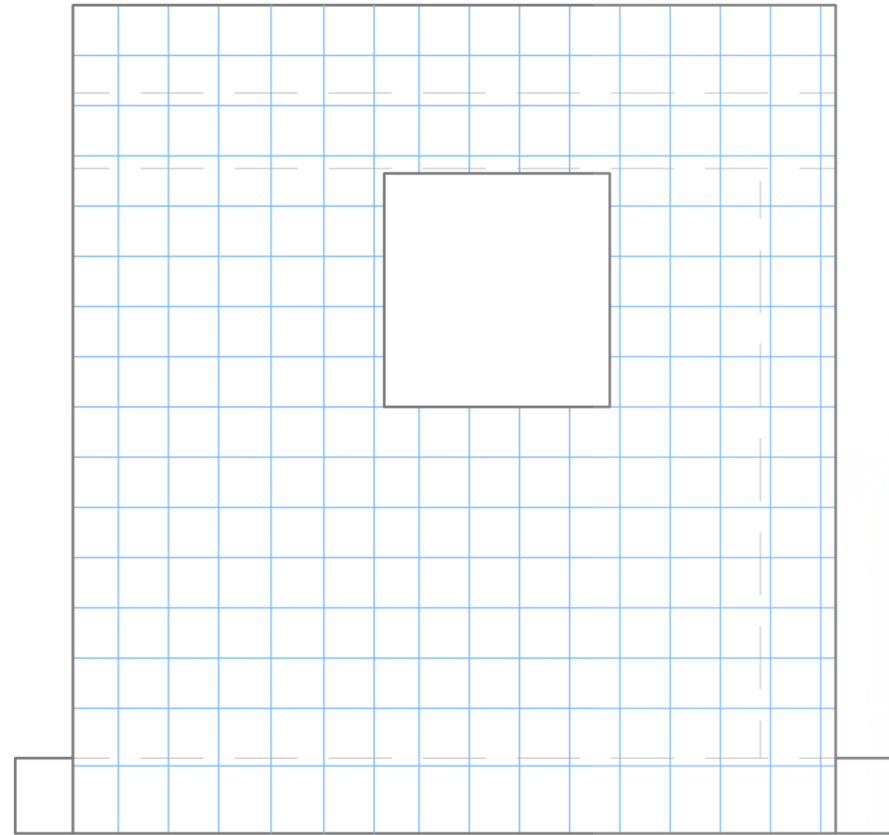
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 4
ESC. 1:15



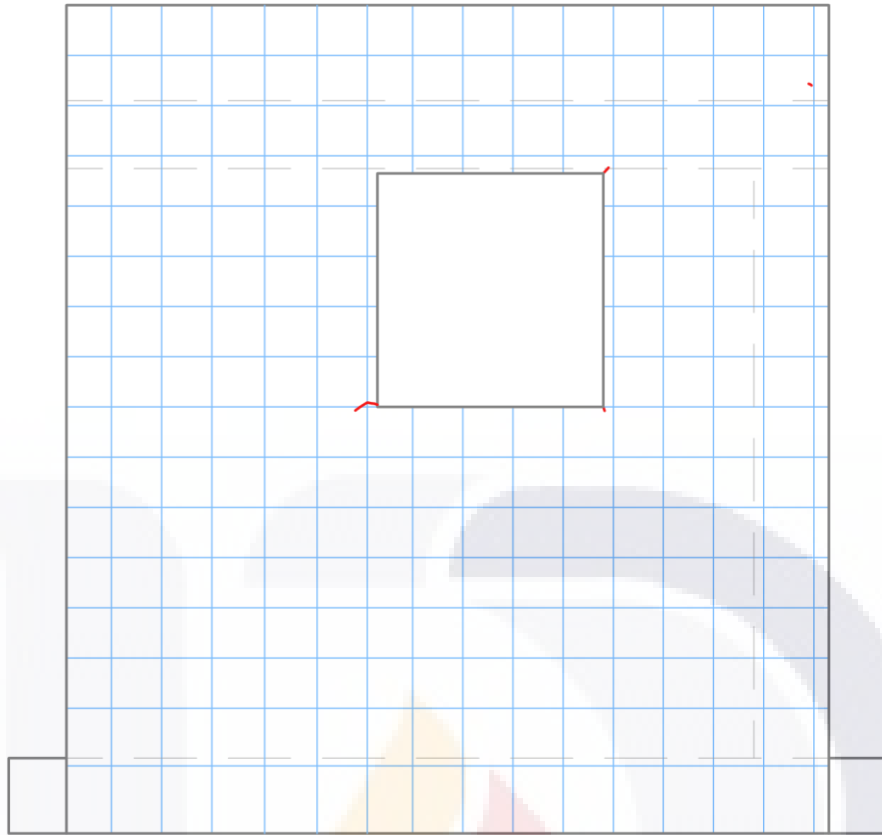
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 5
ESC. 1:15



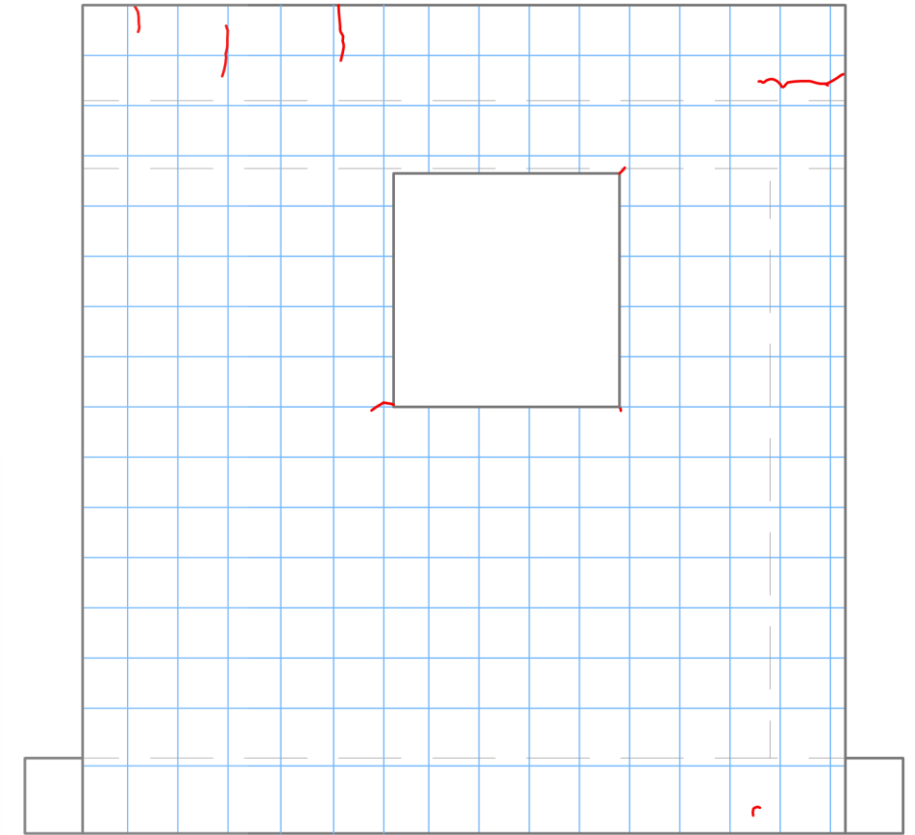
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 6
ESC. 1:15



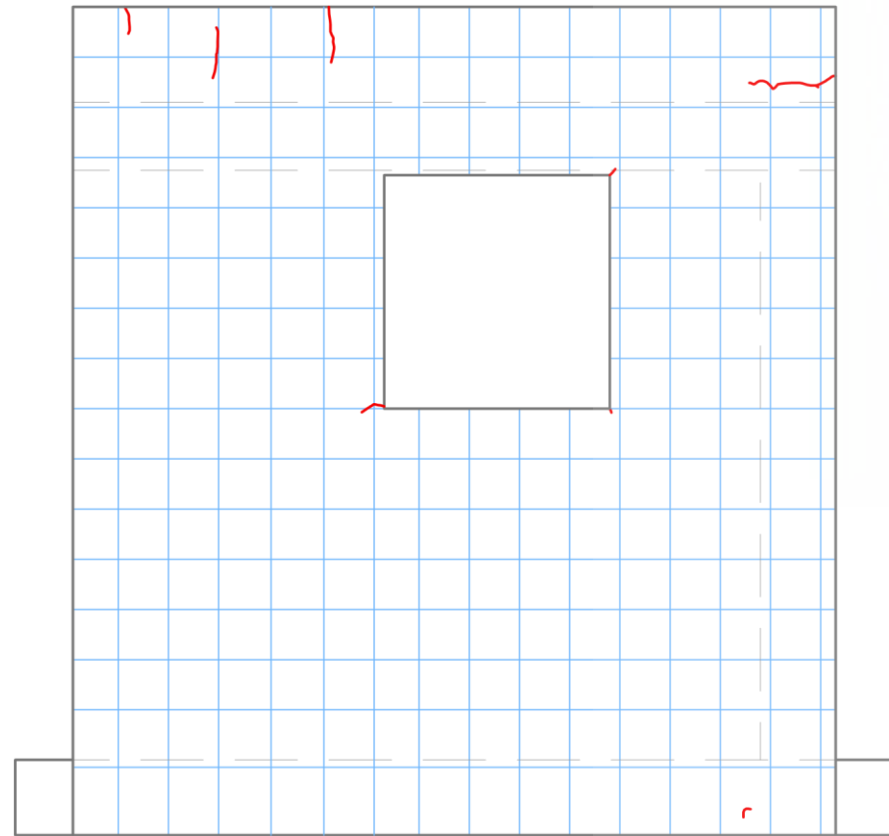
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 1
ESC. 1:15



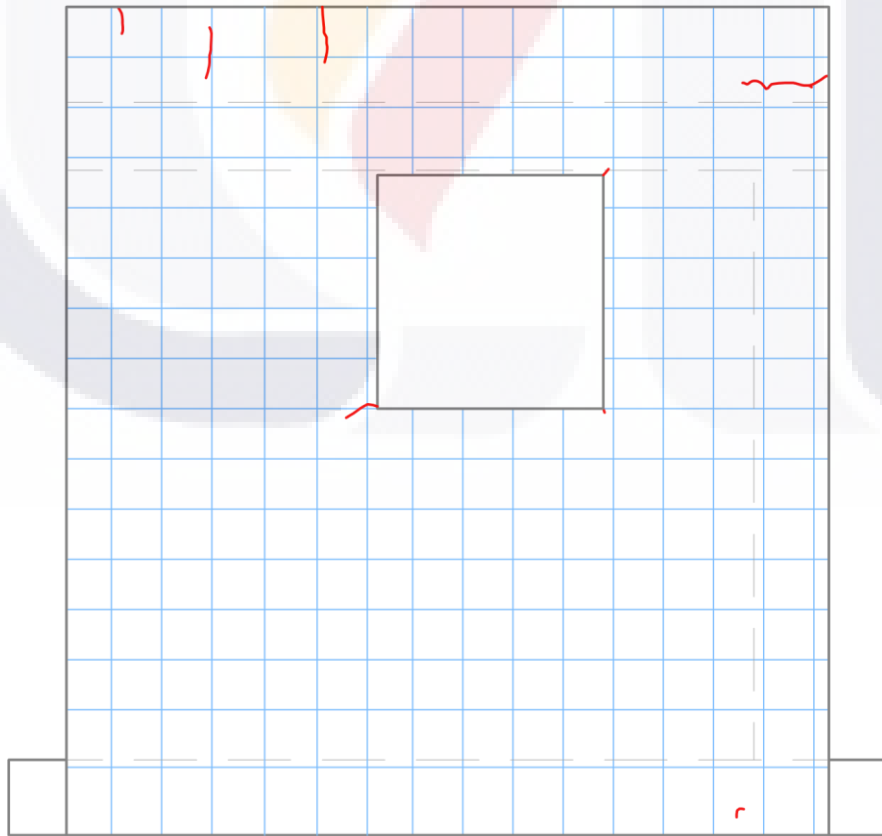
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 2
ESC. 1:15



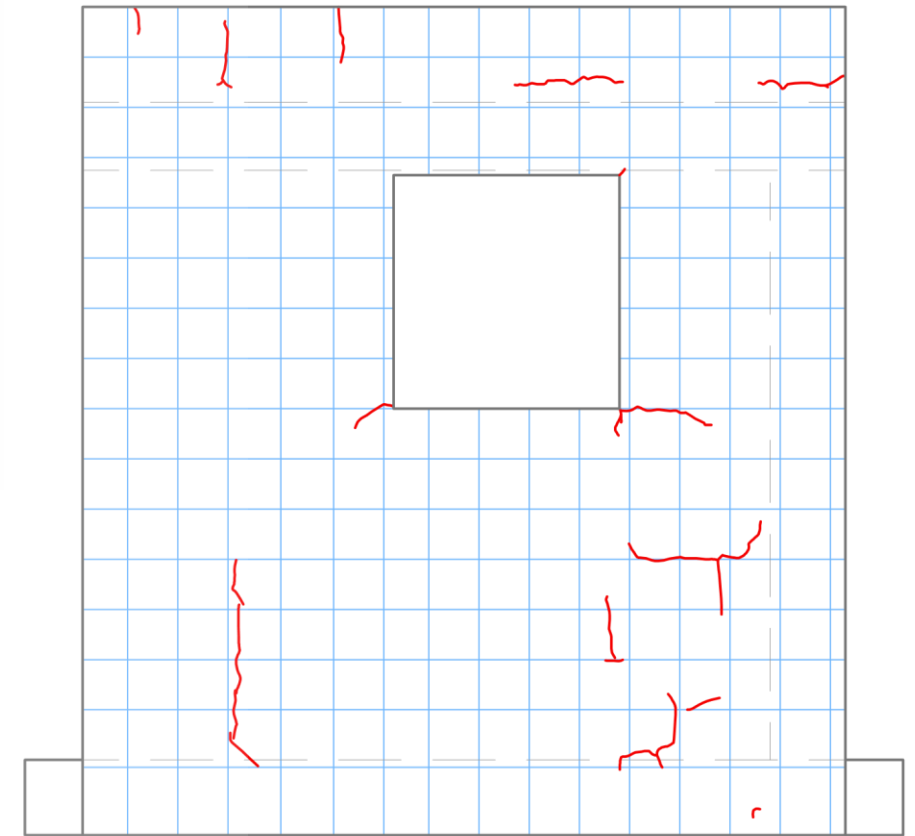
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 3
ESC. 1:15



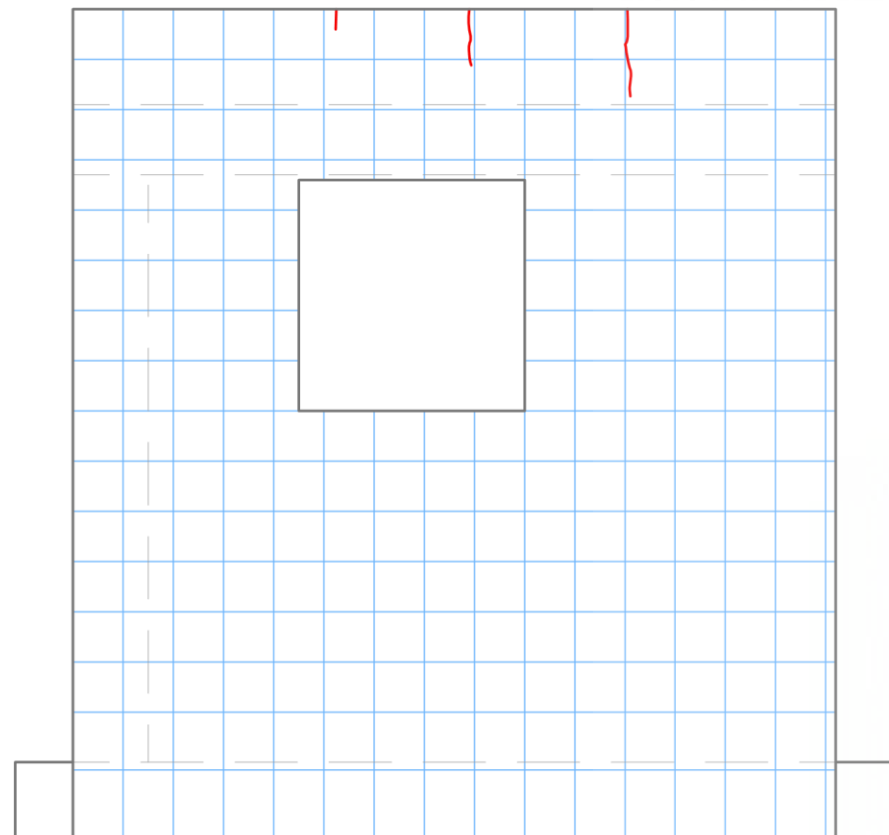
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 4
ESC. 1:15



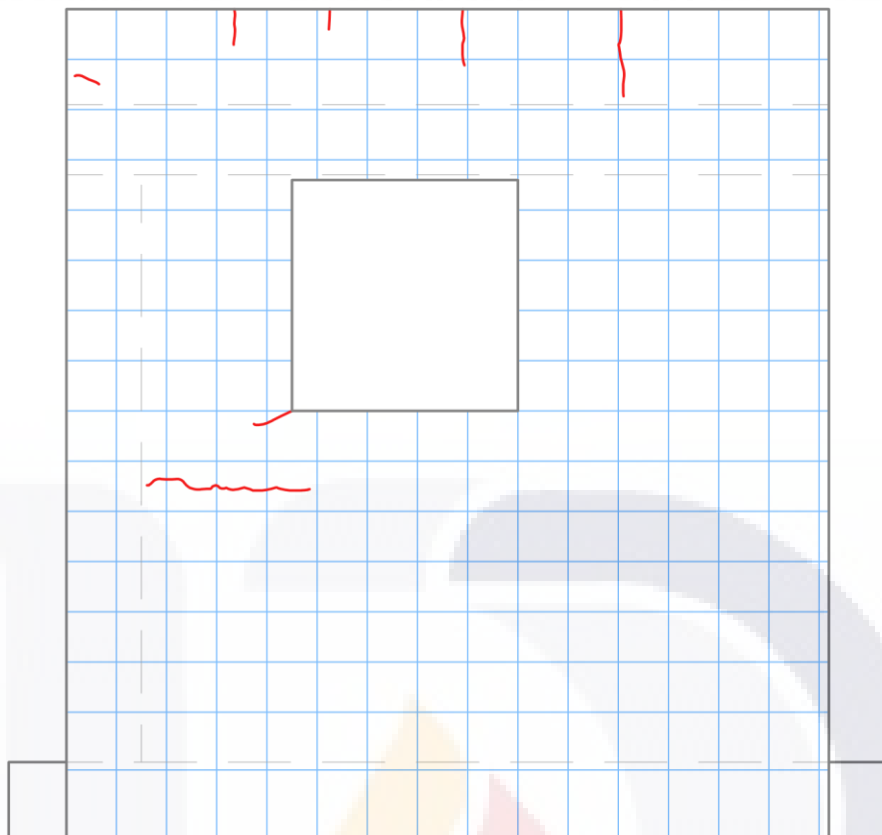
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 5
ESC. 1:15



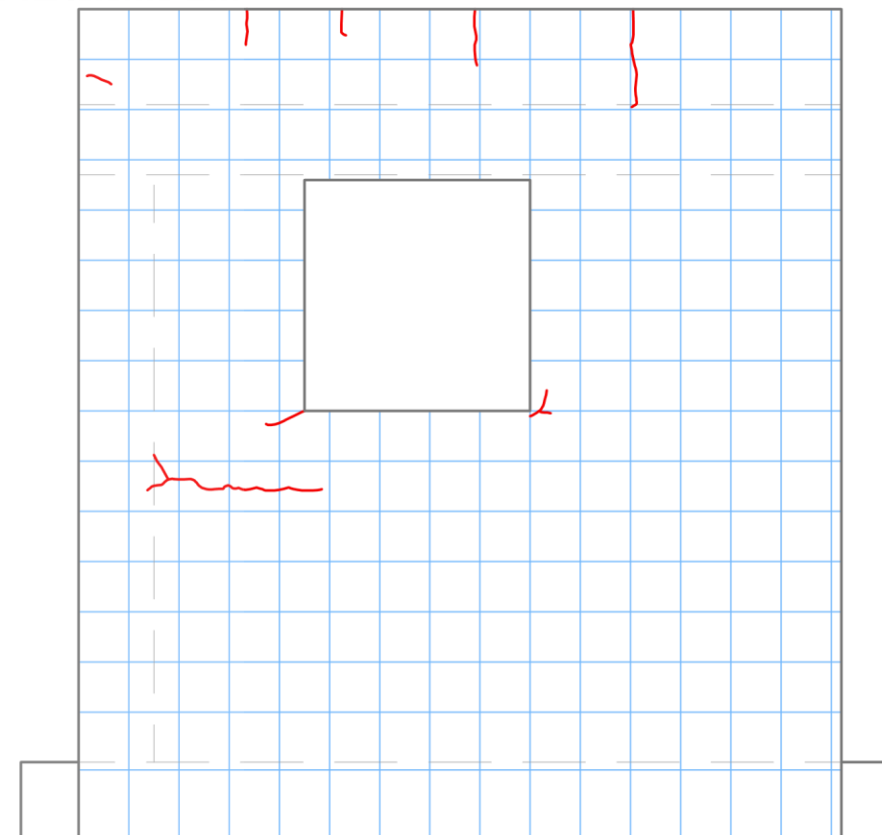
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 6
ESC. 1:15



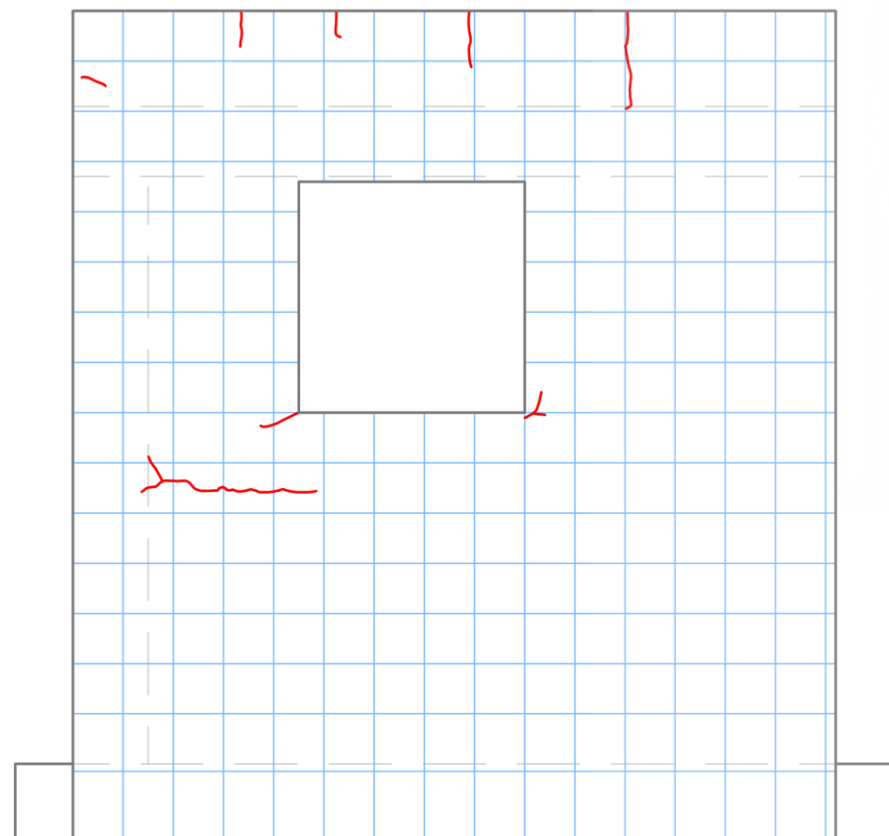
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 1
ESC. 1:15



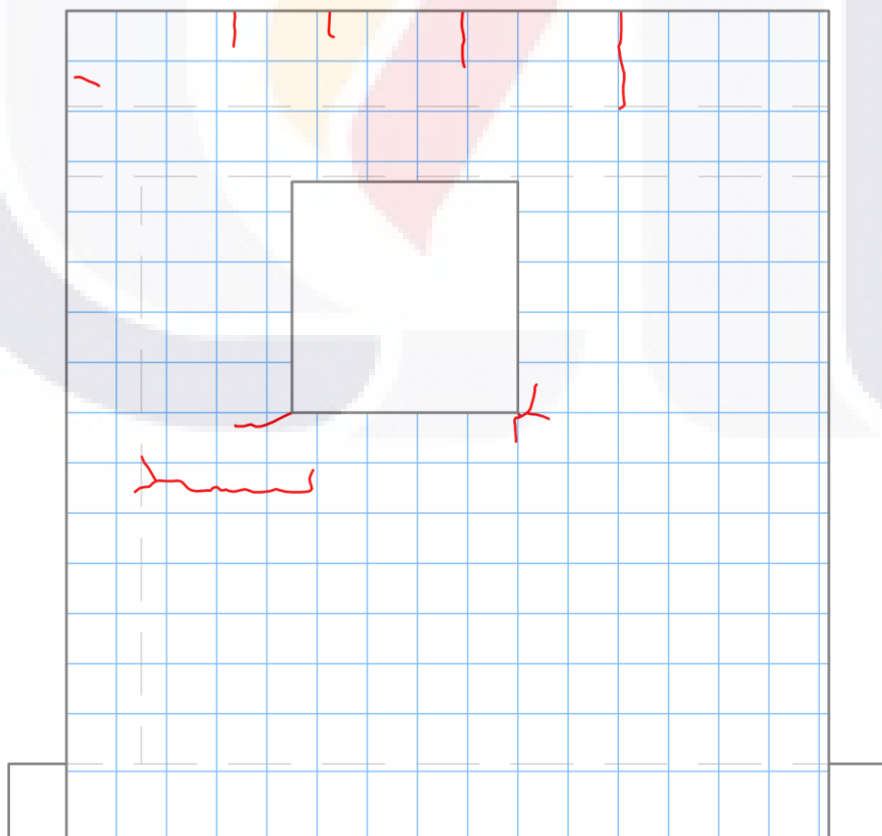
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 2
ESC. 1:15



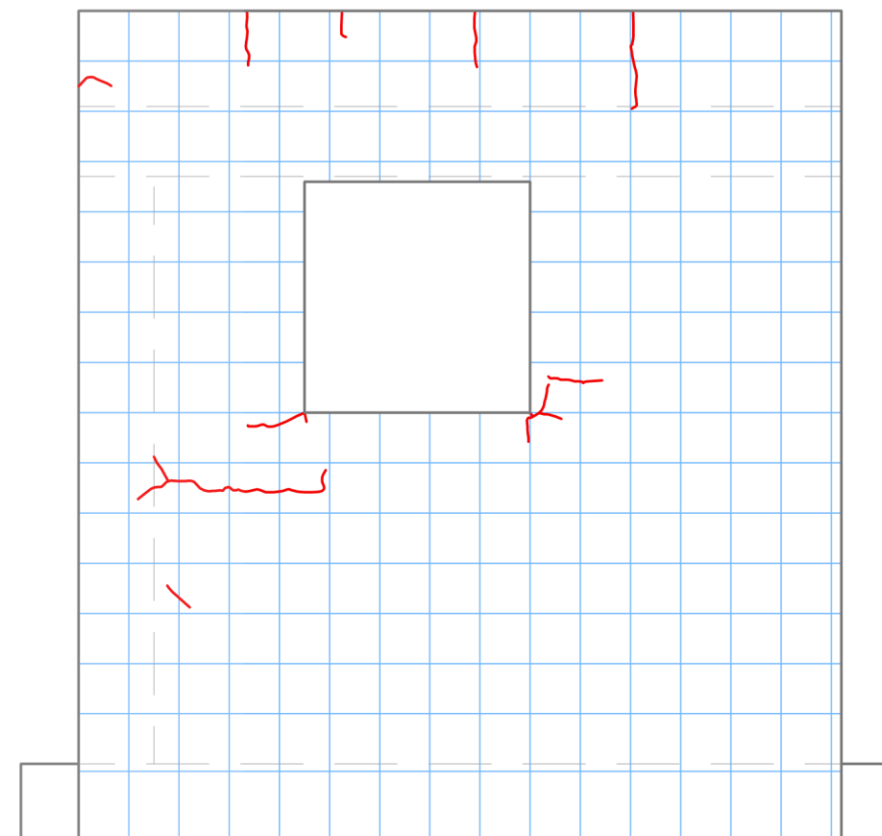
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 3
ESC. 1:15



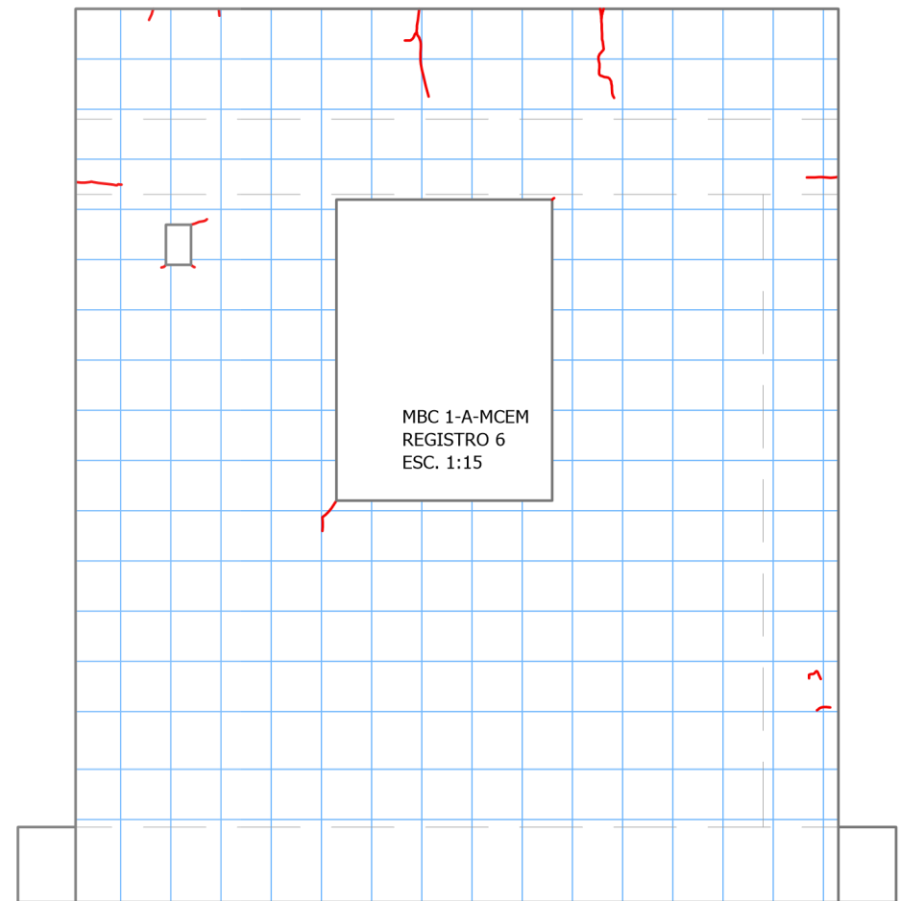
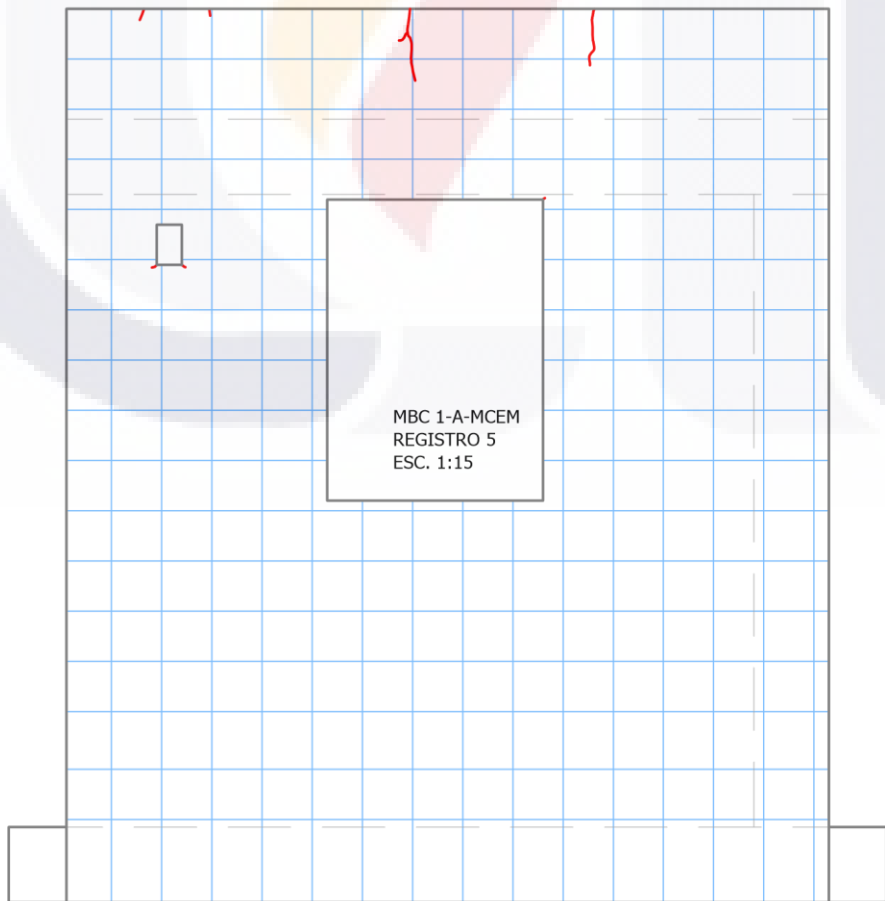
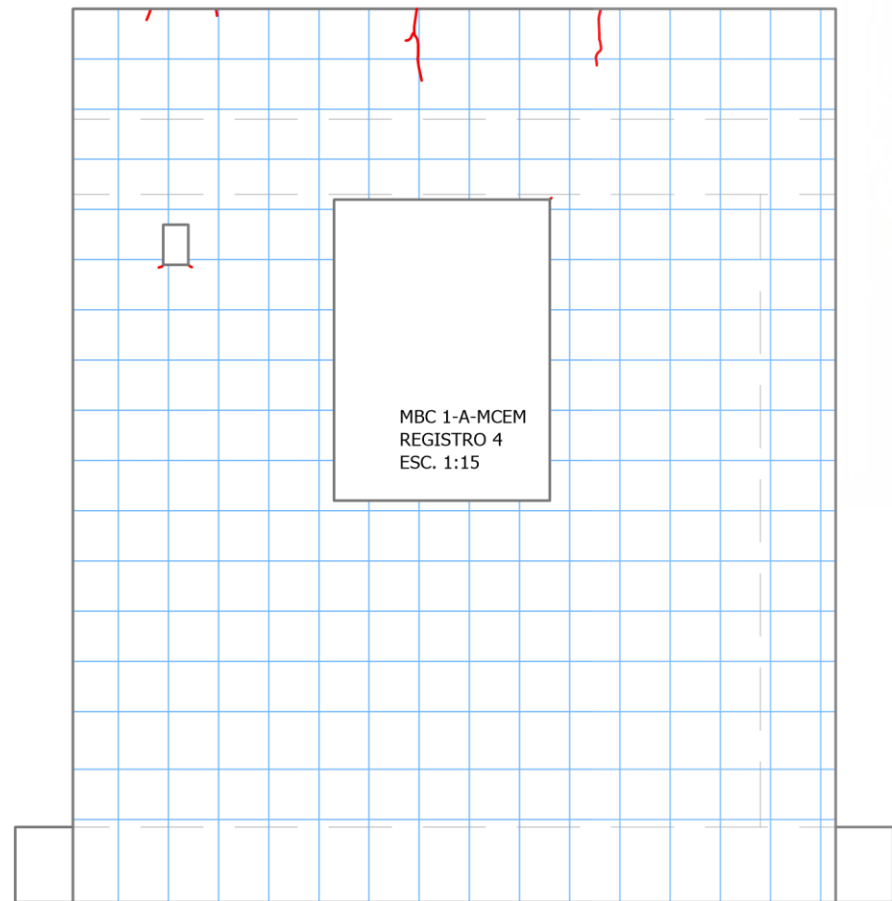
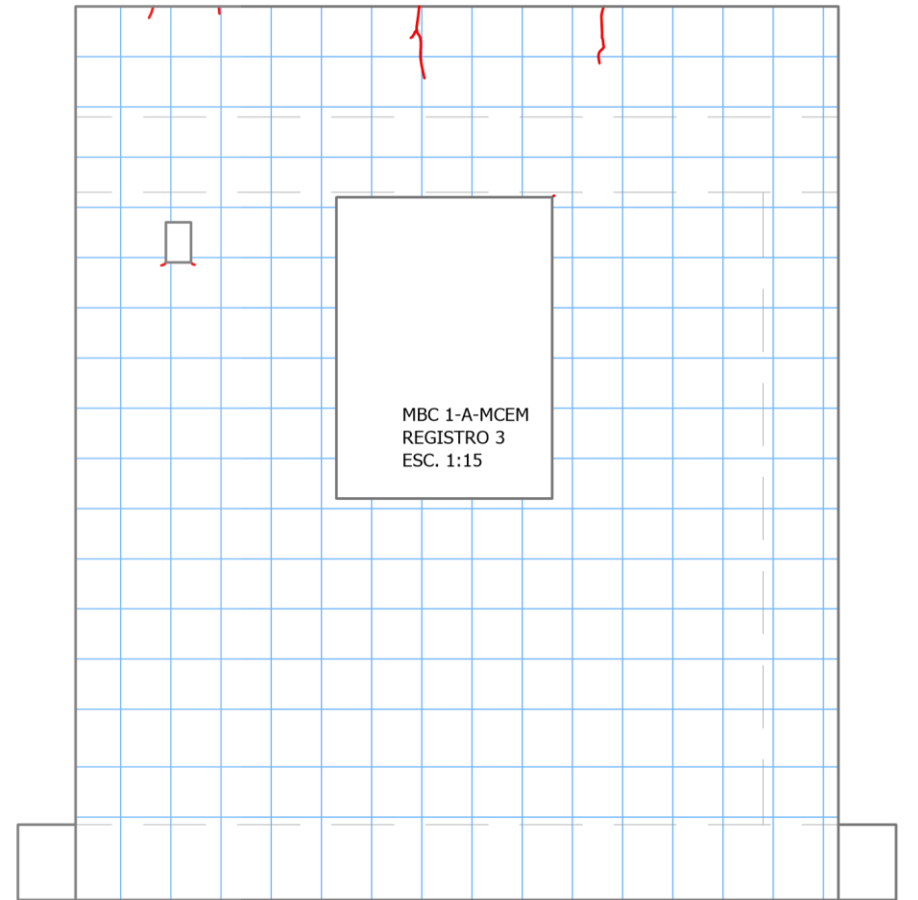
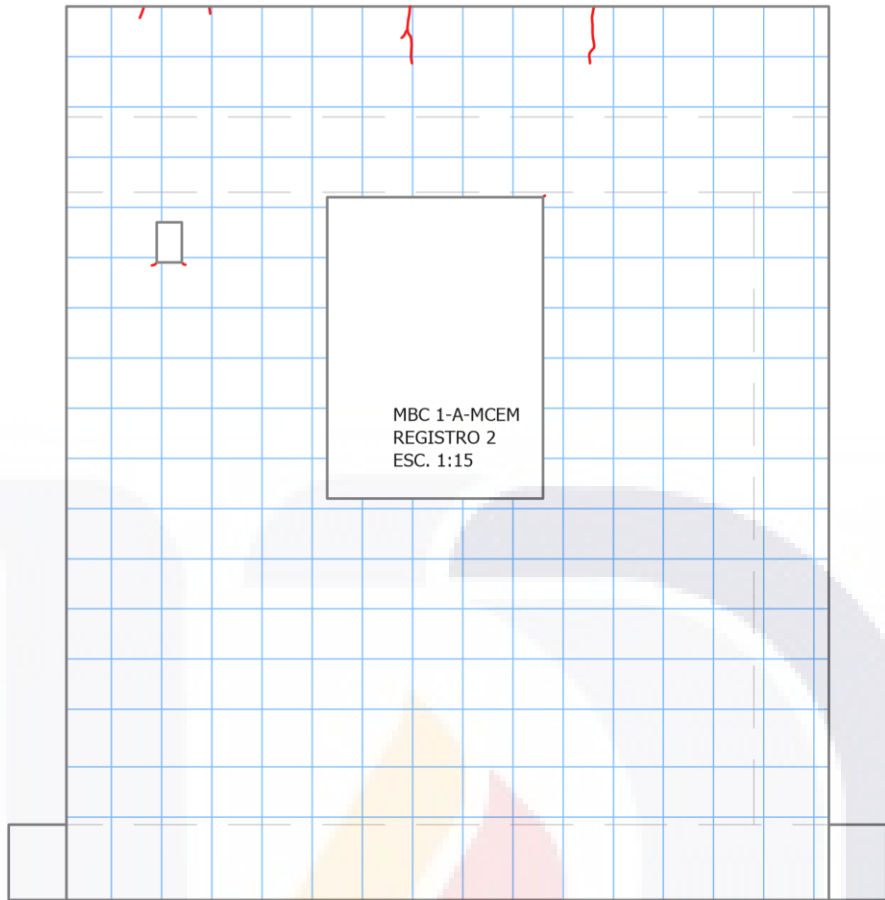
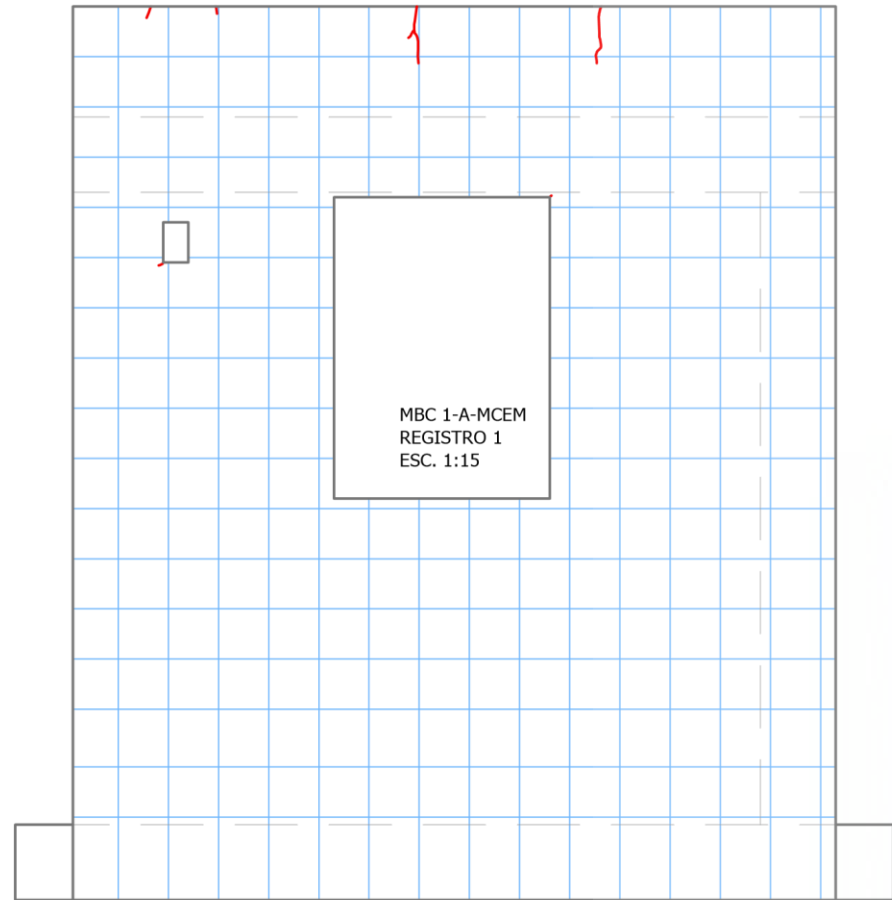
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 4
ESC. 1:15

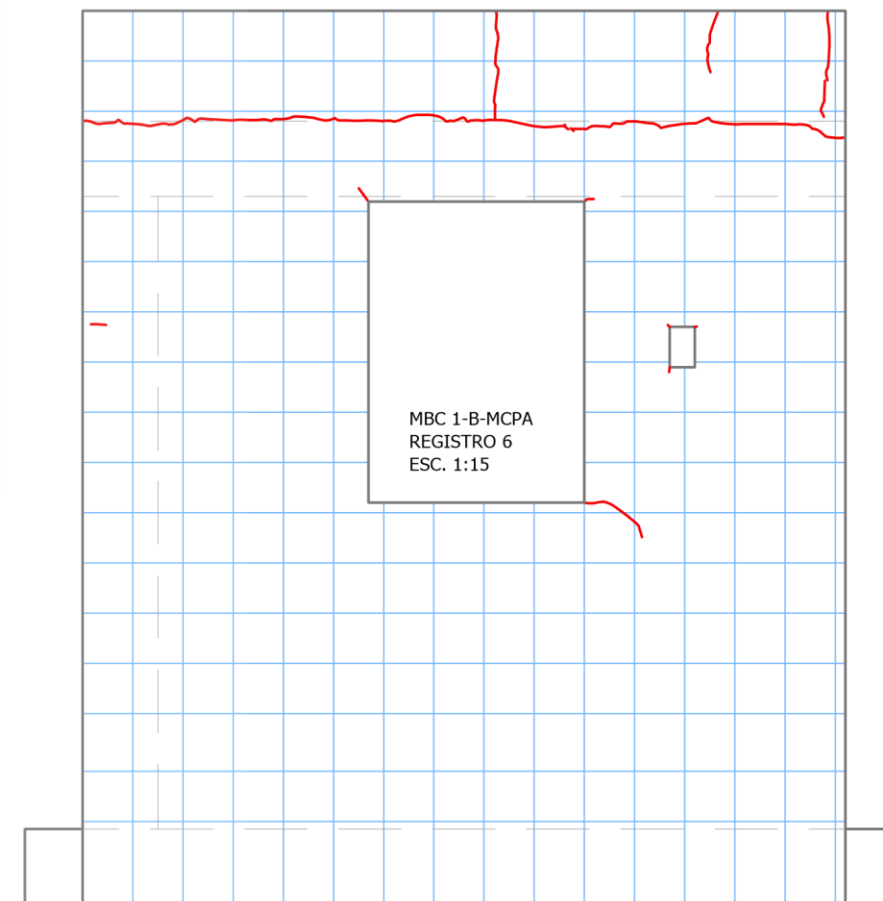
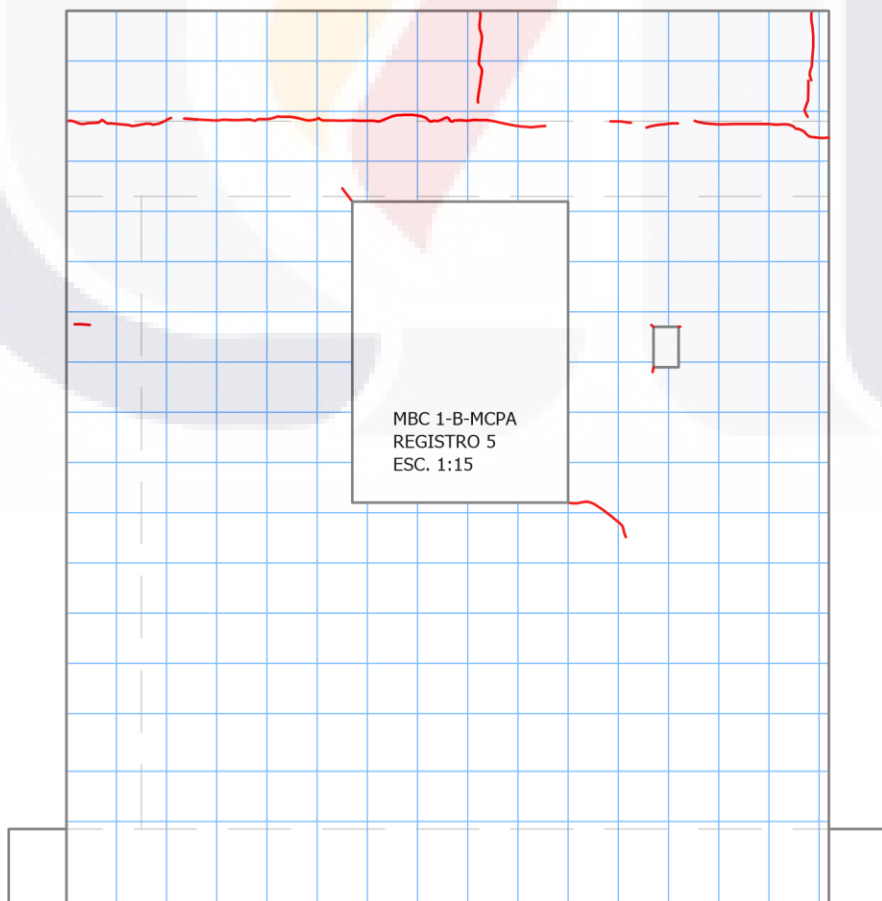
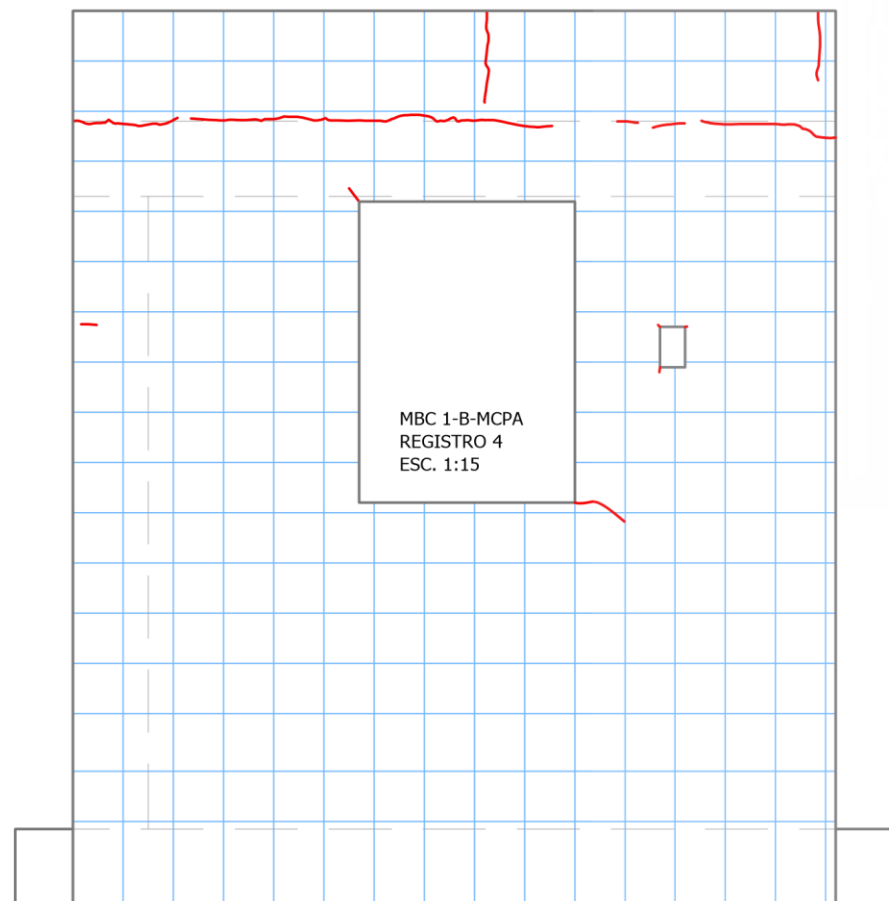
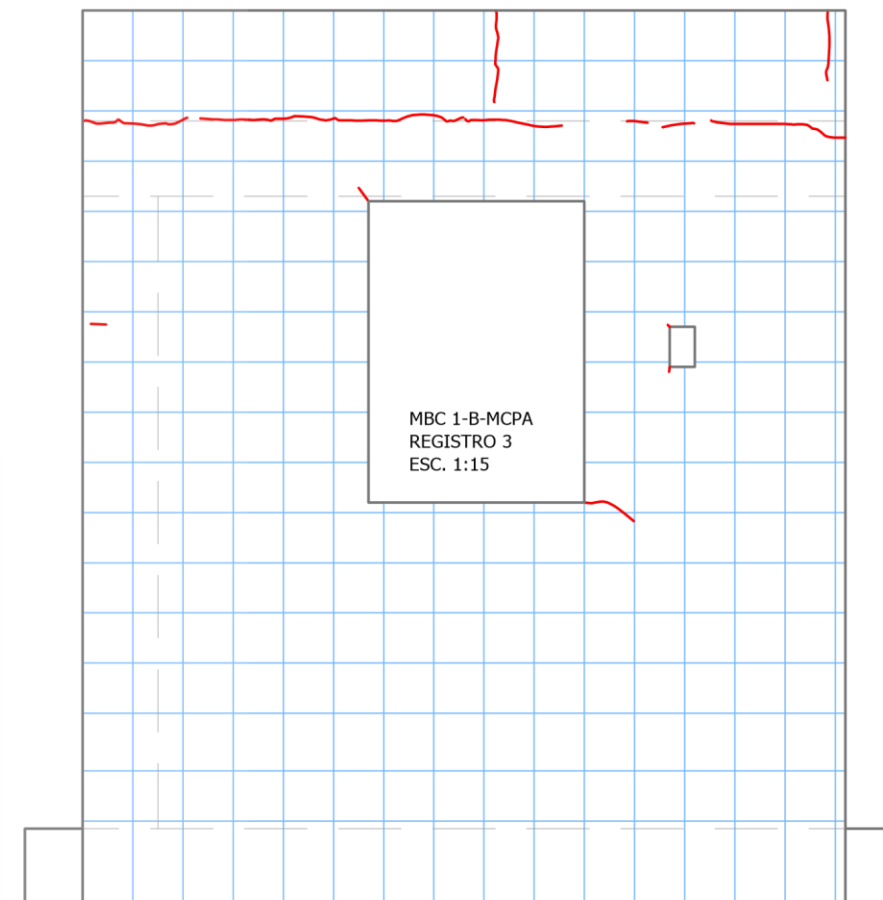
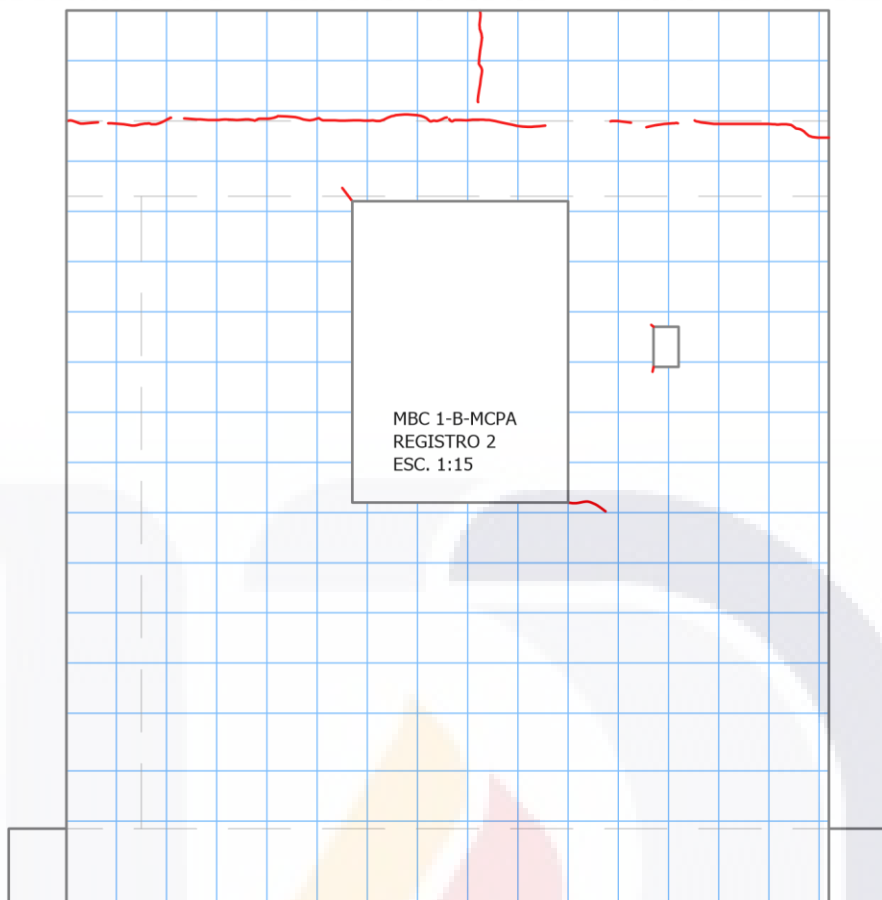
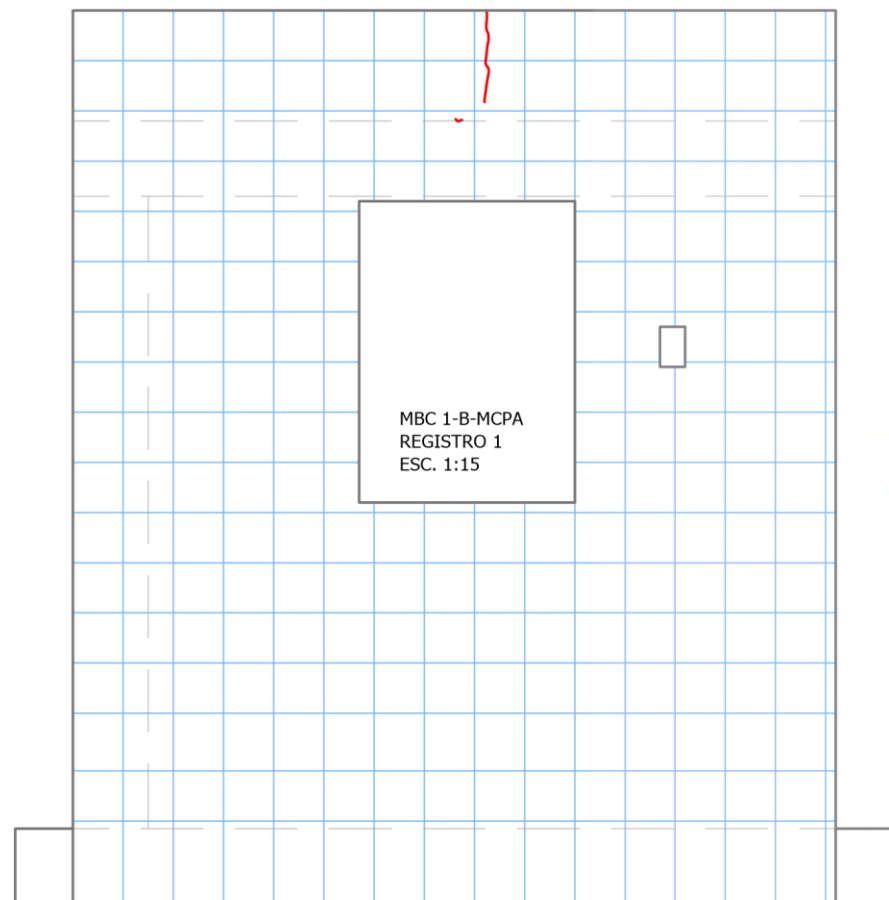


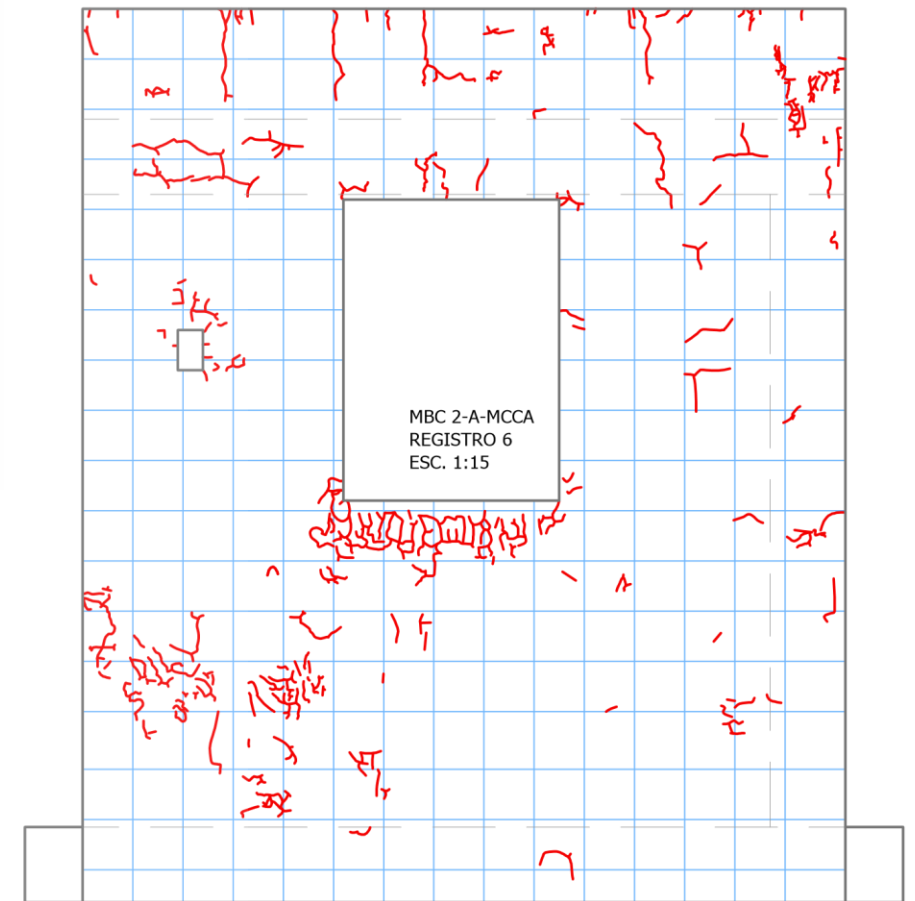
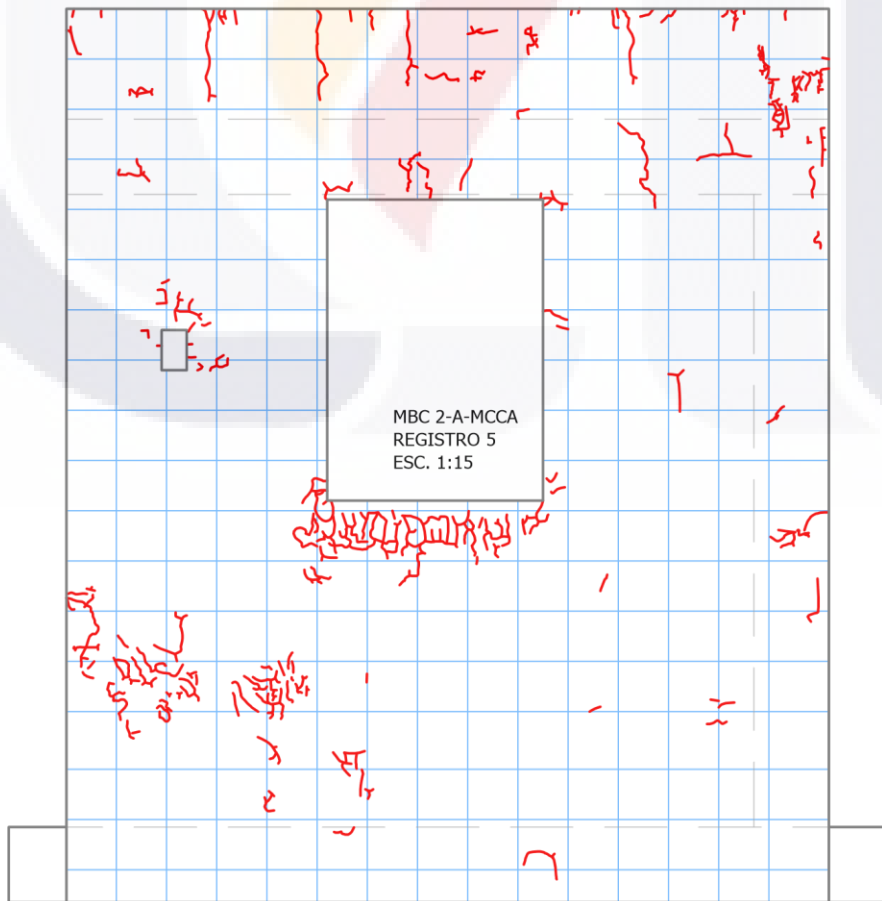
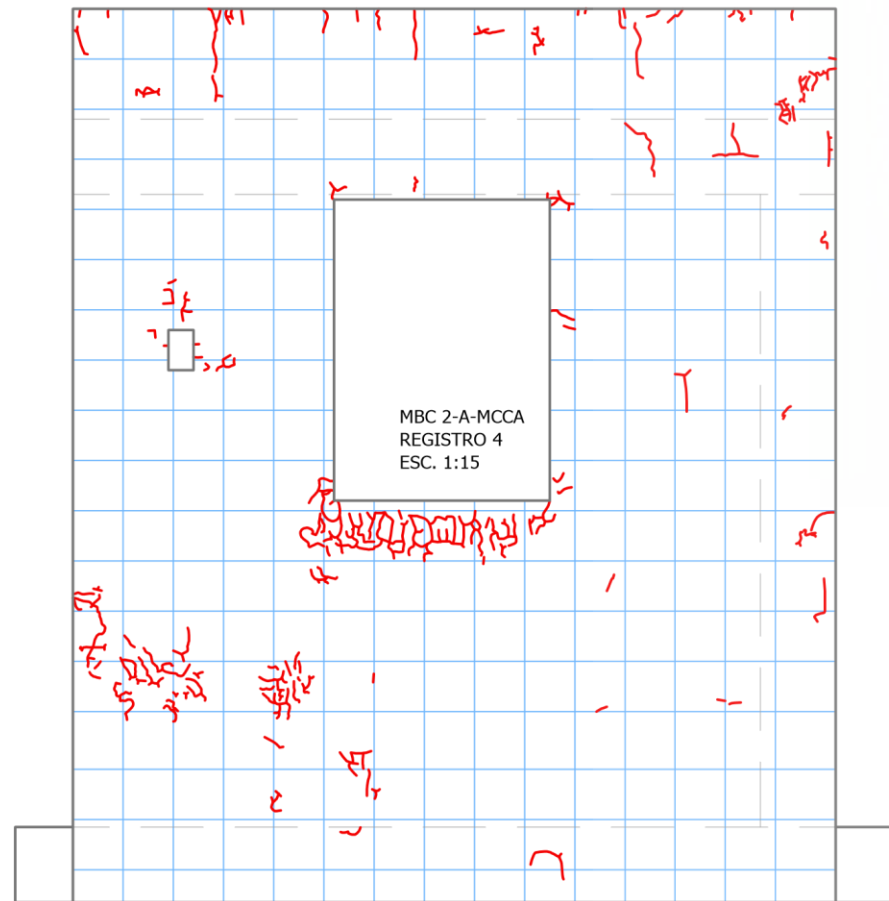
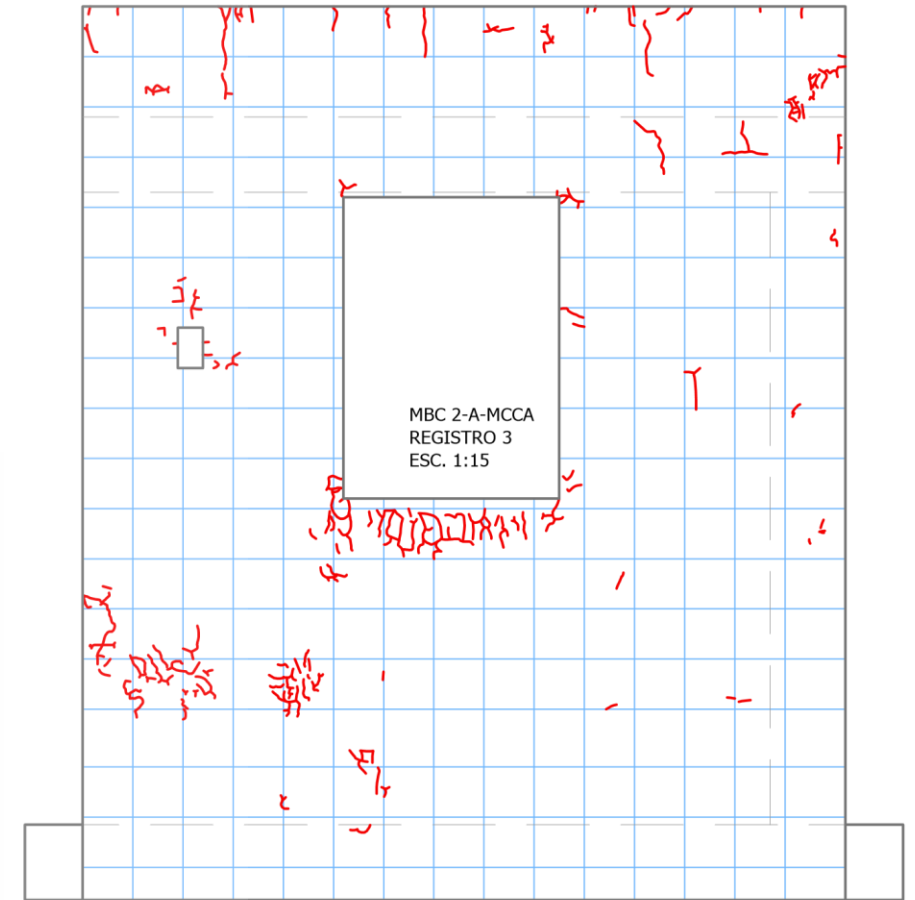
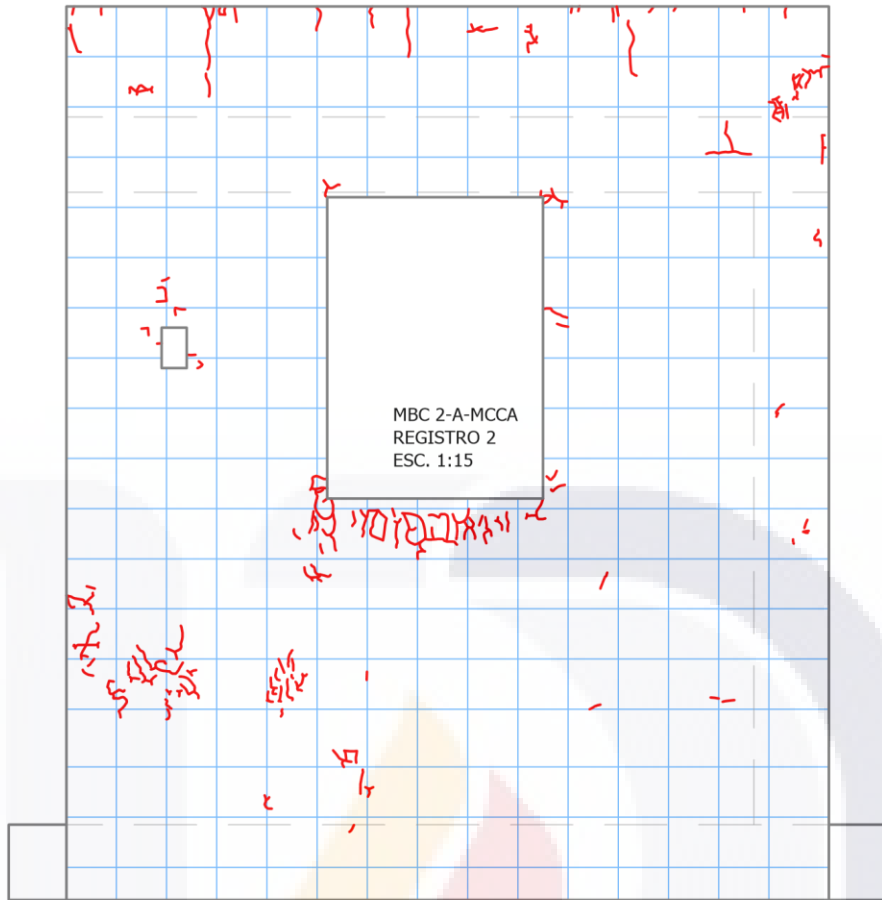
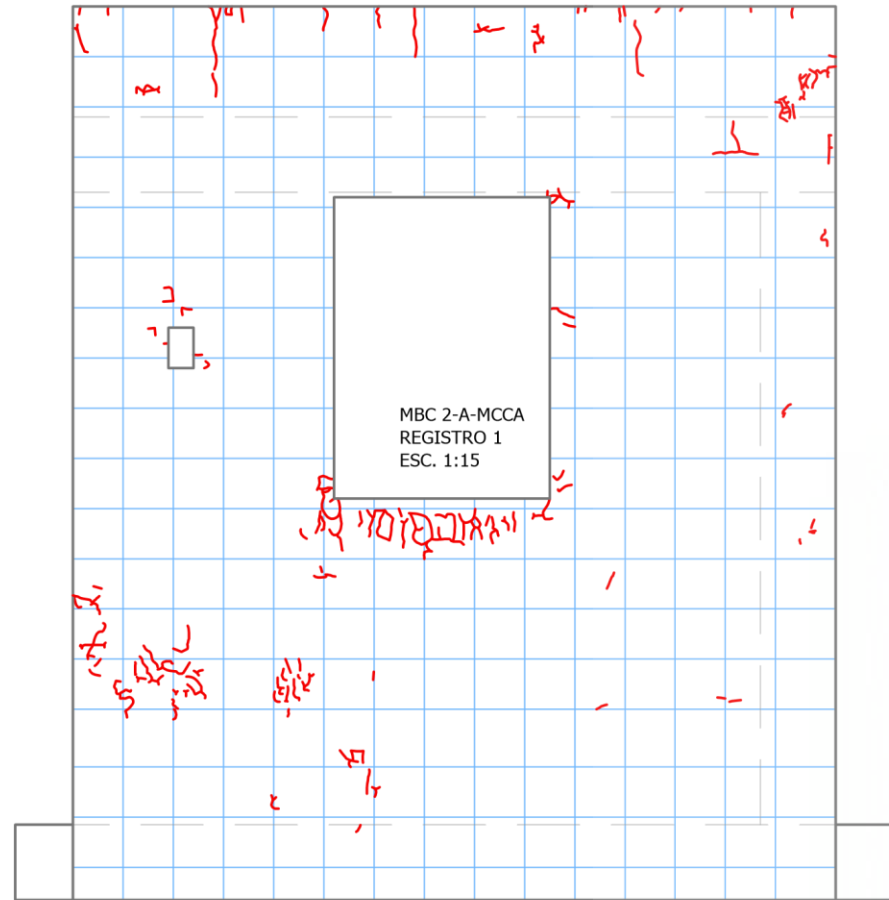
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 5
ESC. 1:15

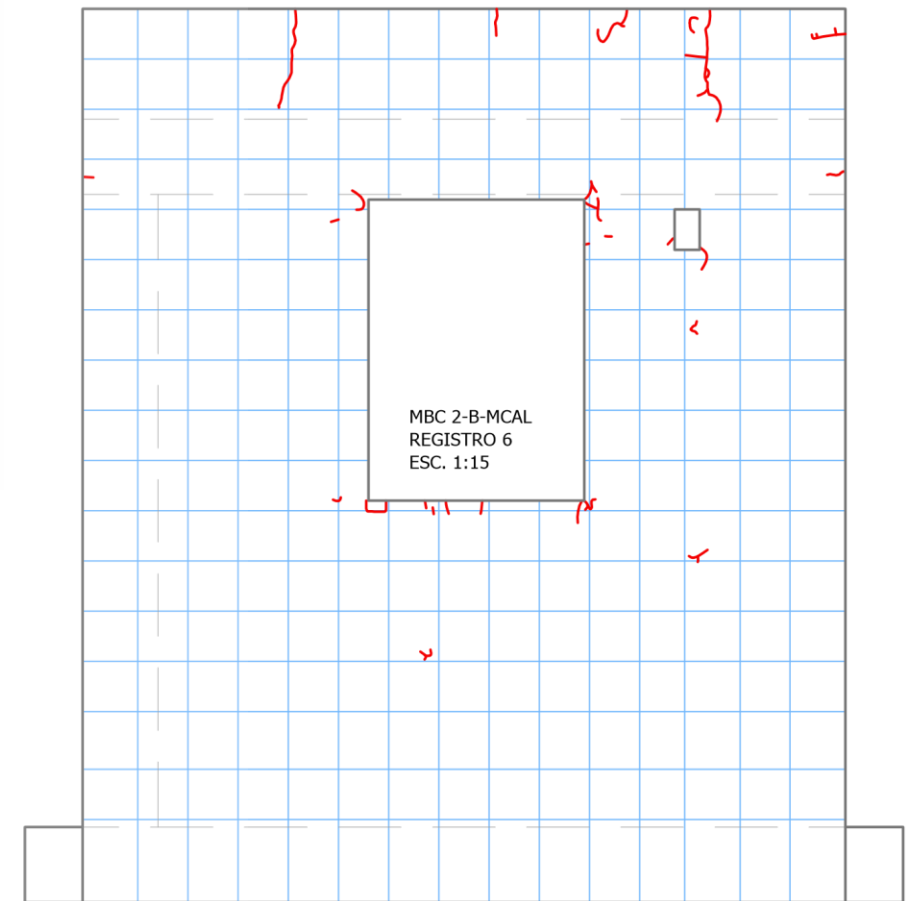
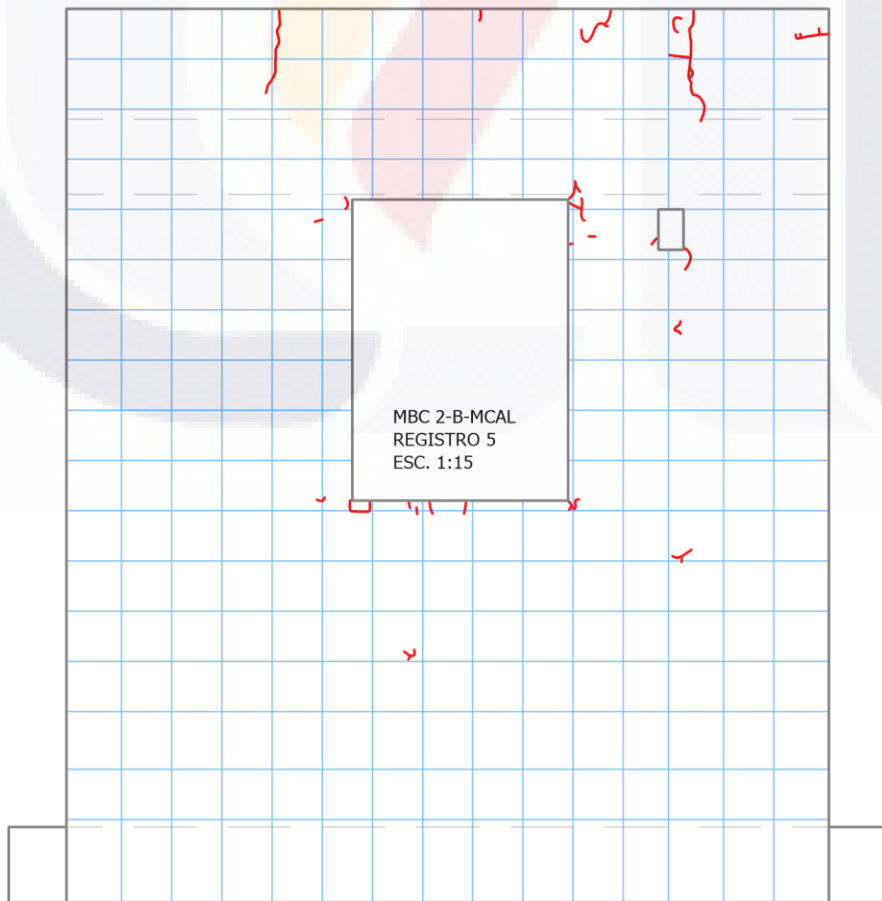
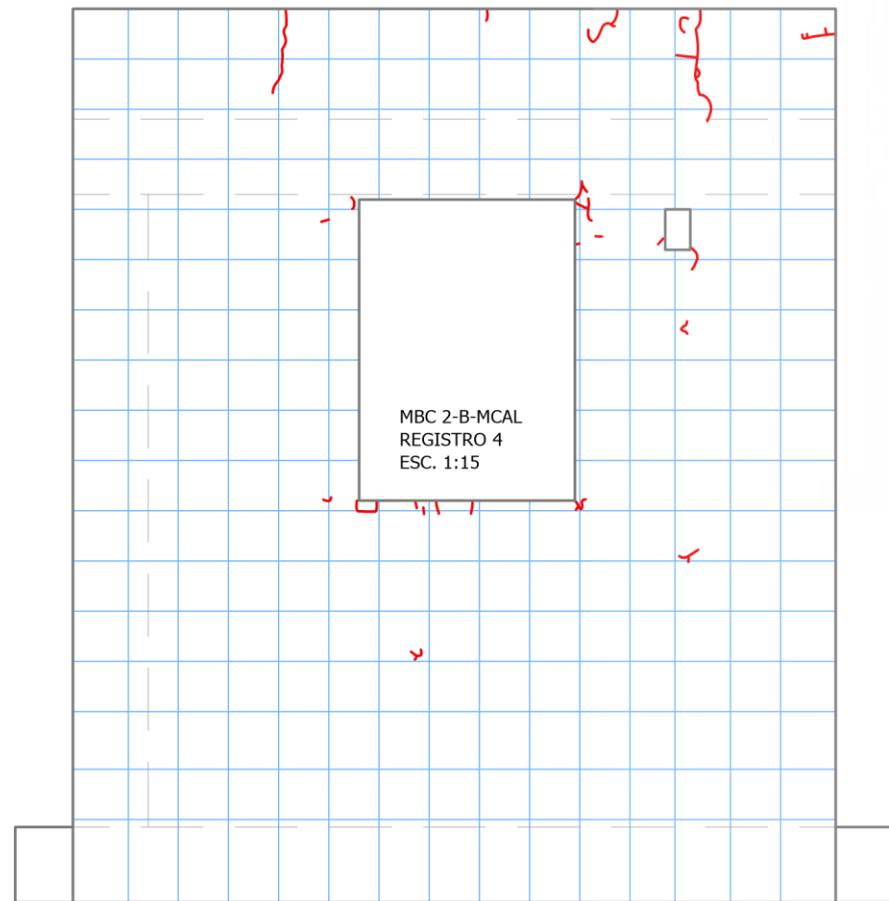
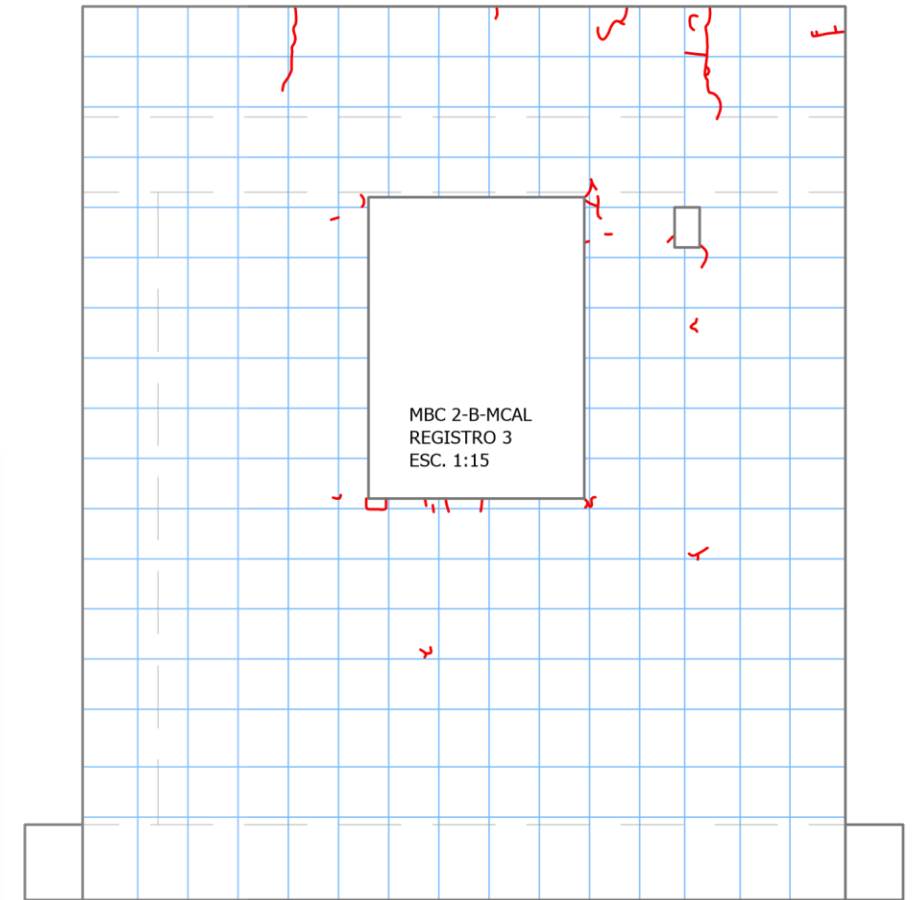
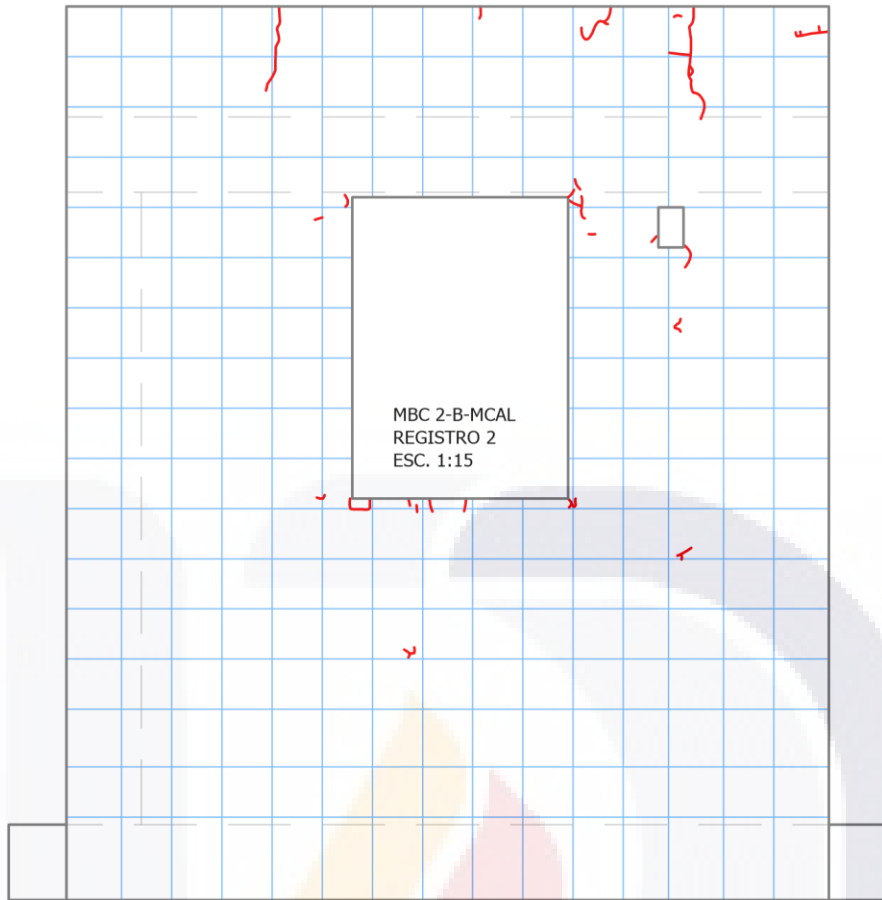
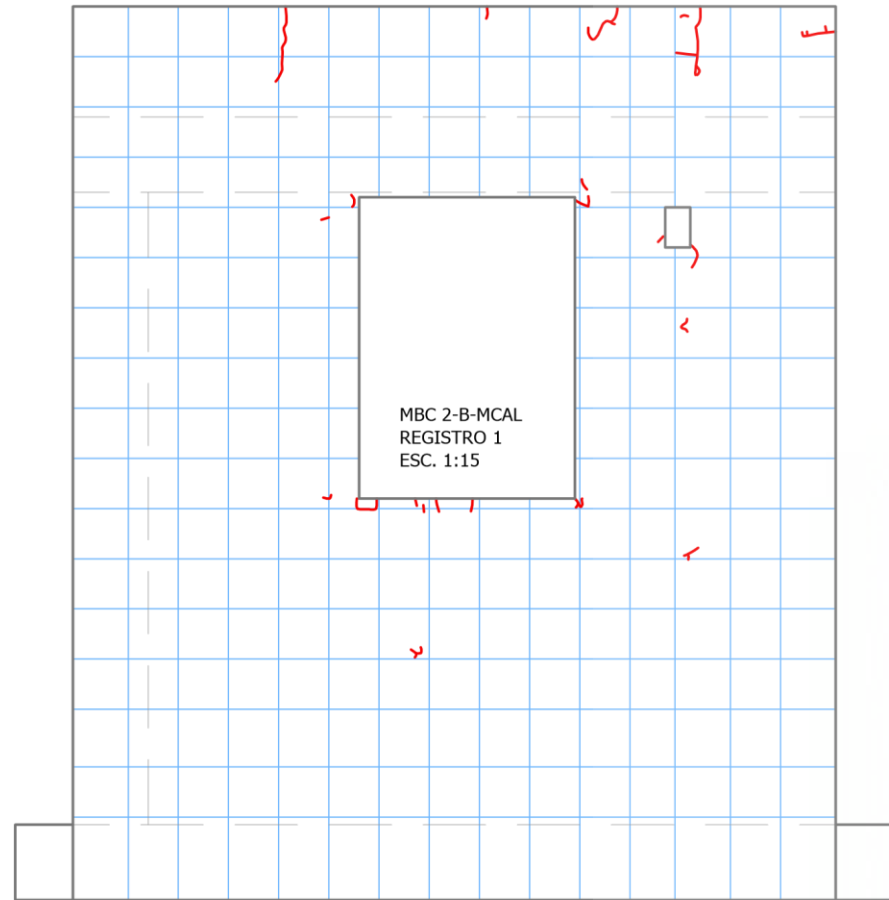


MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 6
ESC. 1:15





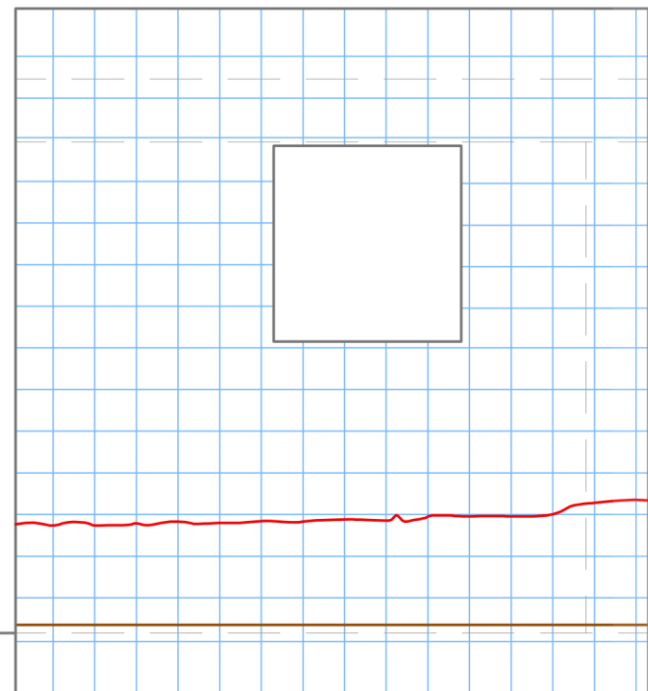




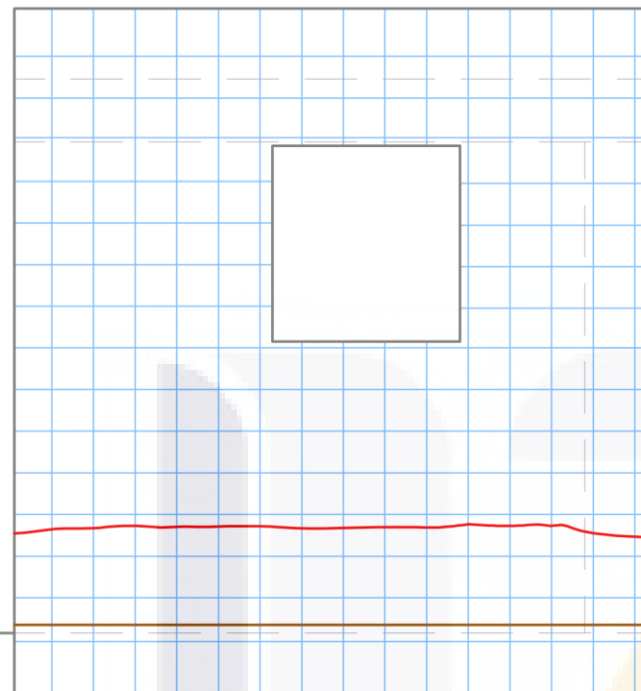


ANEXO B
MODELOS DE MURETES CON
REGISTRO DE PRESENCIA DE HUMEDAD

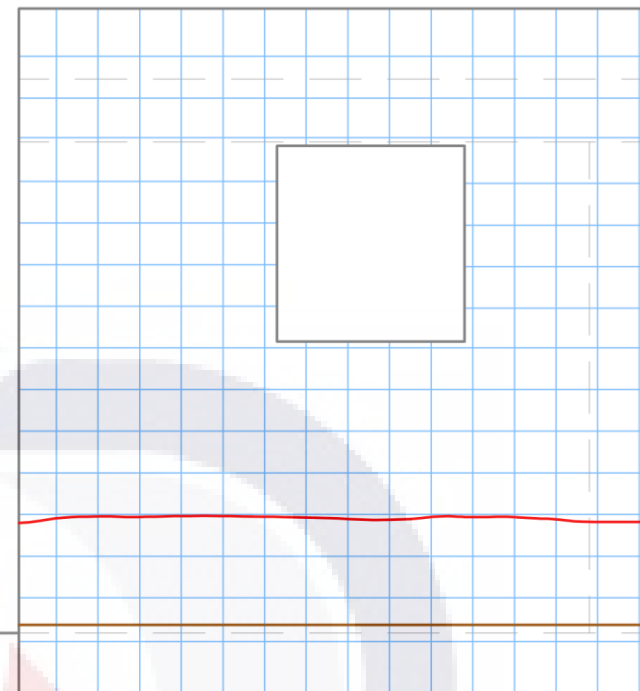




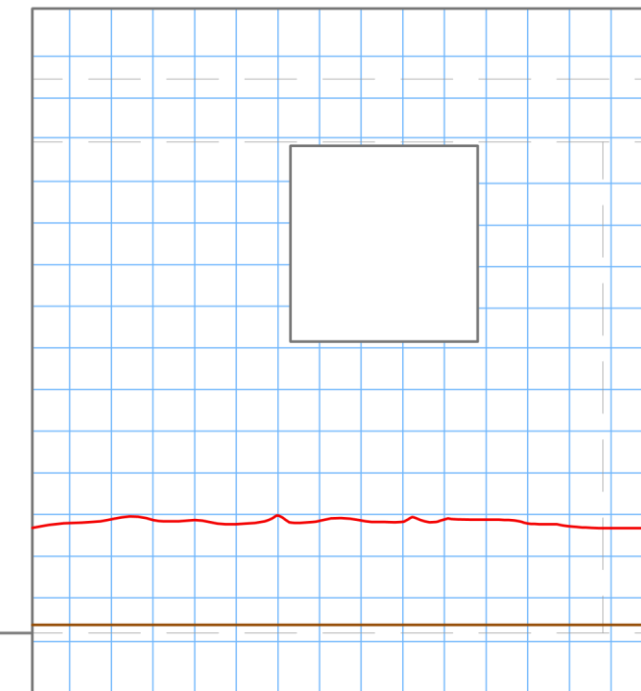
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 1
ESC. 1:18



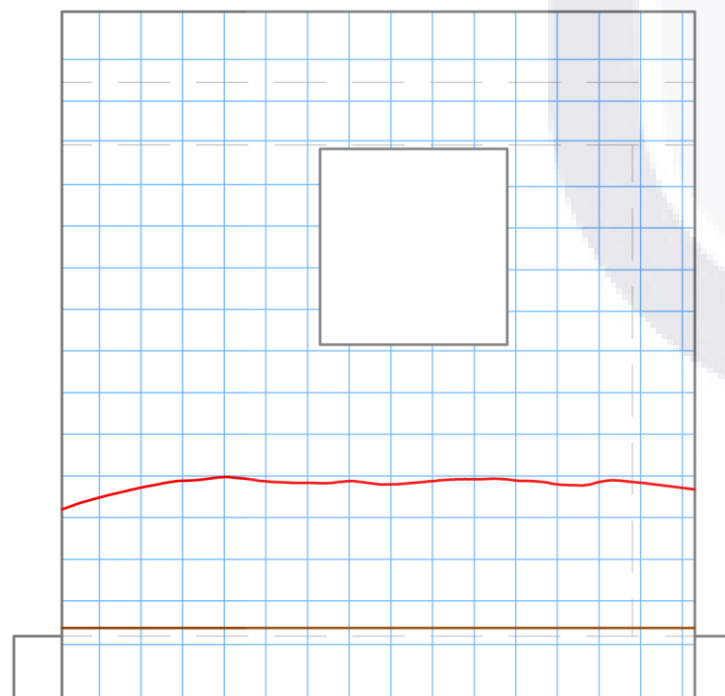
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 2
ESC. 1:18



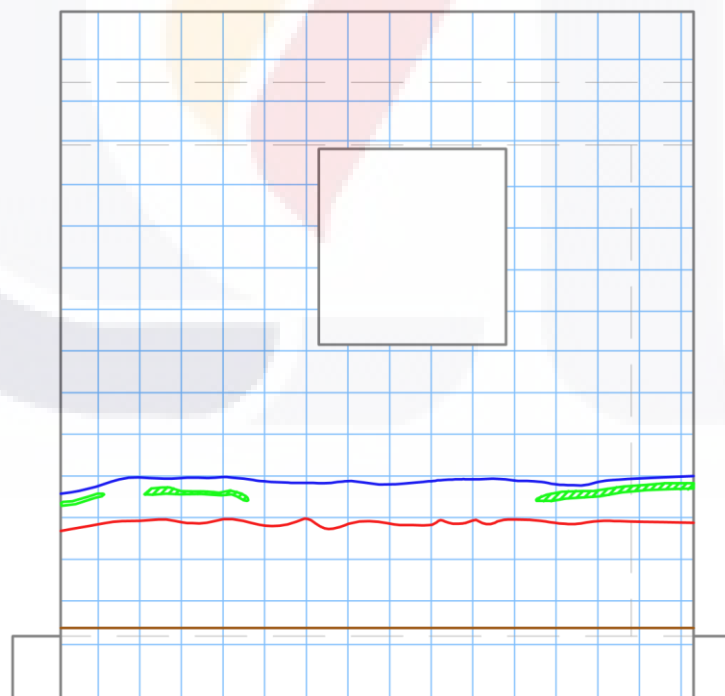
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 3
ESC. 1:18



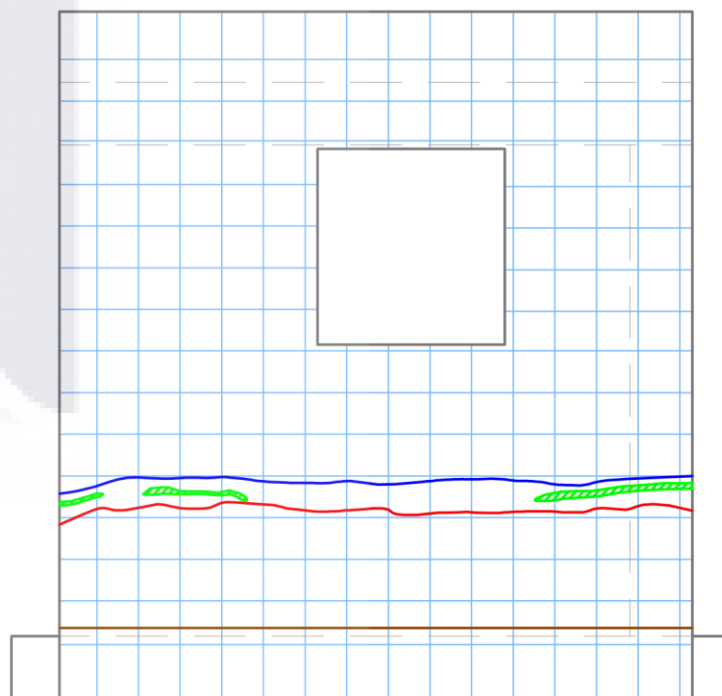
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 4
ESC. 1:18



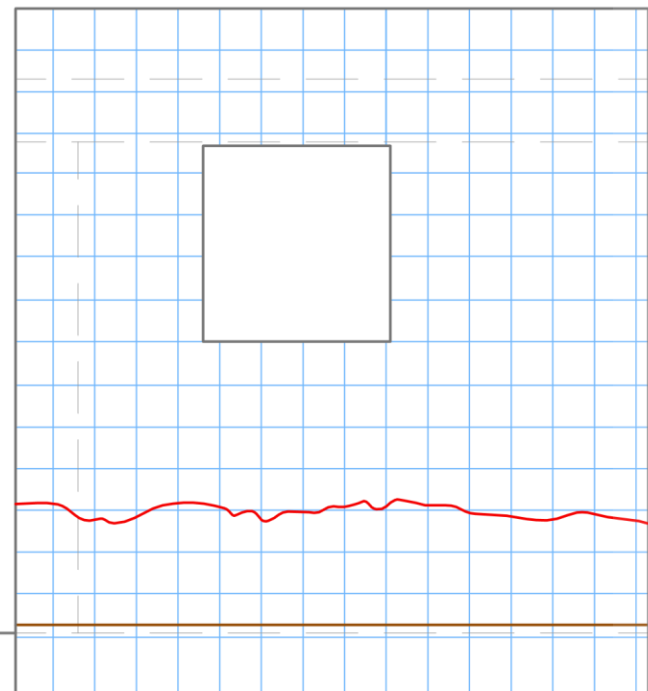
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 5
ESC. 1:18



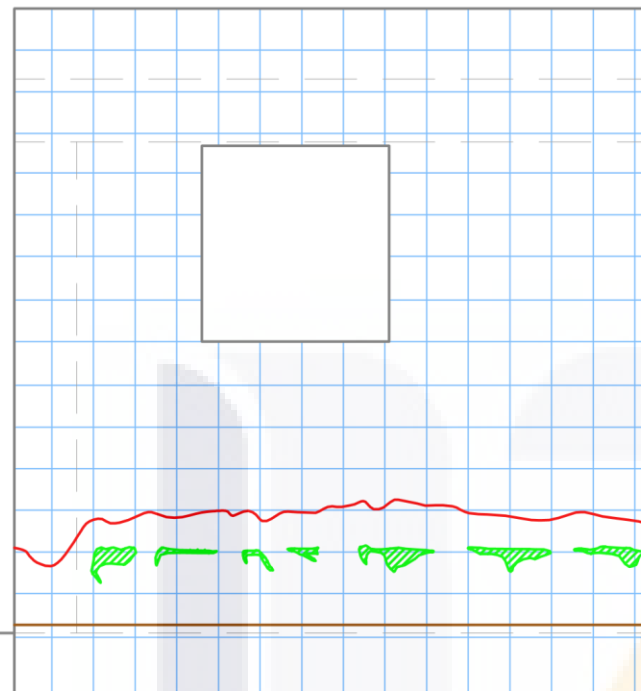
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 6
ESC. 1:18



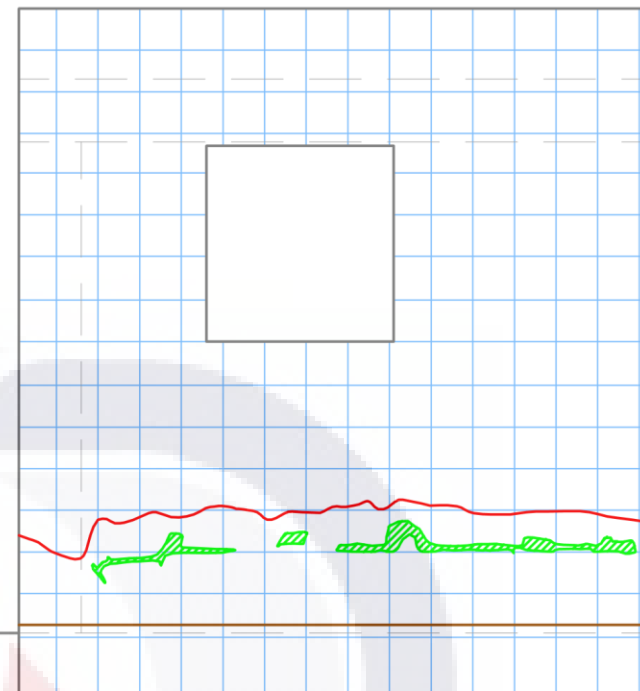
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 7
ESC. 1:18



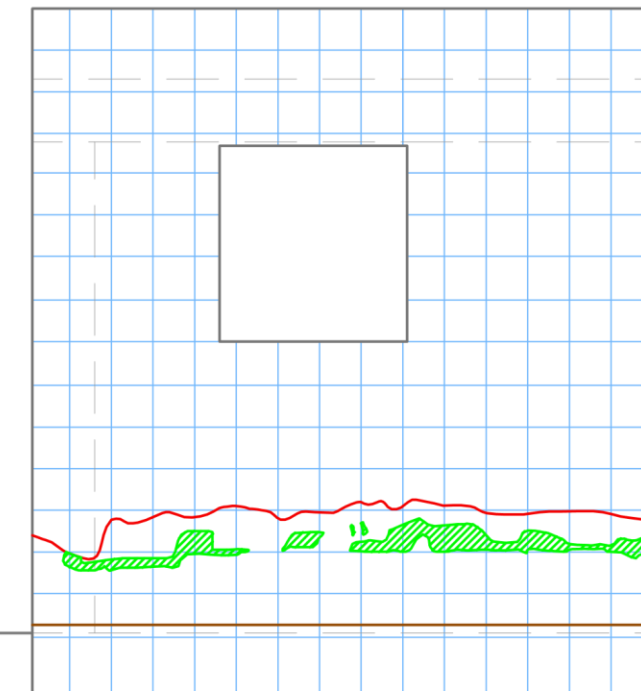
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 1
ESC. 1:18



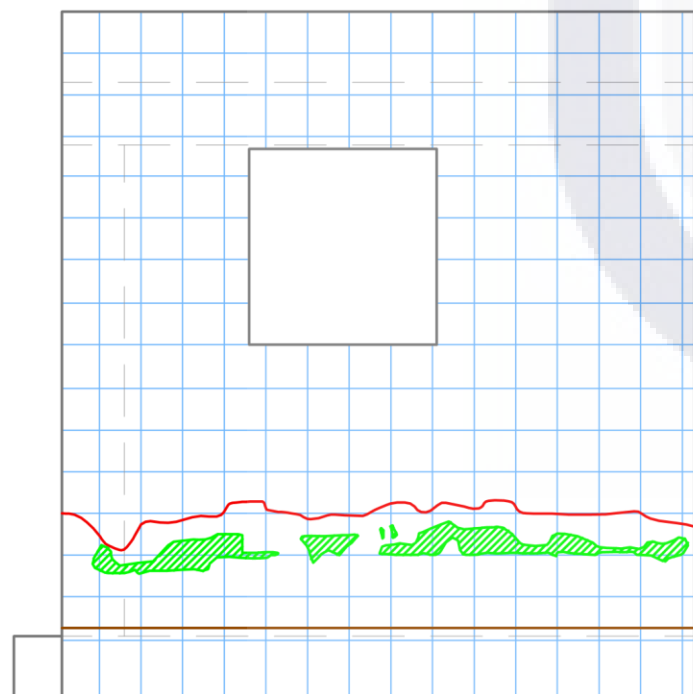
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 2
ESC. 1:18



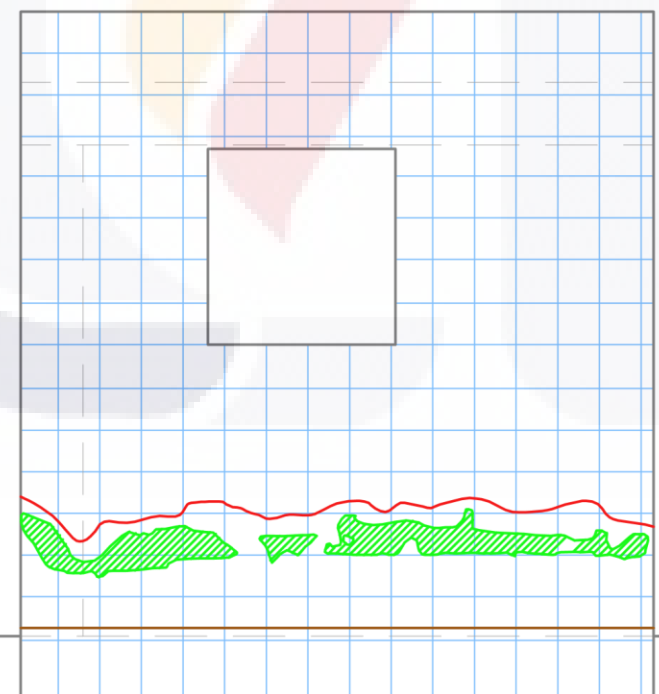
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 3
ESC. 1:18



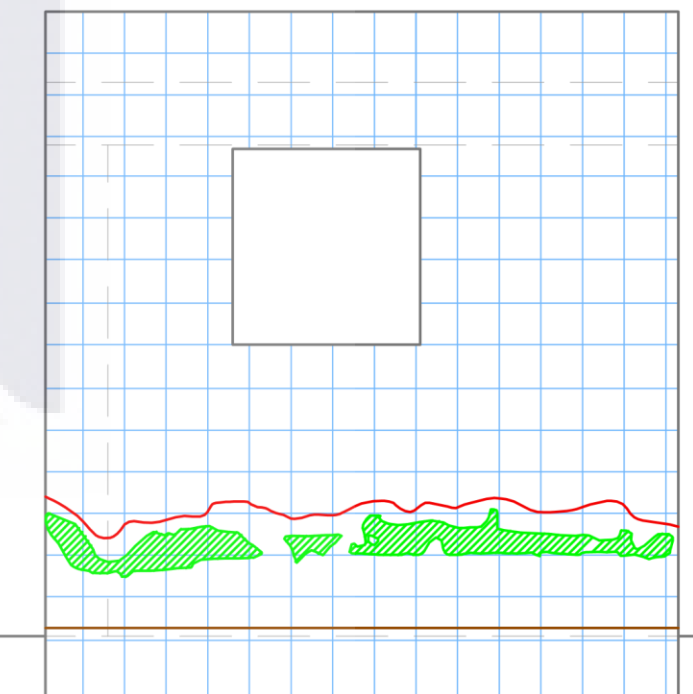
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 4
ESC. 1:18



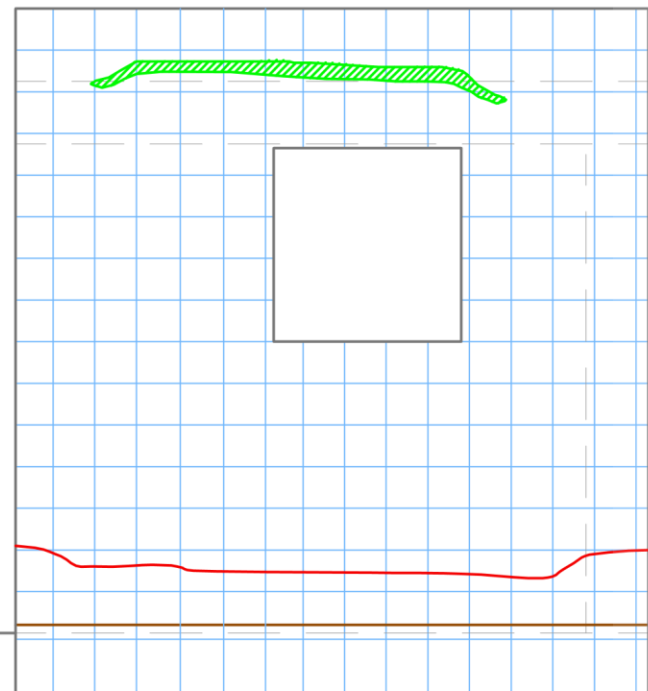
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 5
ESC. 1:18



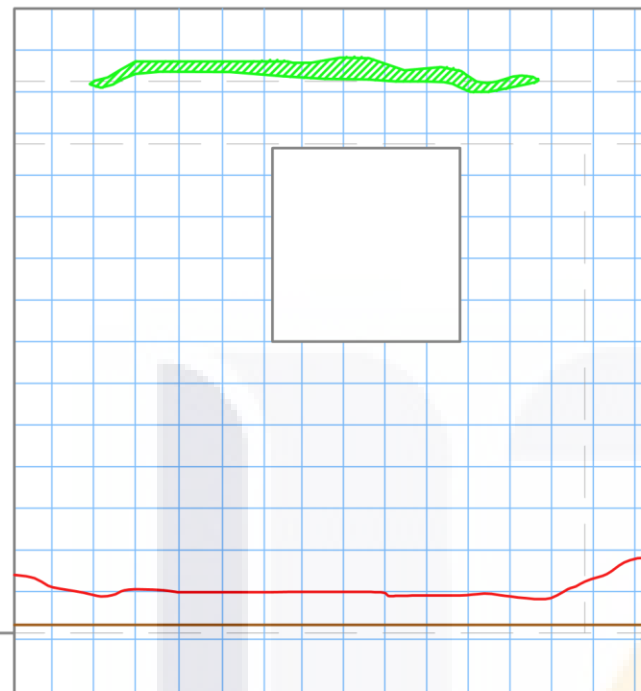
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 6
ESC. 1:18



MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 7
ESC. 1:18



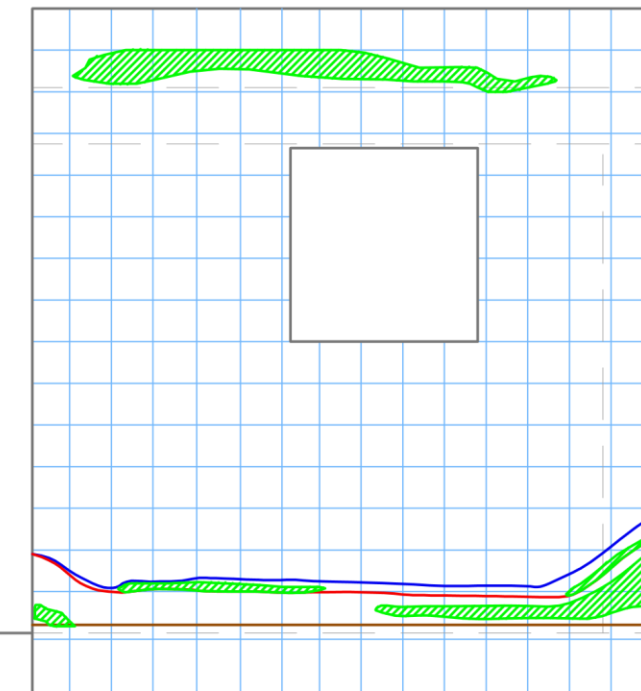
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 1
ESC. 1:18



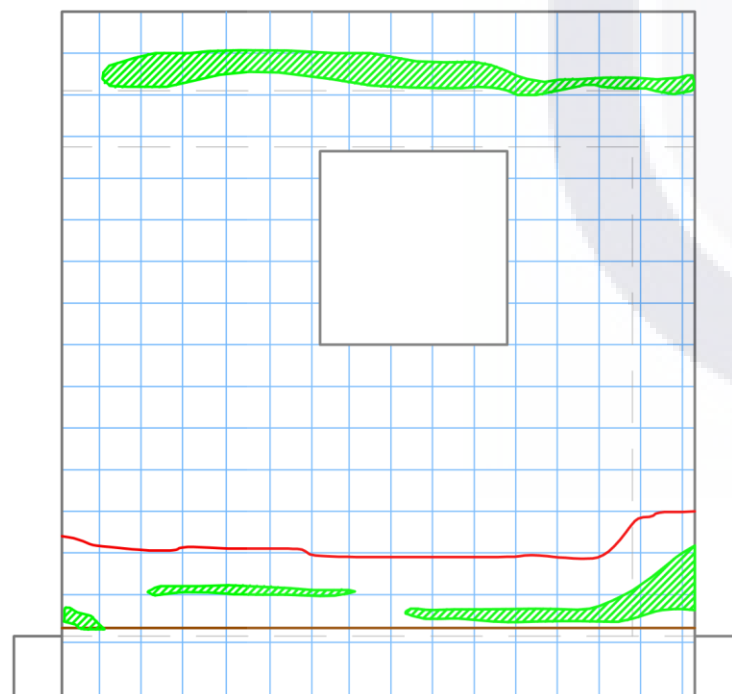
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 2
ESC. 1:18



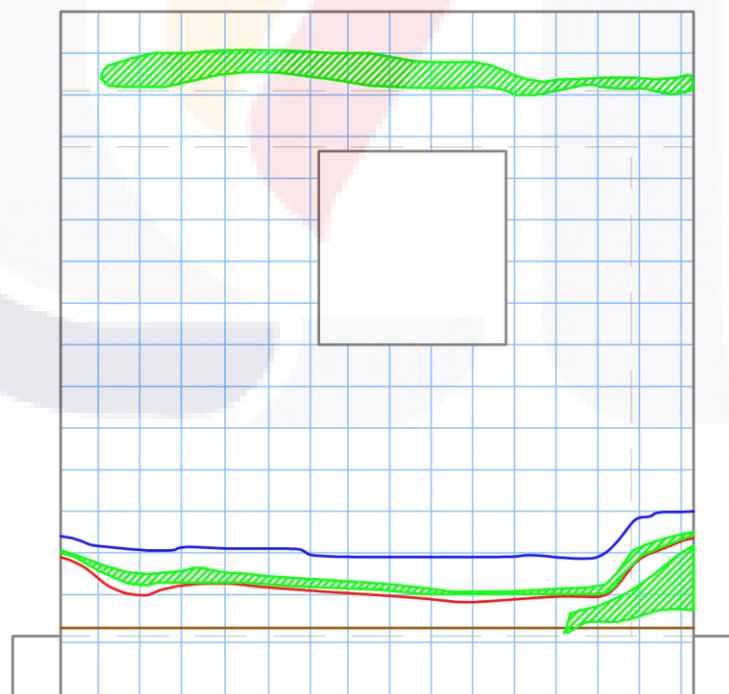
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 3
ESC. 1:18



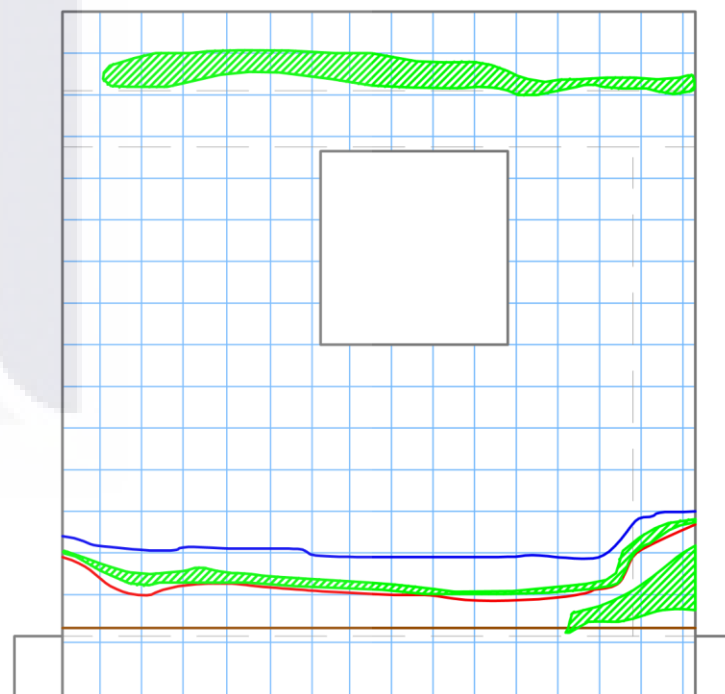
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 4
ESC. 1:18



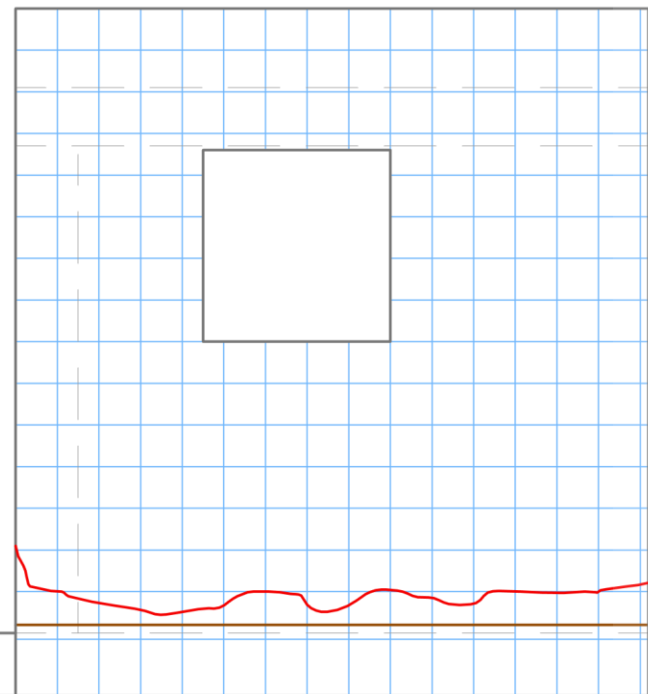
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 5
ESC. 1:18



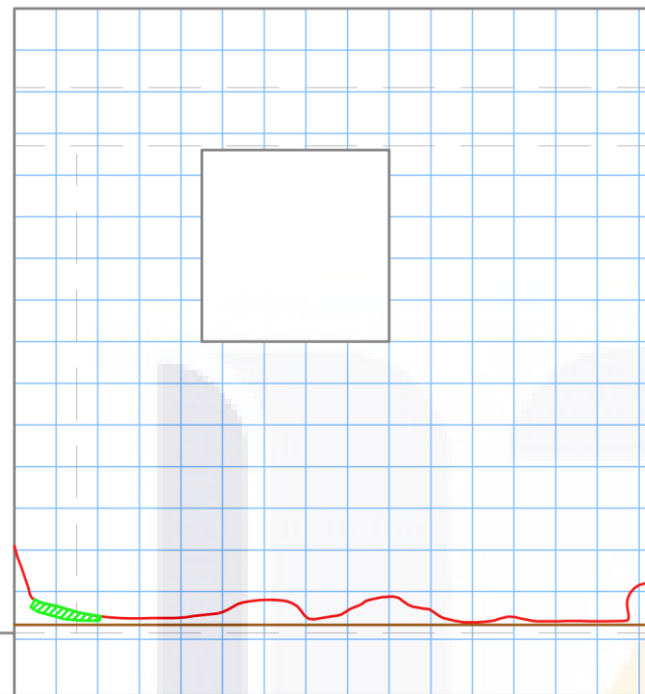
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 6
ESC. 1:18



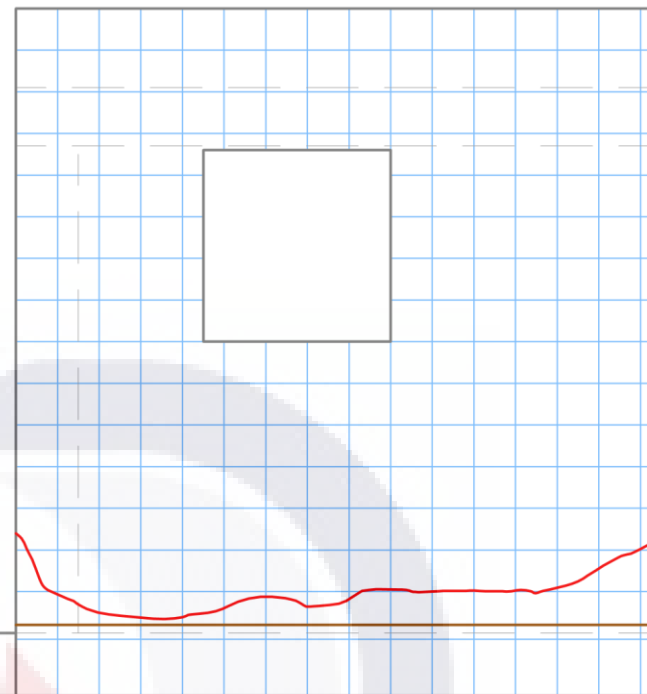
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 7
ESC. 1:18



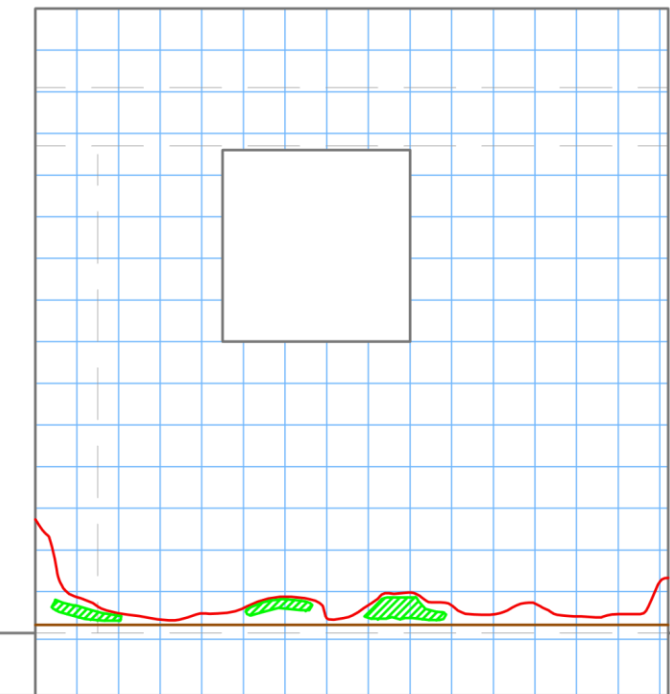
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 1
ESC. 1:18



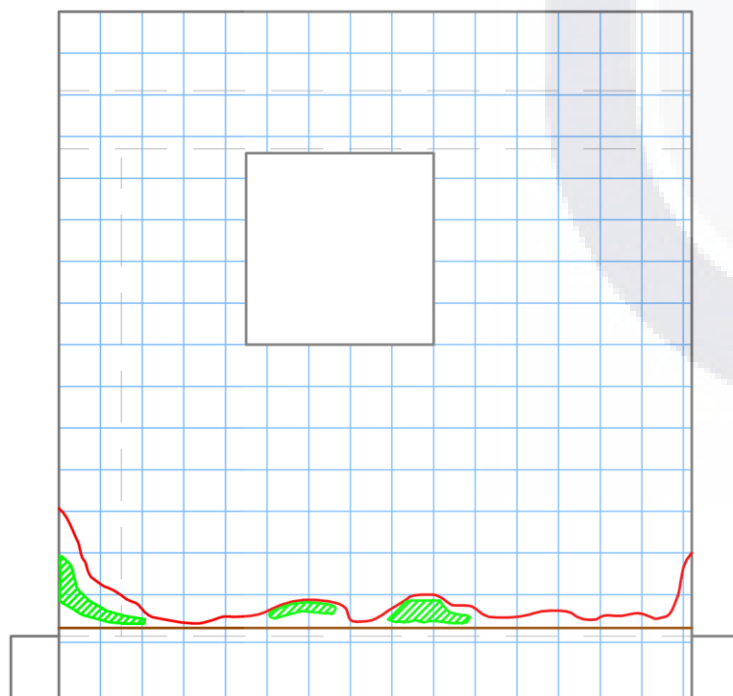
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 2
ESC. 1:18



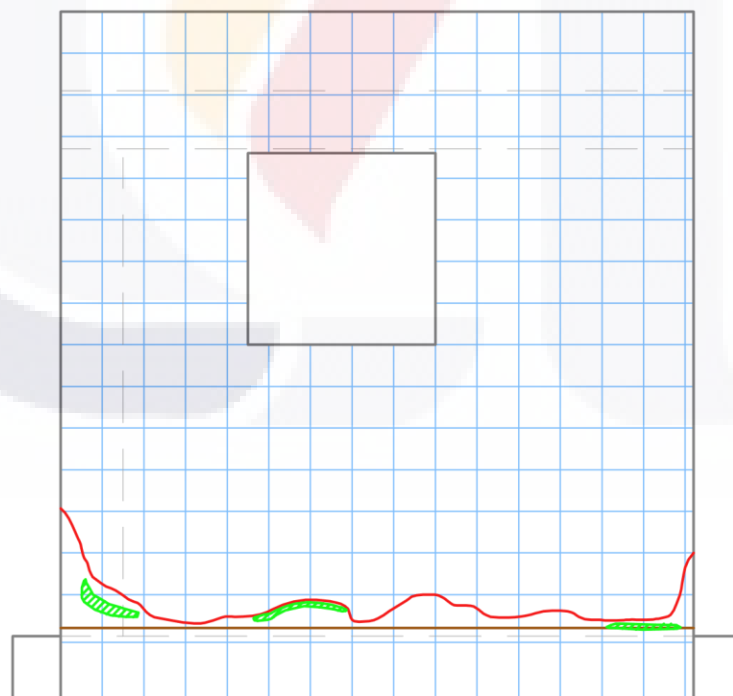
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 3
ESC. 1:18



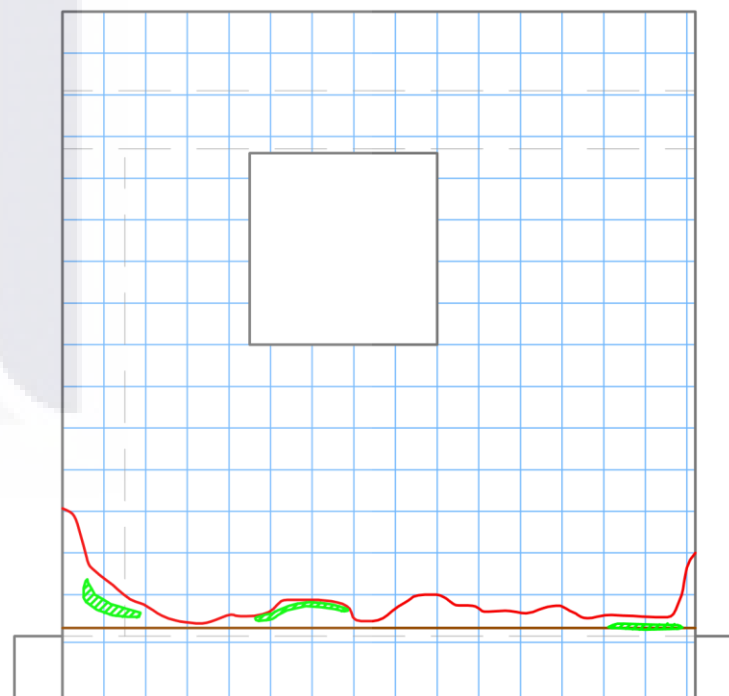
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 4
ESC. 1:18



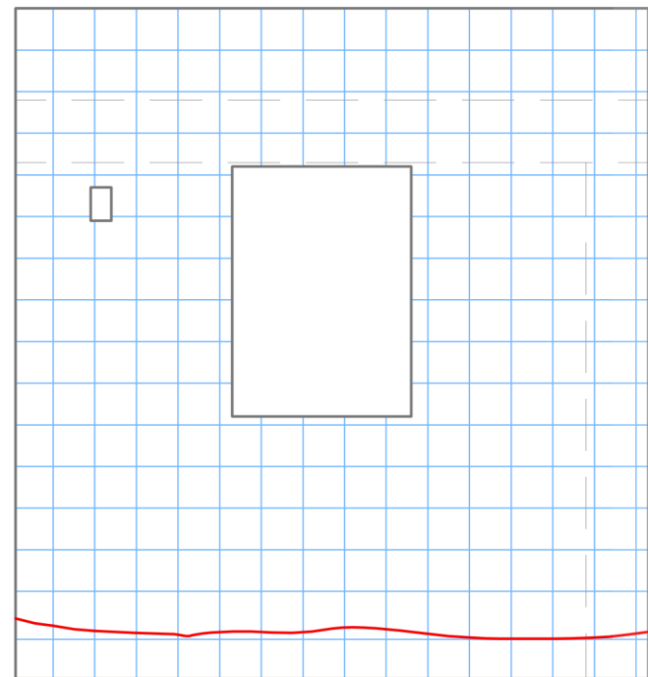
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 5
ESC. 1:18



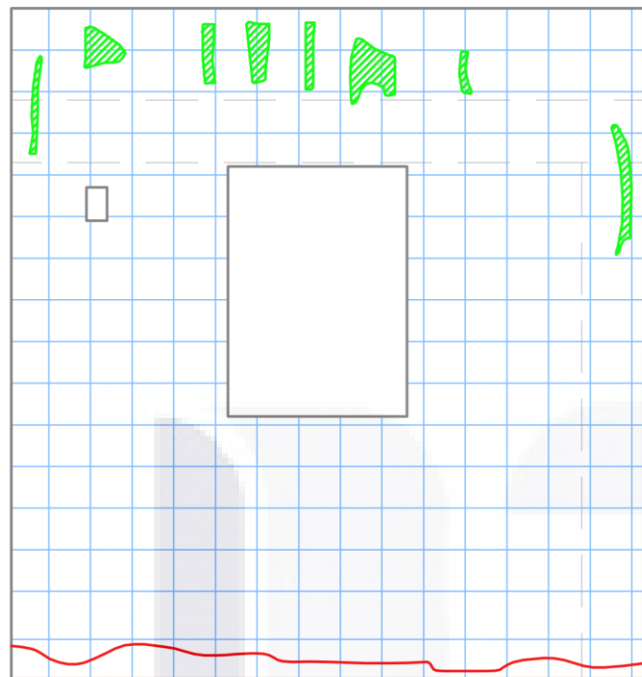
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 6
ESC. 1:18



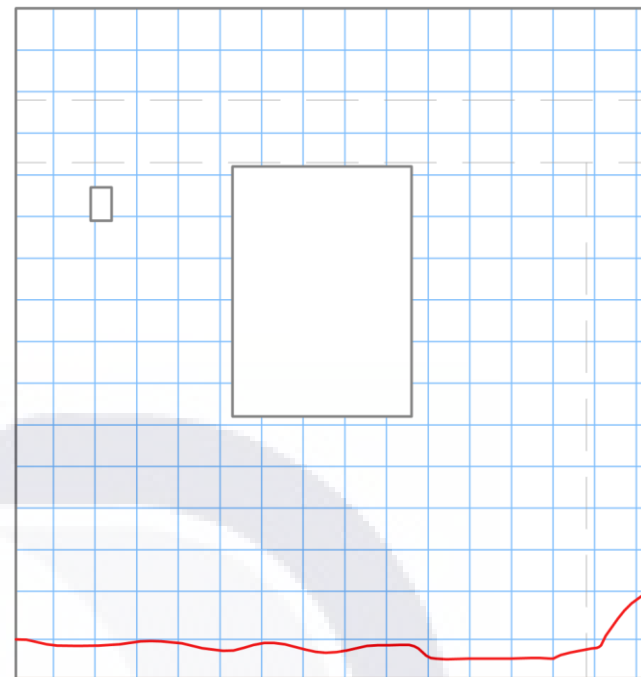
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 7
ESC. 1:18



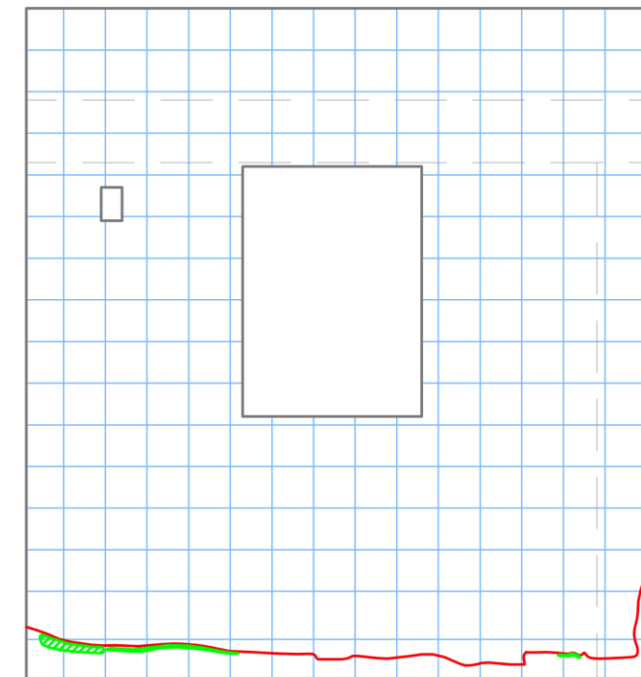
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 1
ESC. 1:18



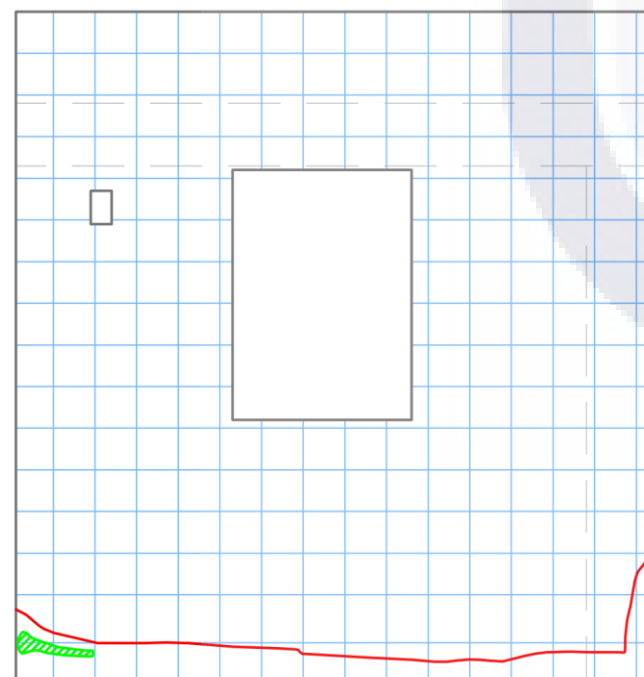
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 2
ESC. 1:18



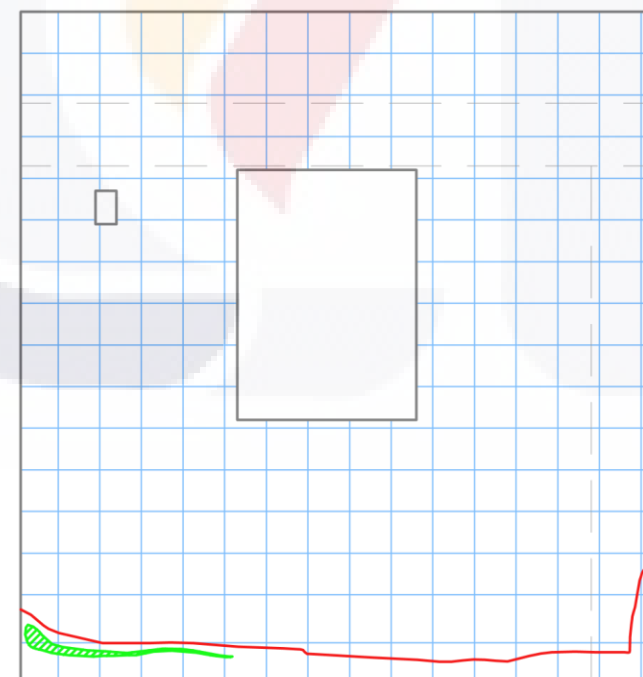
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 3
ESC. 1:18



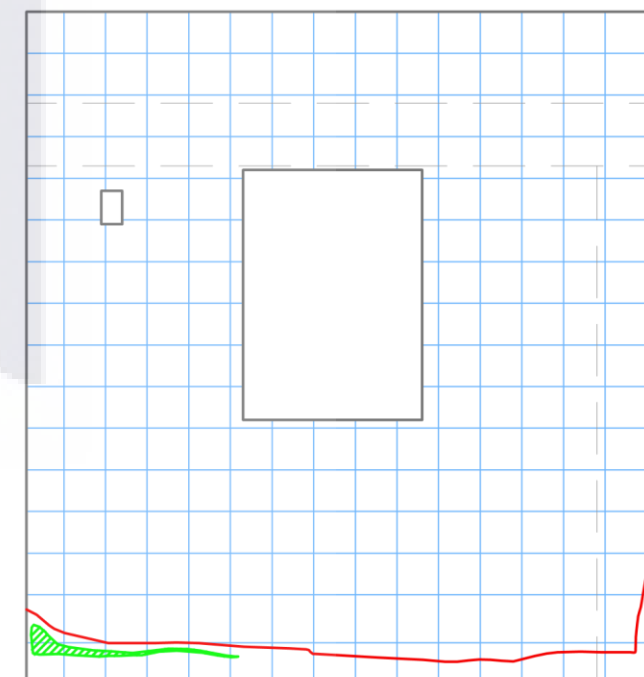
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 4
ESC. 1:18



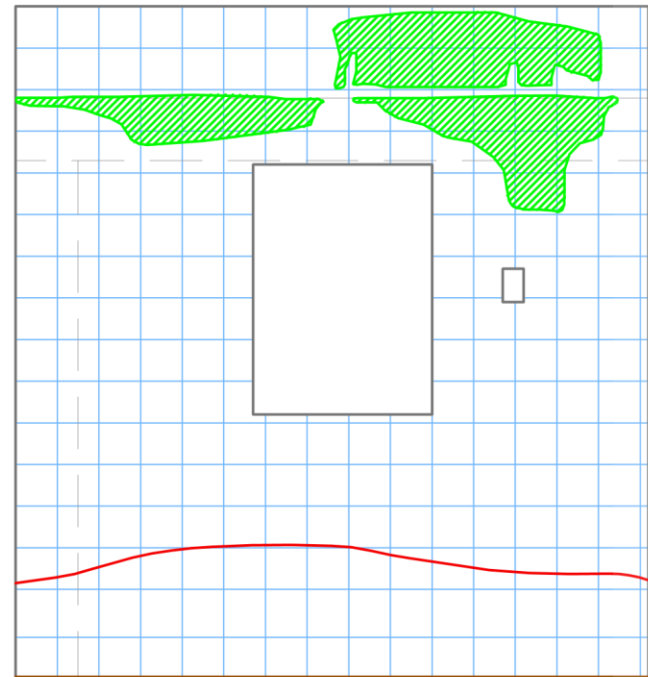
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 5
ESC. 1:18



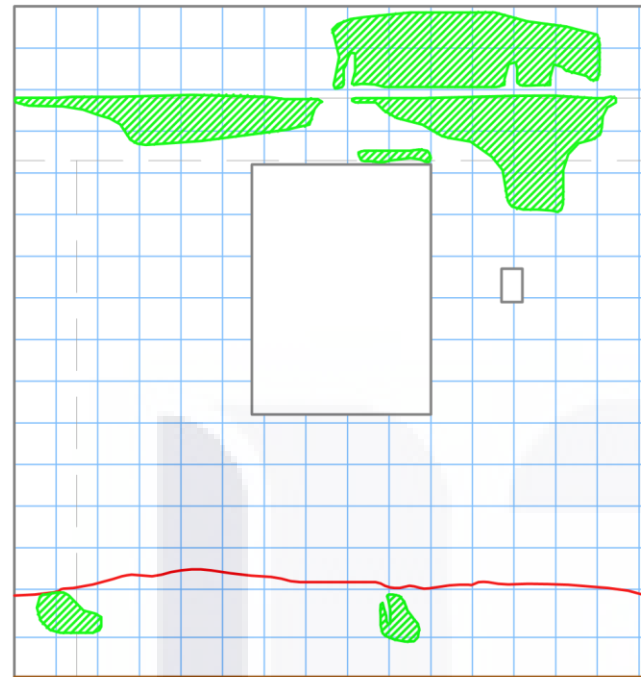
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 6
ESC. 1:18



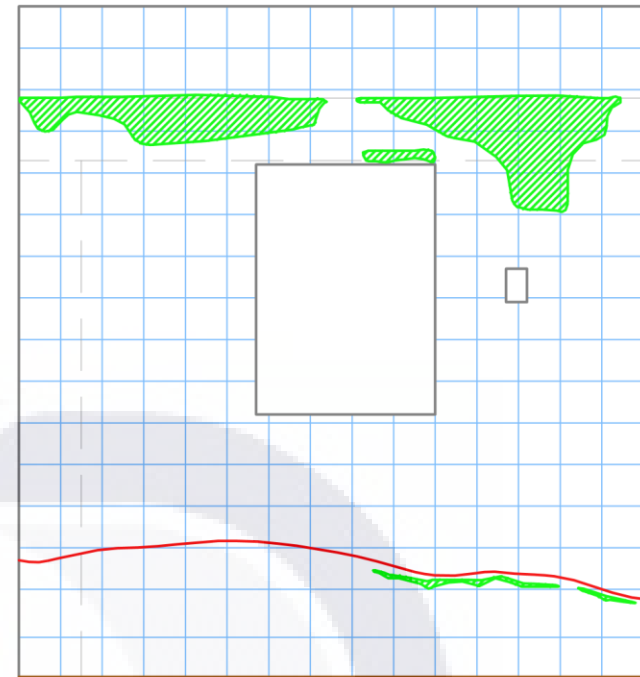
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 7
ESC. 1:18



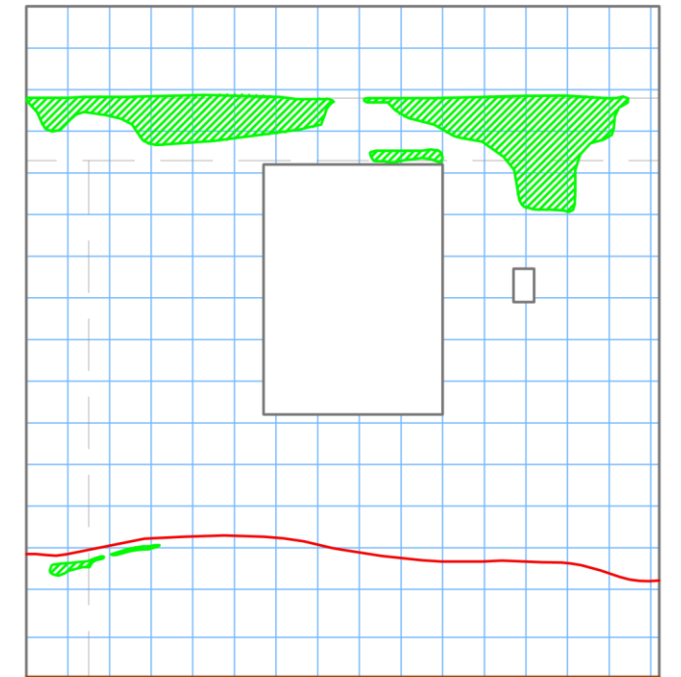
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 1
ESC. 1:18



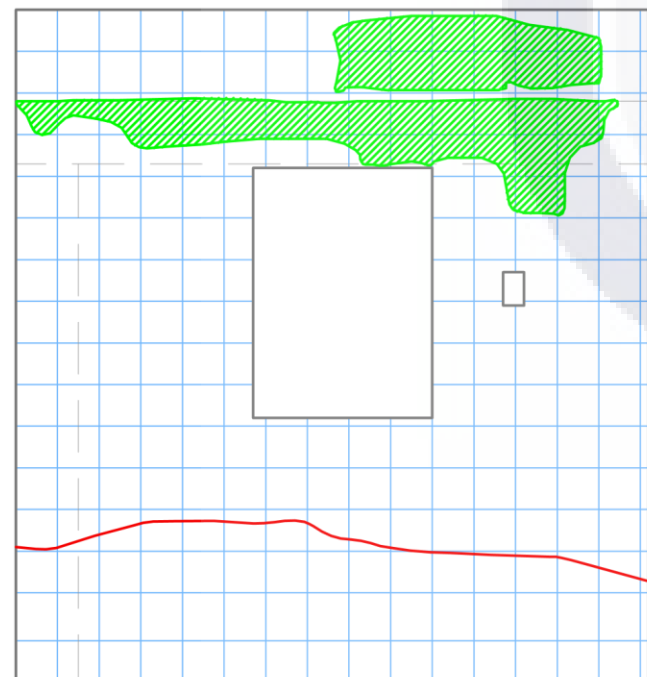
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 2
ESC. 1:18



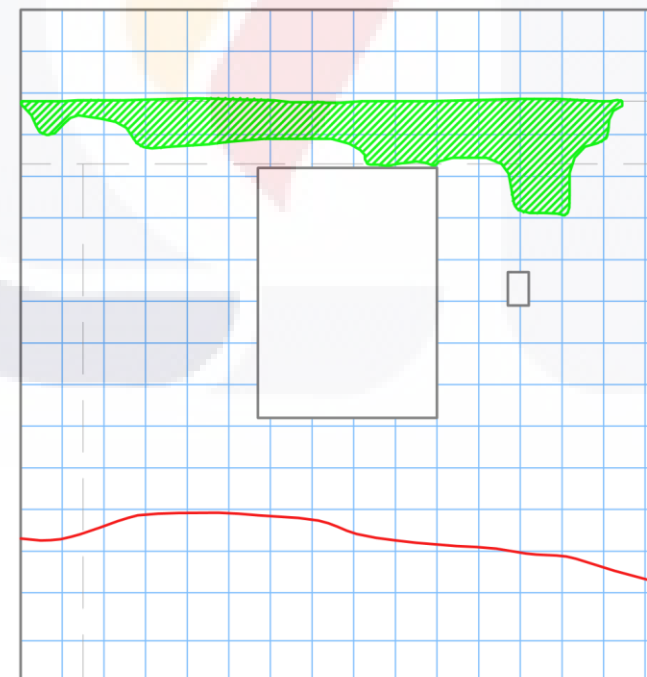
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 3
ESC. 1:18



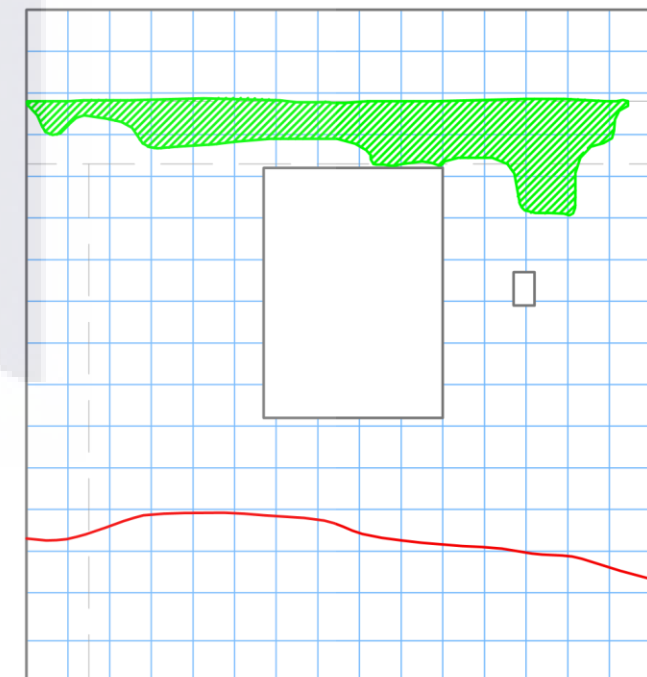
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 4
ESC. 1:18



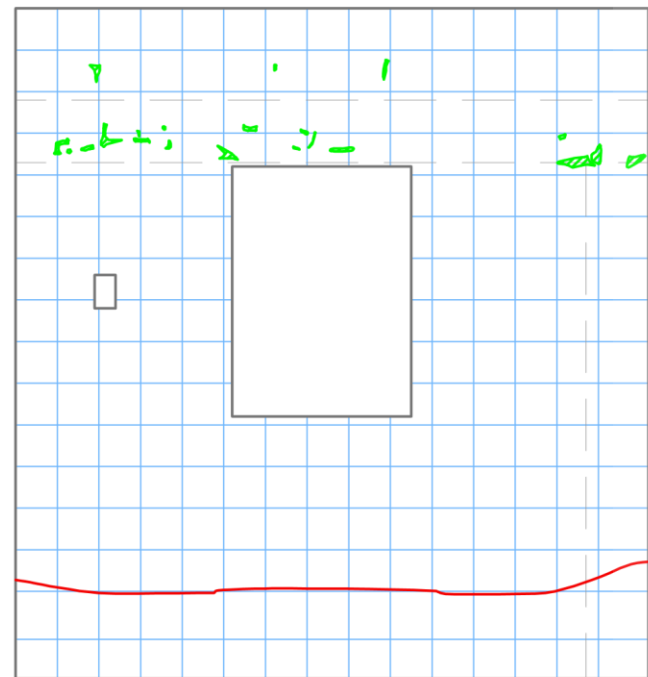
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 5
ESC. 1:18



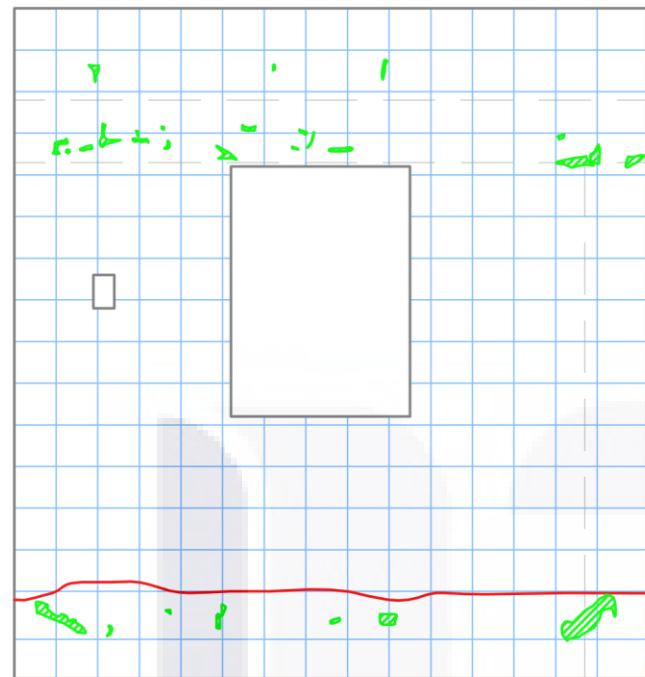
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 6
ESC. 1:18



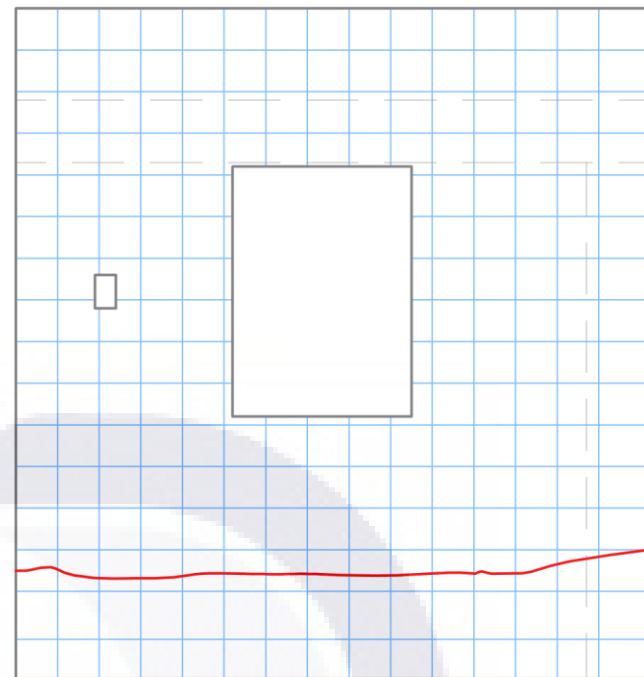
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 7
ESC. 1:18



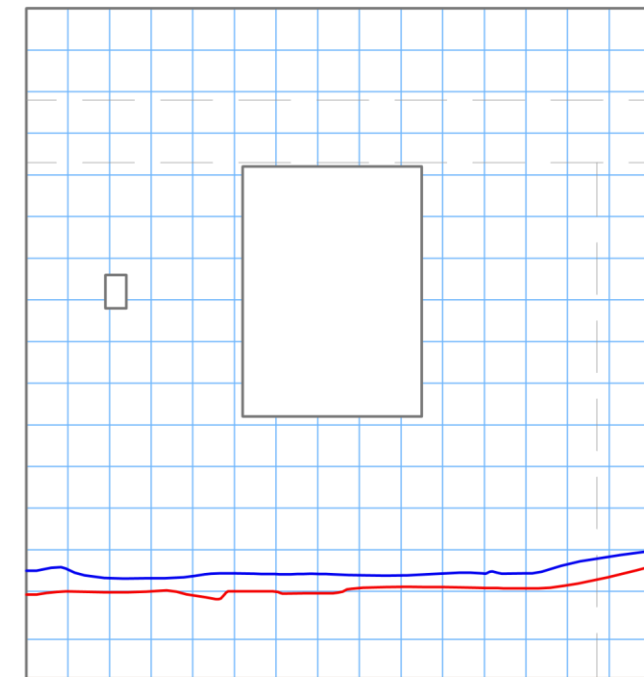
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 1
ESC. 1:18



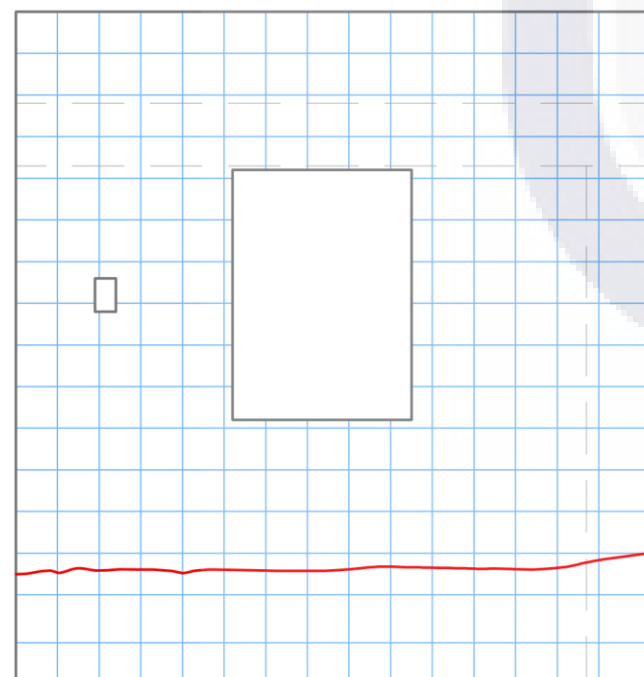
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 2
ESC. 1:18



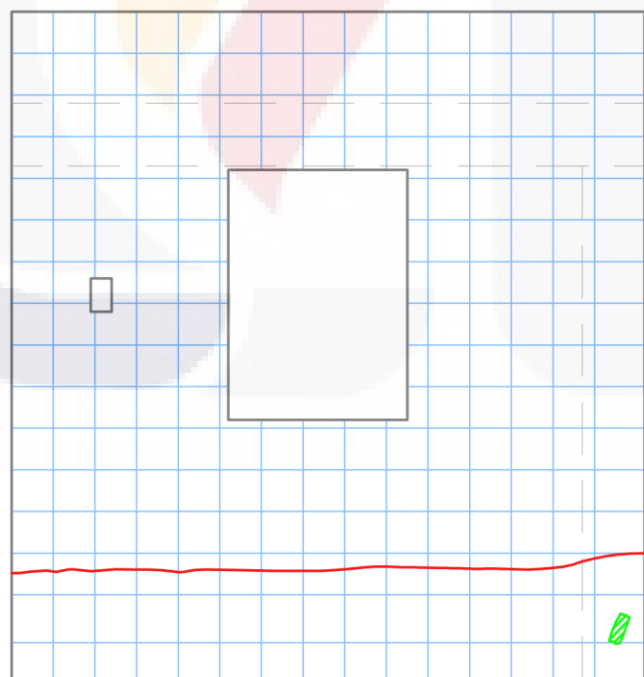
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 3
ESC. 1:18



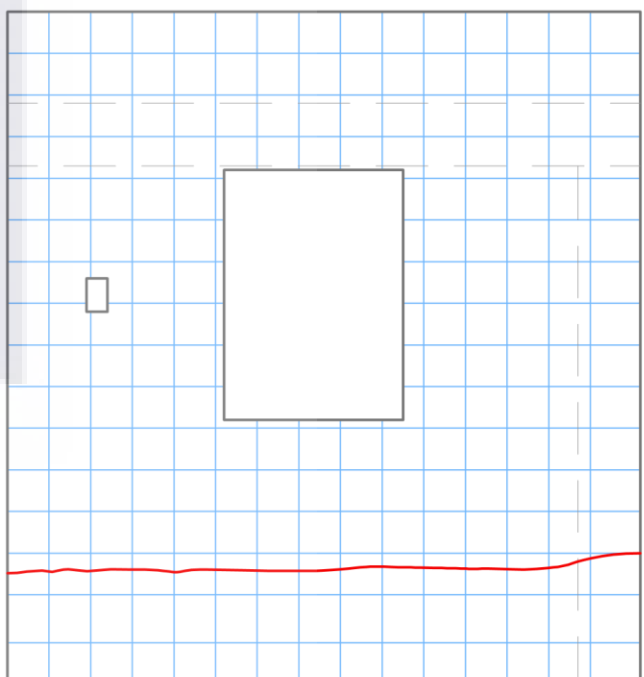
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 4
ESC. 1:18



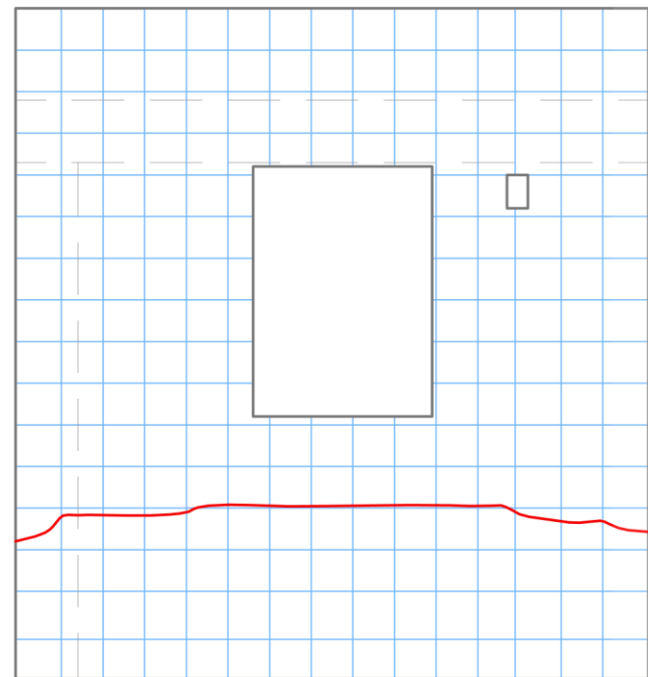
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 5
ESC. 1:18



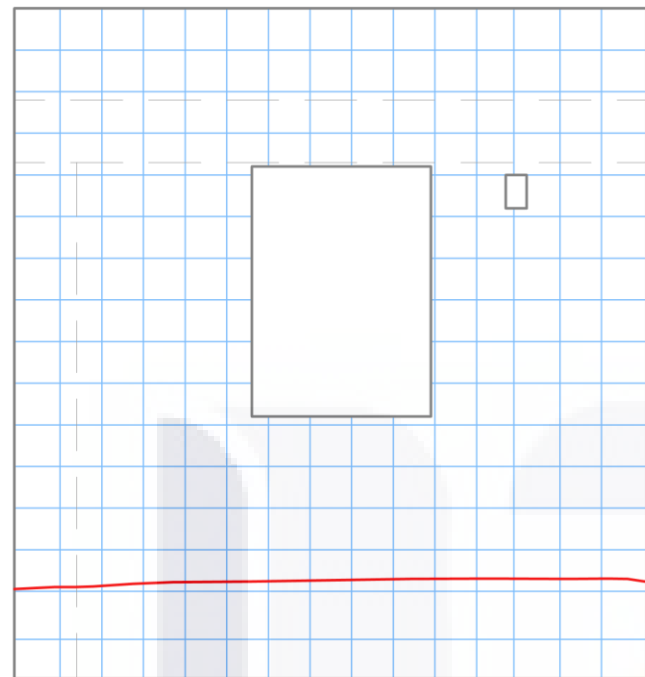
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 6
ESC. 1:18



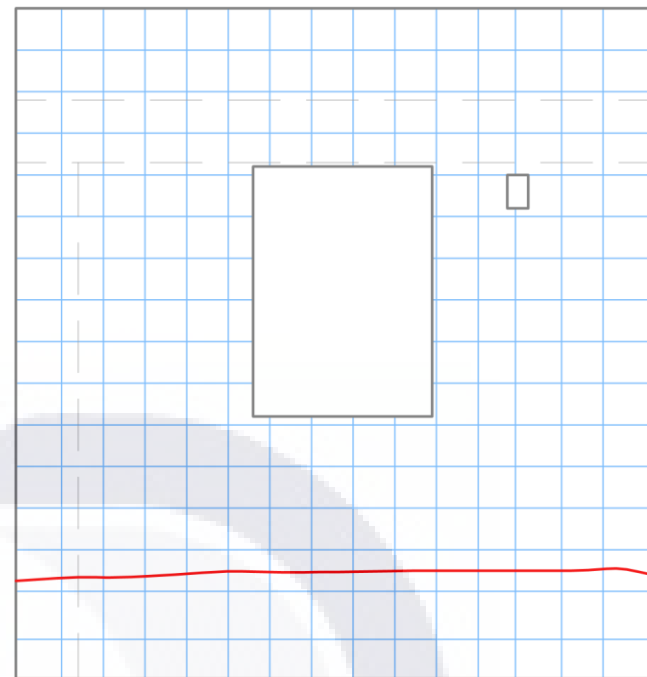
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 7
ESC. 1:18



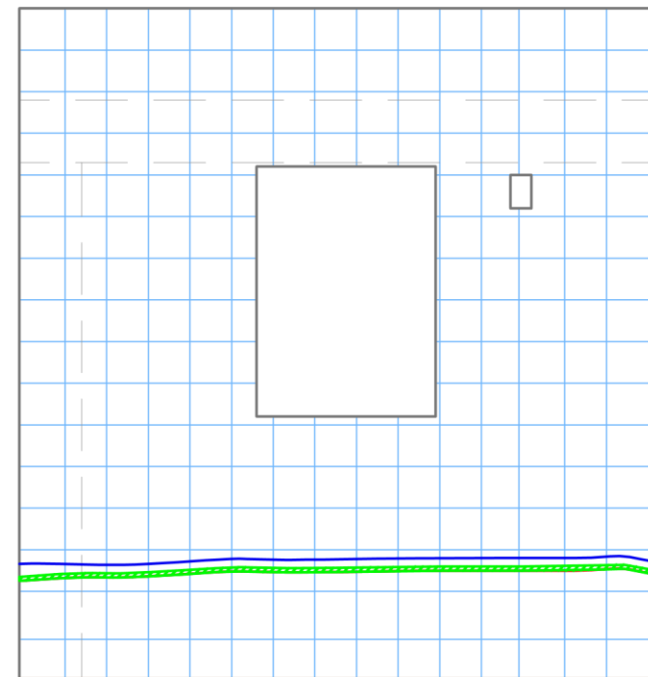
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 1
ESC. 1:18



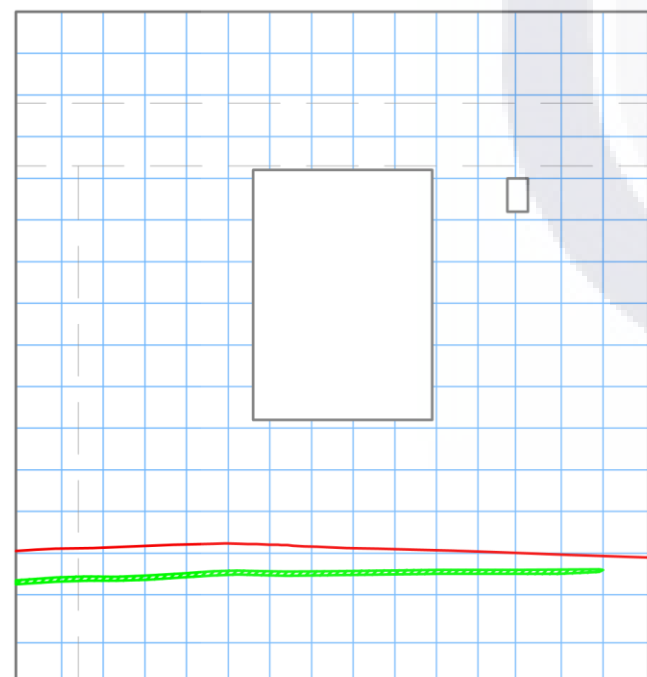
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 2
ESC. 1:18



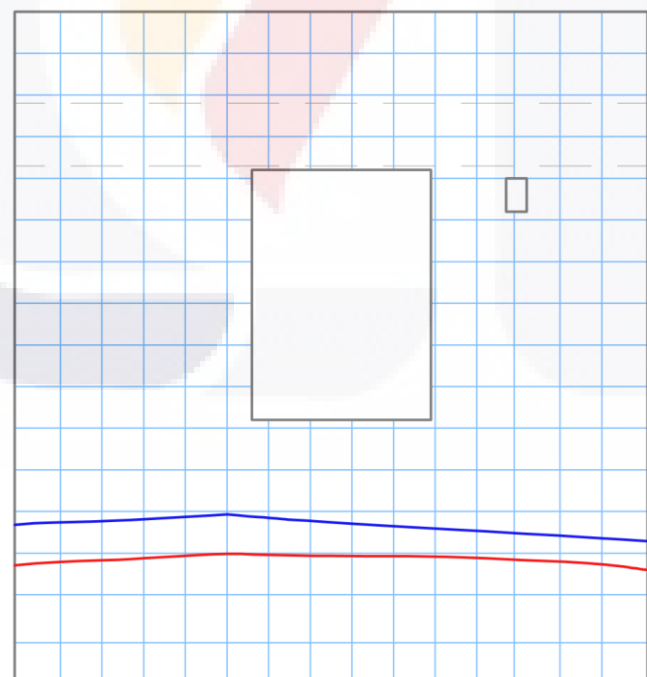
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 3
ESC. 1:18



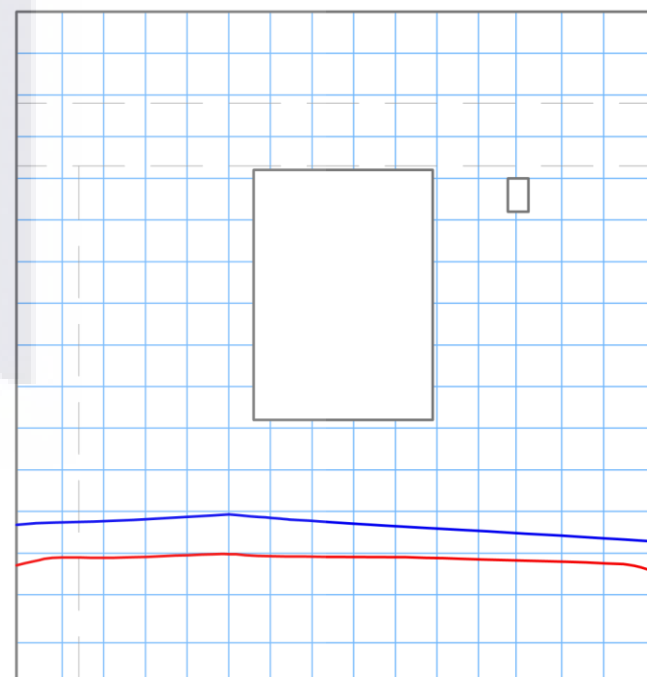
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 4
ESC. 1:18



MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 5
ESC. 1:18



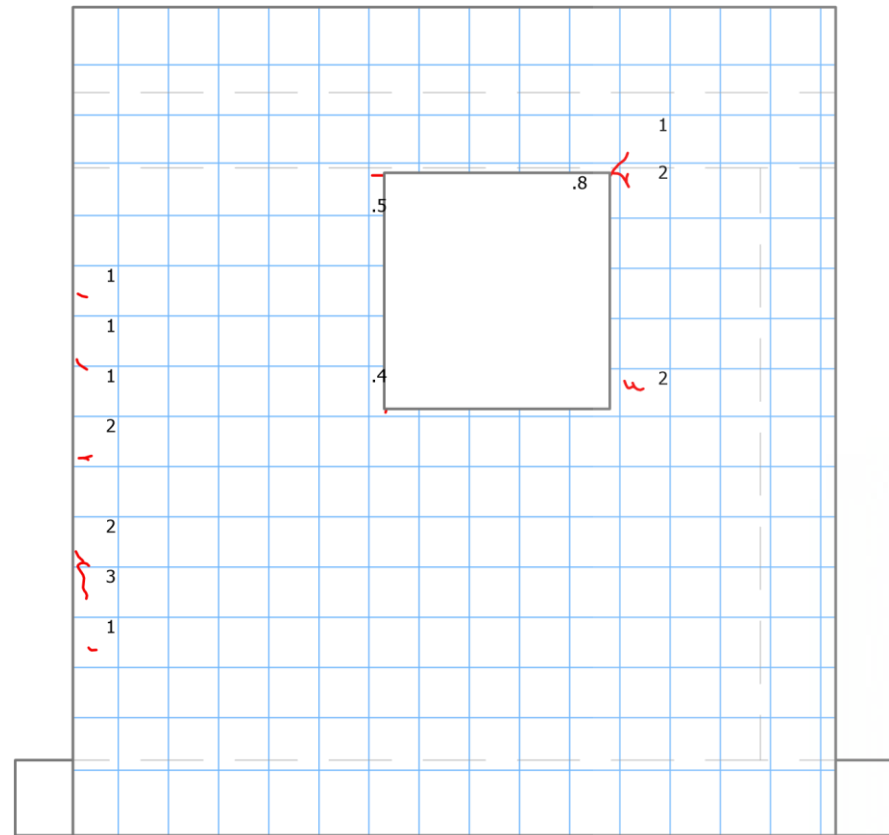
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 6
ESC. 1:18



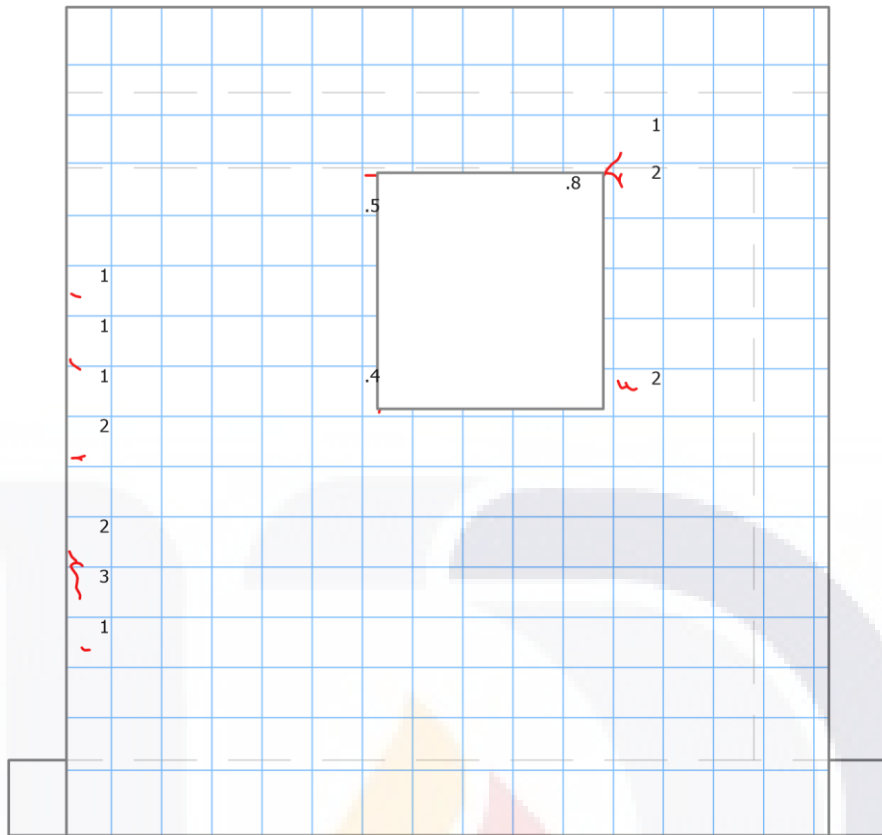
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 7
ESC. 1:18



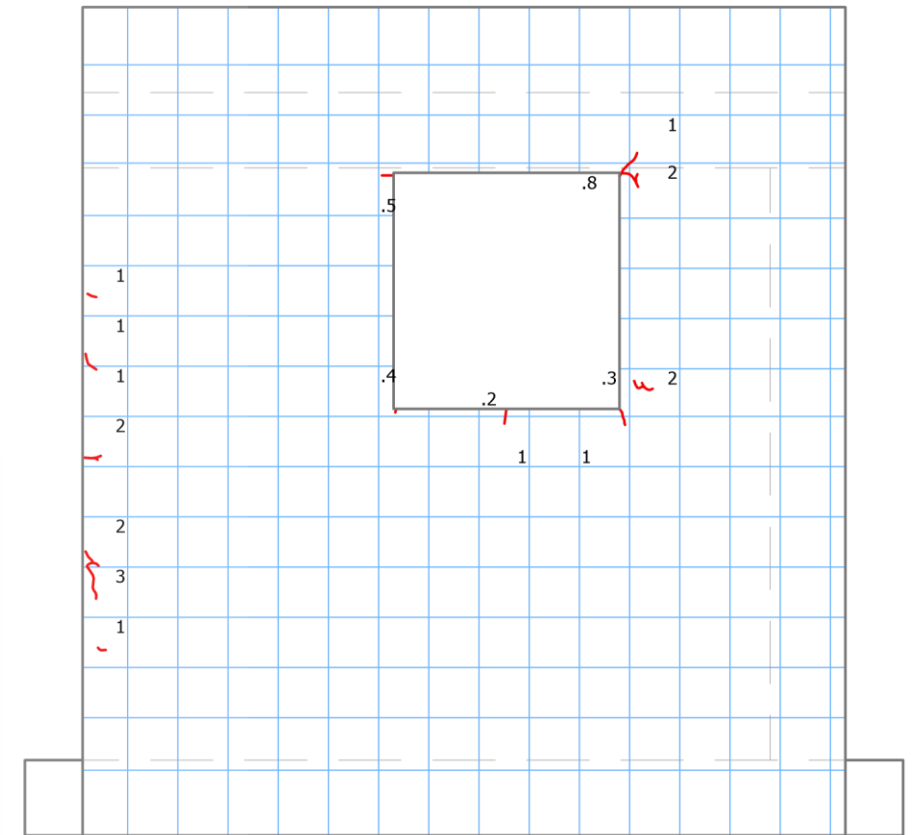
ANEXO C
MODELOS DE MURETES
CON ASIGNACIÓN DE VALORES A
CASILLAS CON REGISTRO DE FISURACIÓN



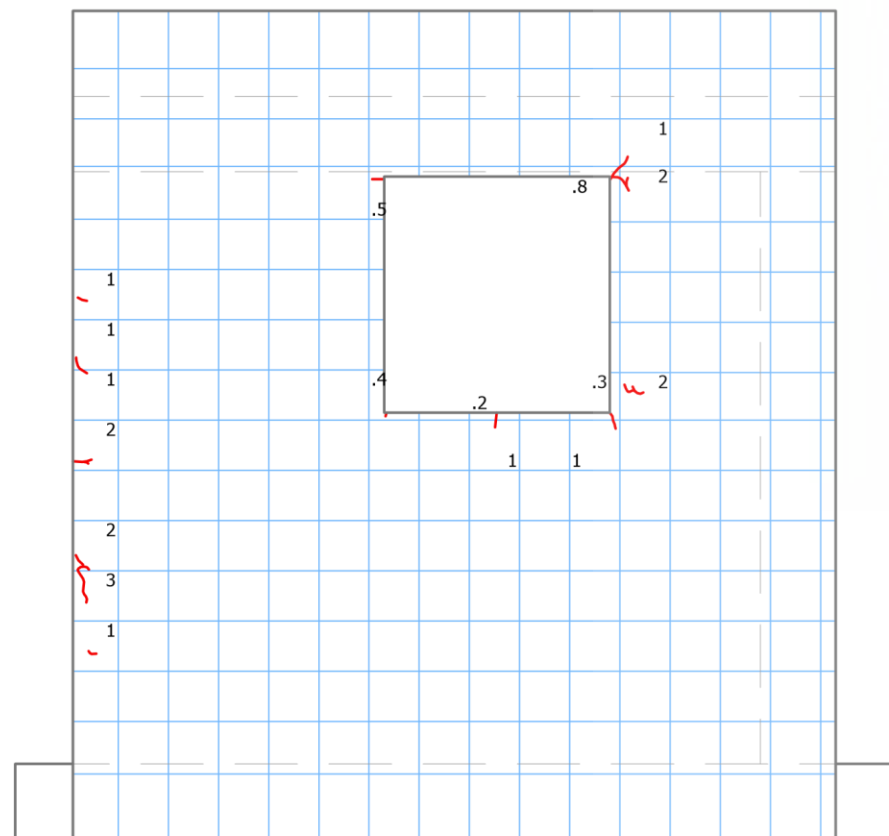
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 1 = 17.70
ESC. 1:15



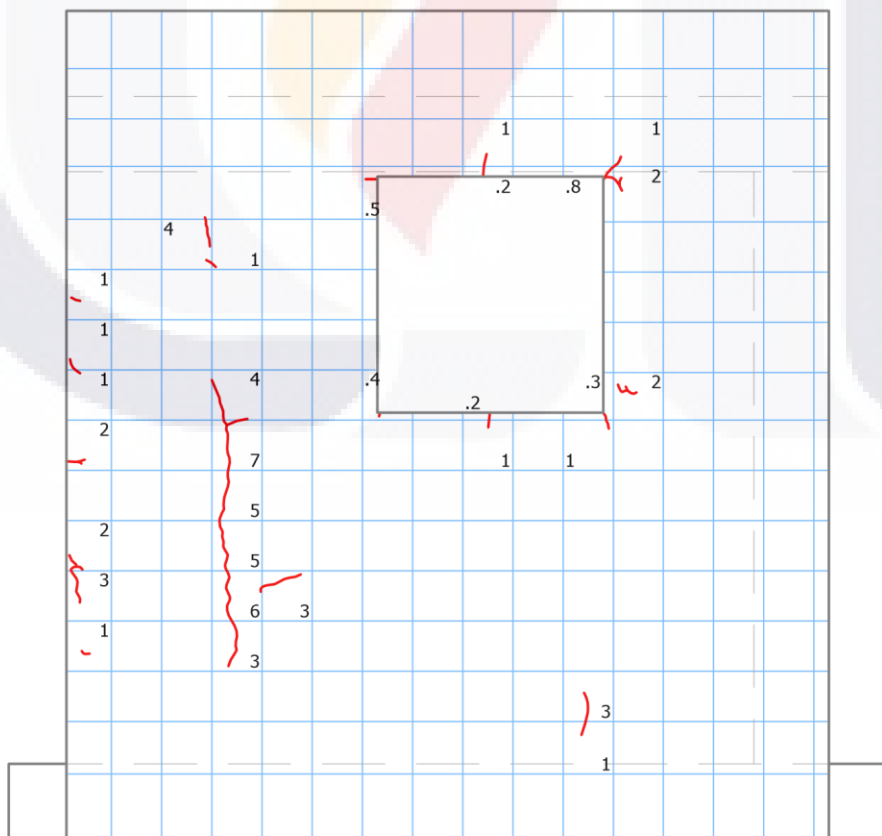
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 2 = 17.70
ESC. 1:15



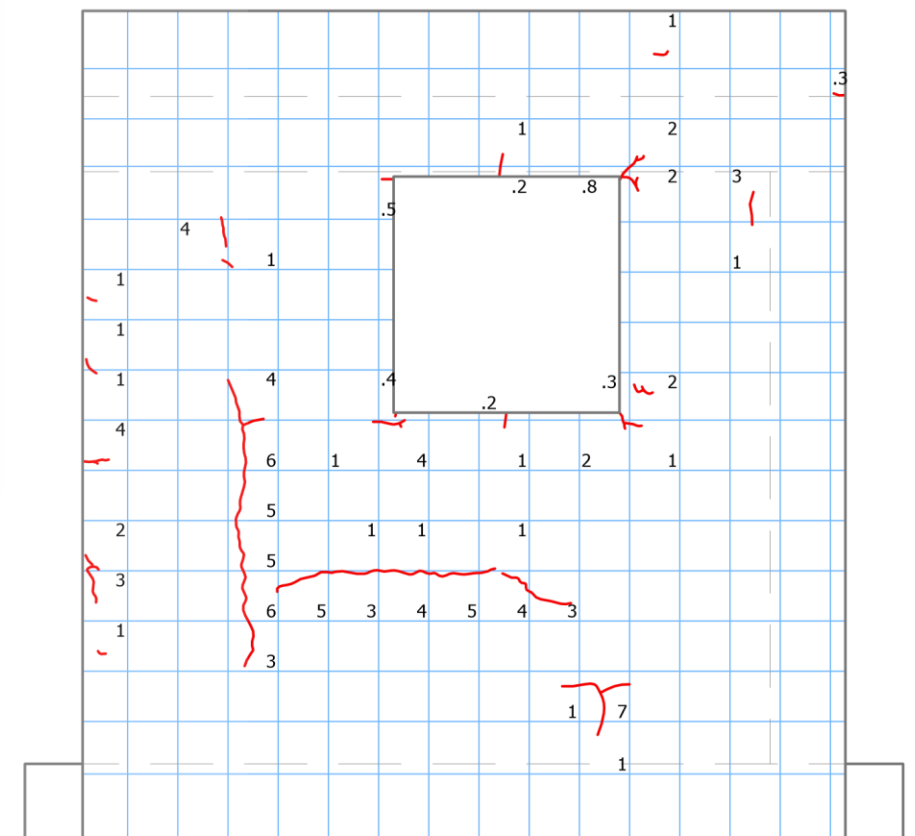
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 3 = 20.20
ESC. 1:15



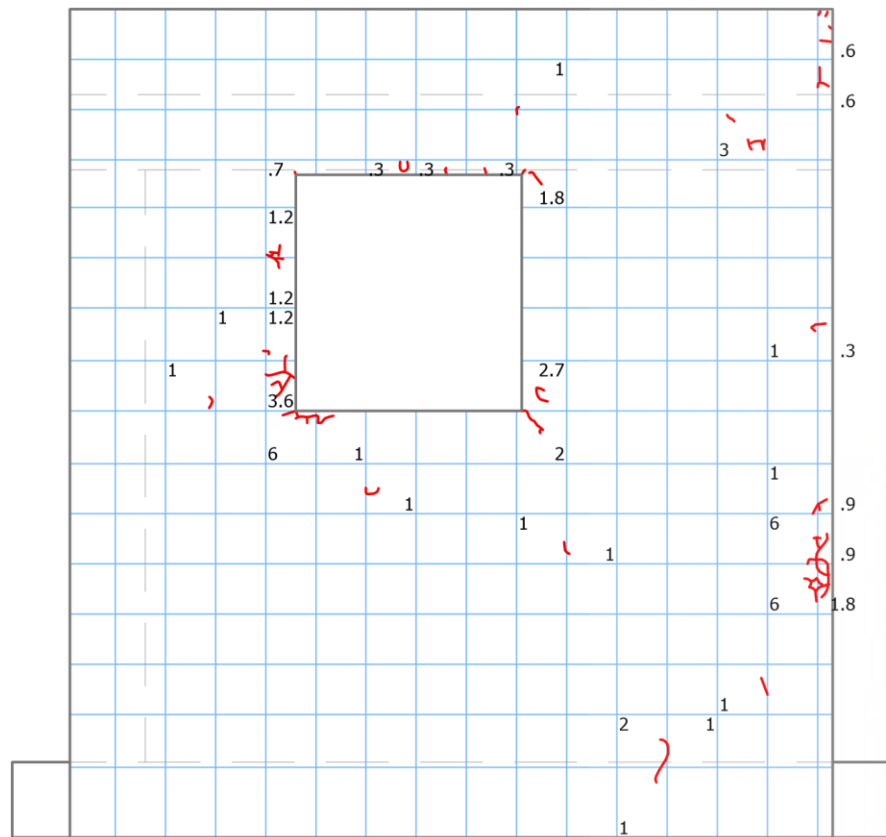
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 4 = 20.20
ESC. 1:15



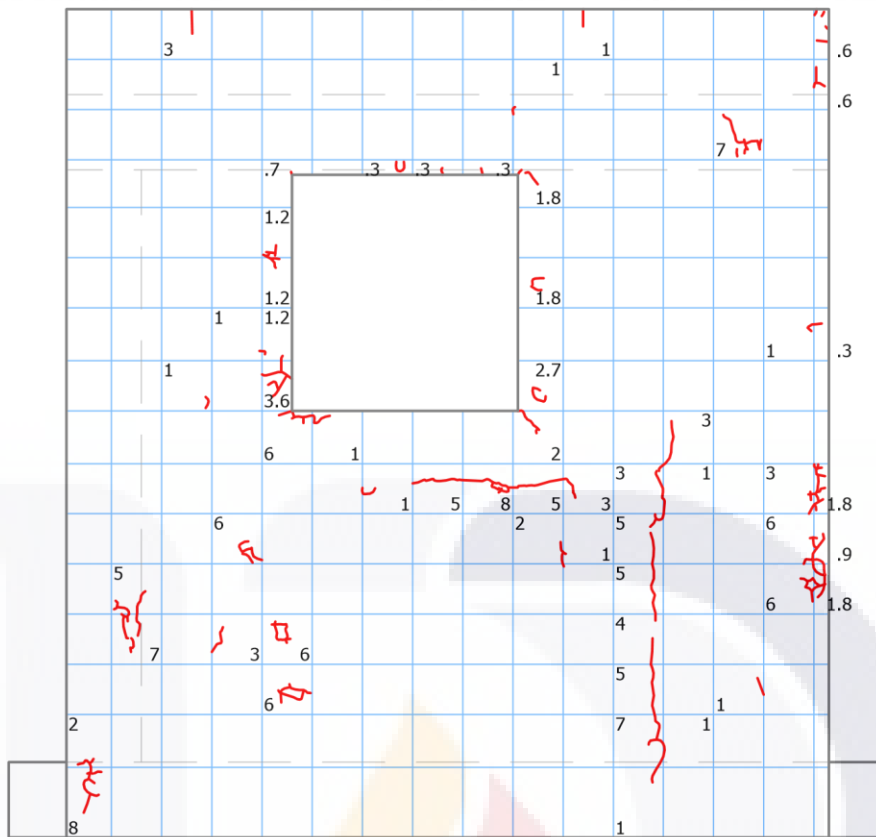
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 5 = 63.40
ESC. 1:15



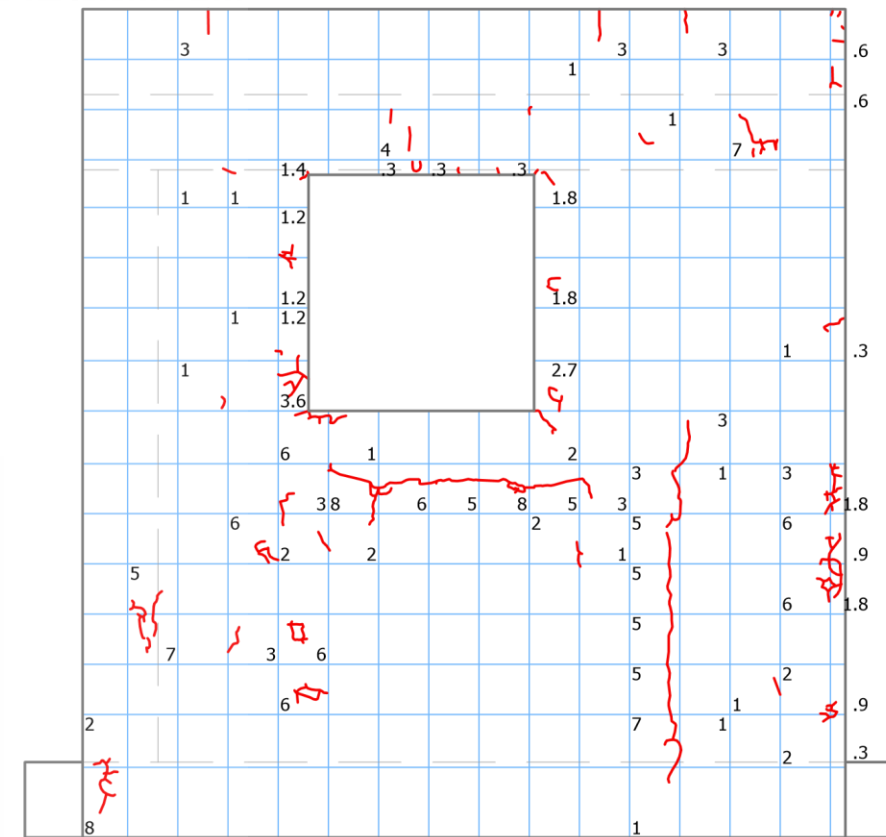
MTR 1-A-MCAL
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 6 = 106.7
ESC. 1:15



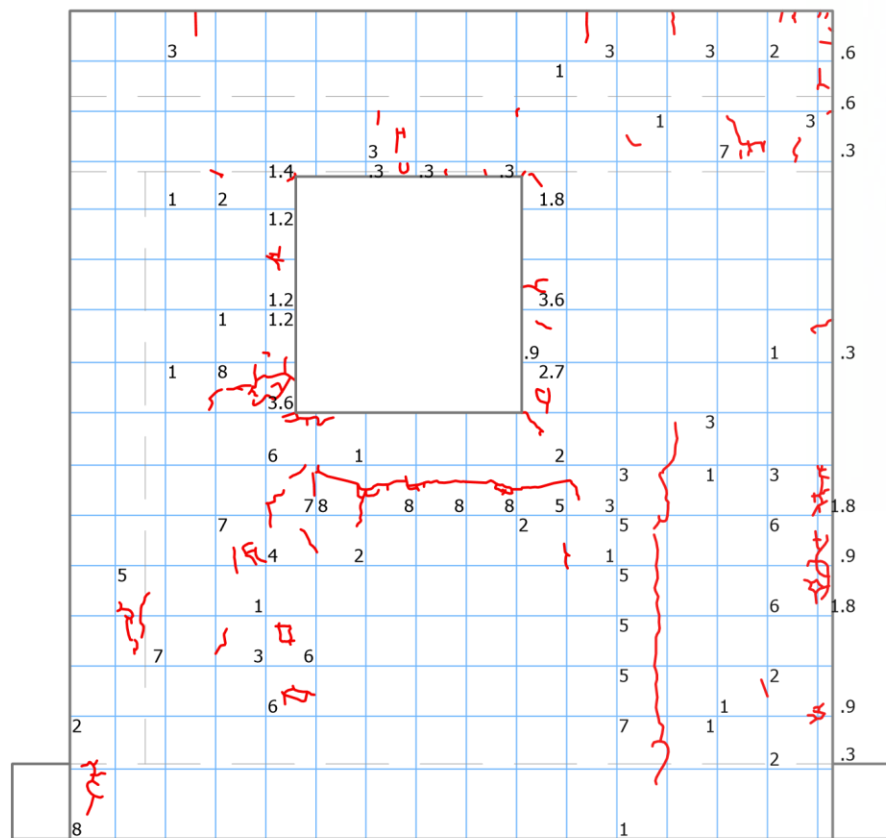
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 1 = 55.40
ESC. 1:15



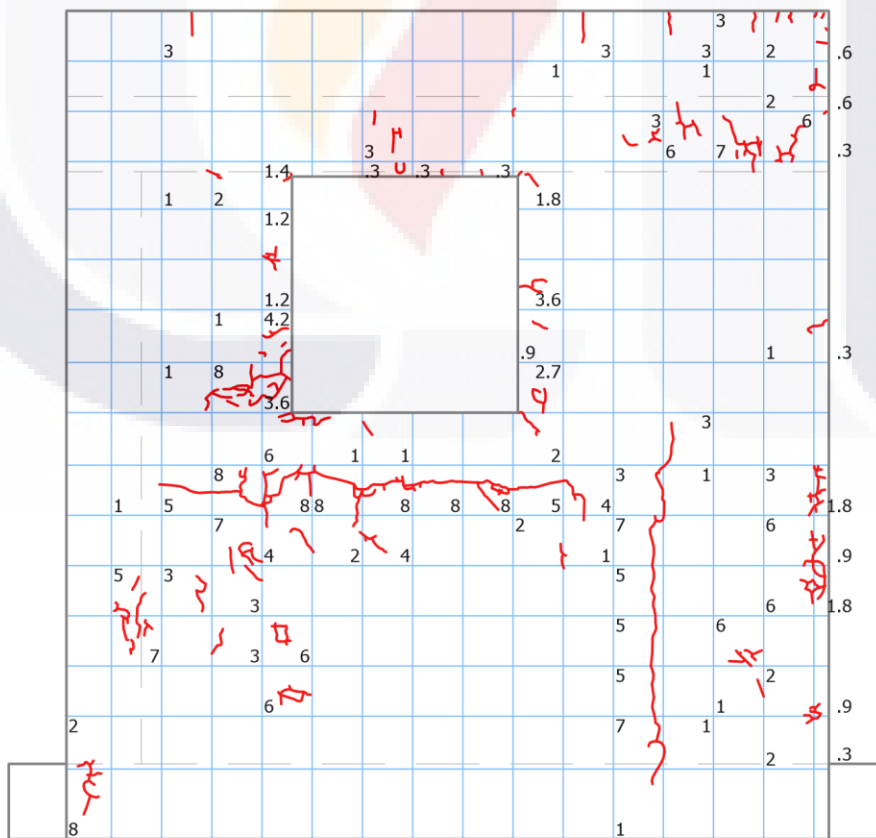
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 2 = 164.10
ESC. 1:15



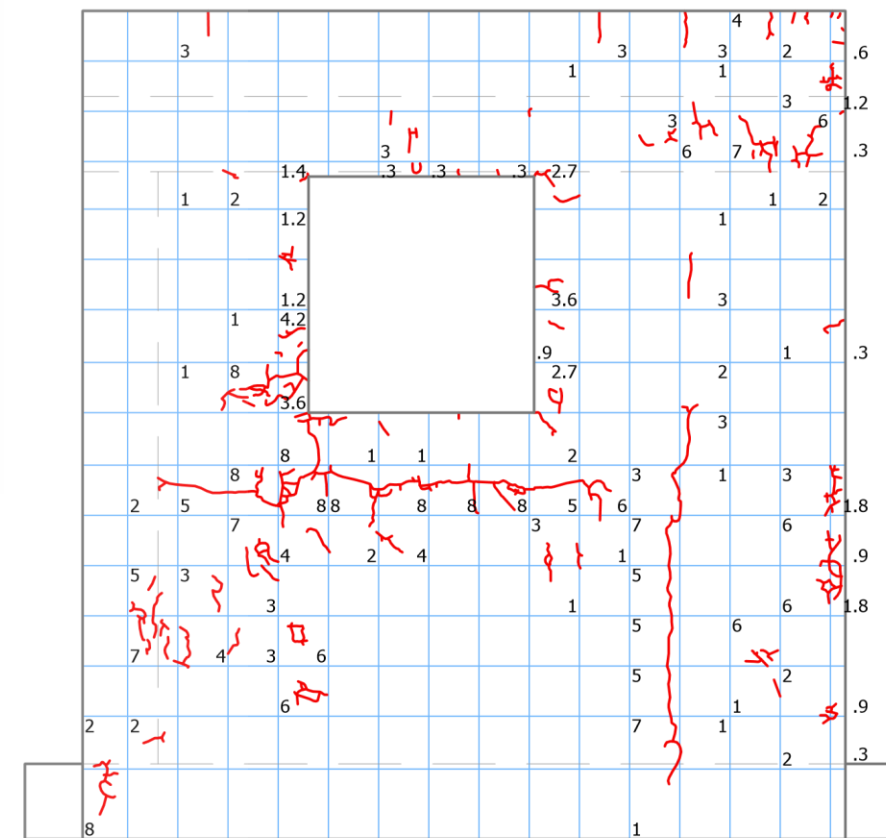
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 3 = 203.00
ESC. 1:15



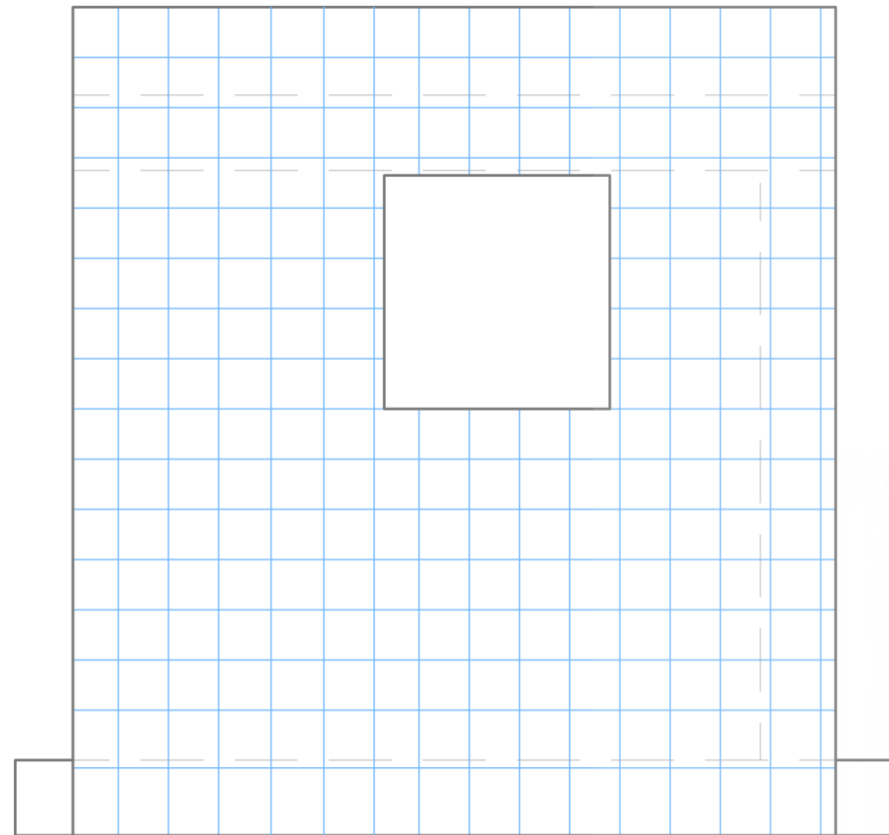
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 4 = 232.00
ESC. 1:15



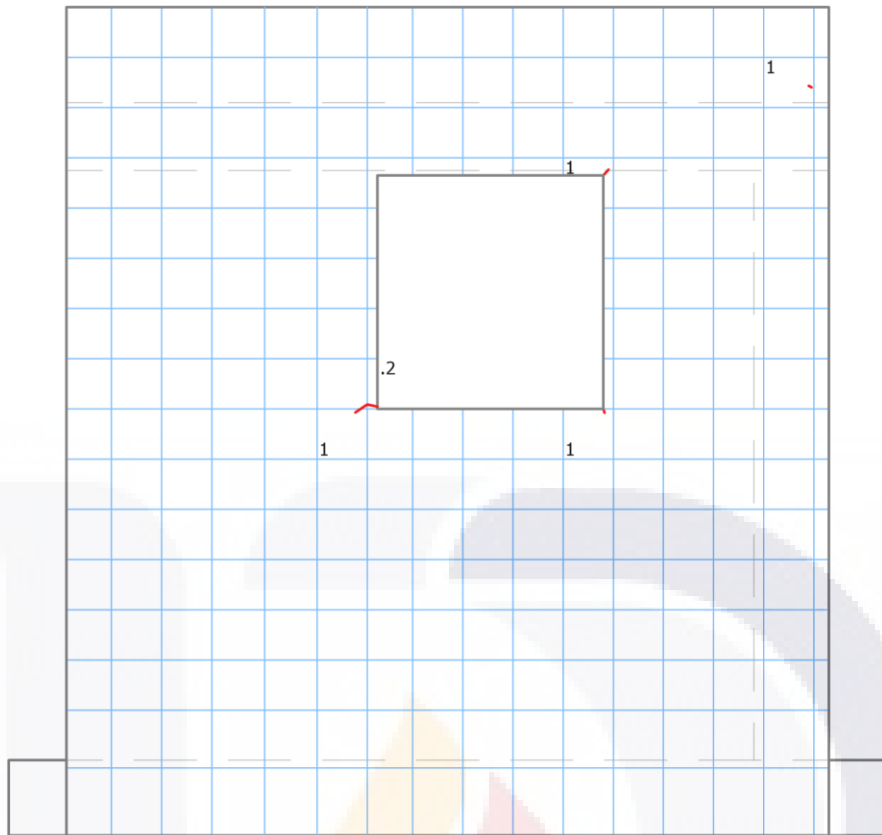
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 5 = 286.00
ESC. 1:15



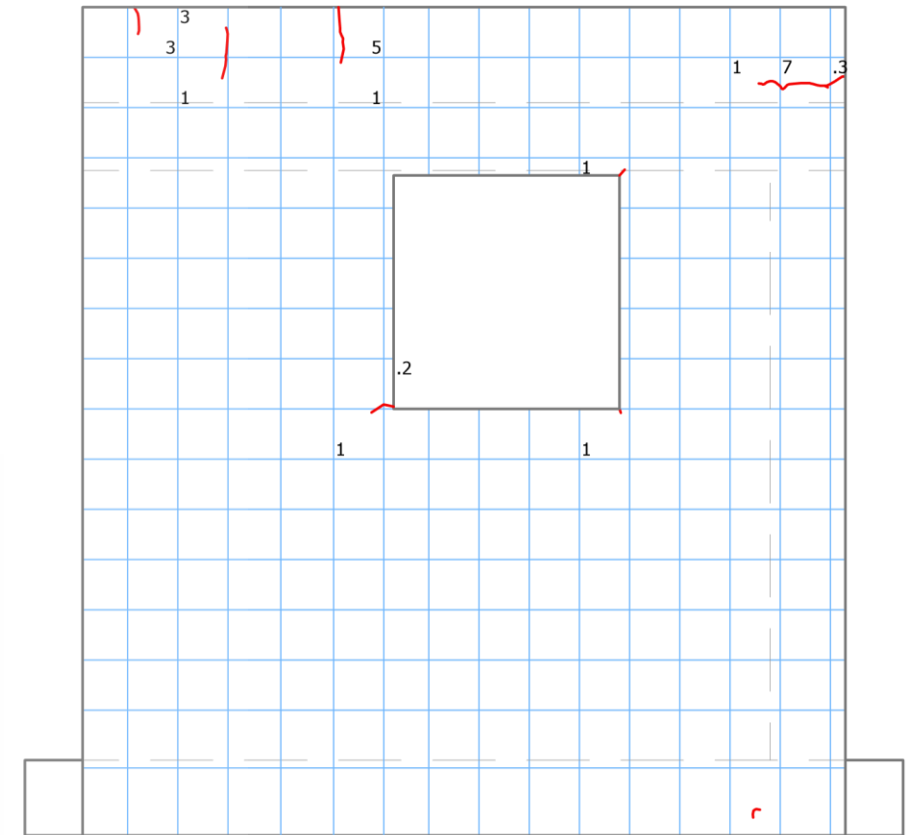
MTR 1-B-MCCA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 6 = 311.50
ESC. 1:15



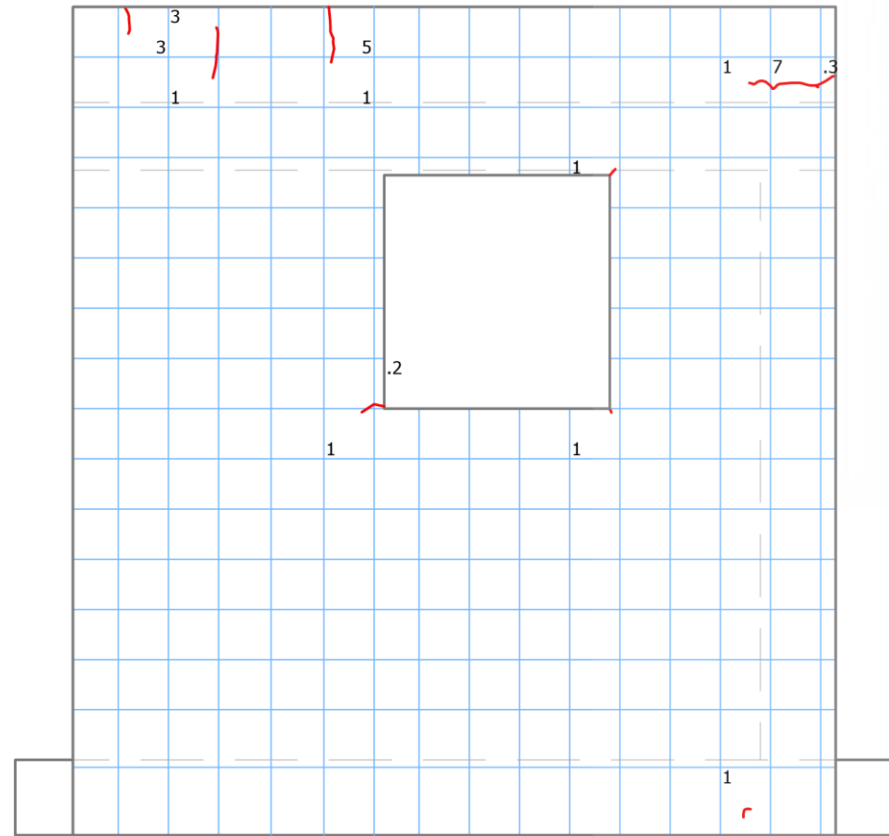
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 1 = 0.00
ESC. 1:15



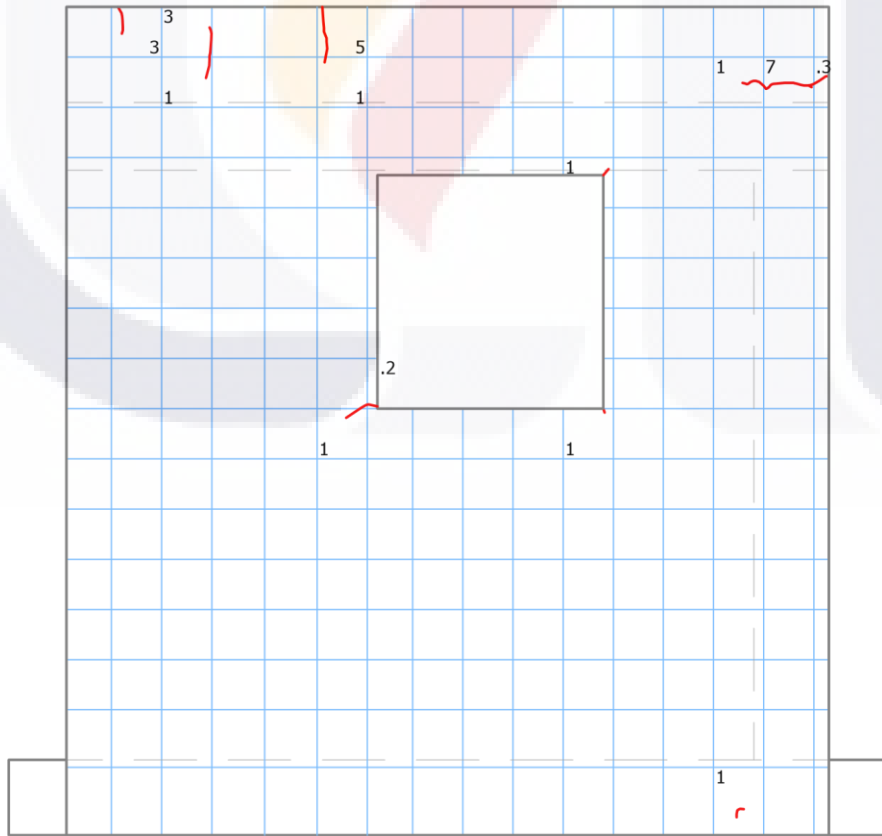
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 2 = 3.20
ESC. 1:15



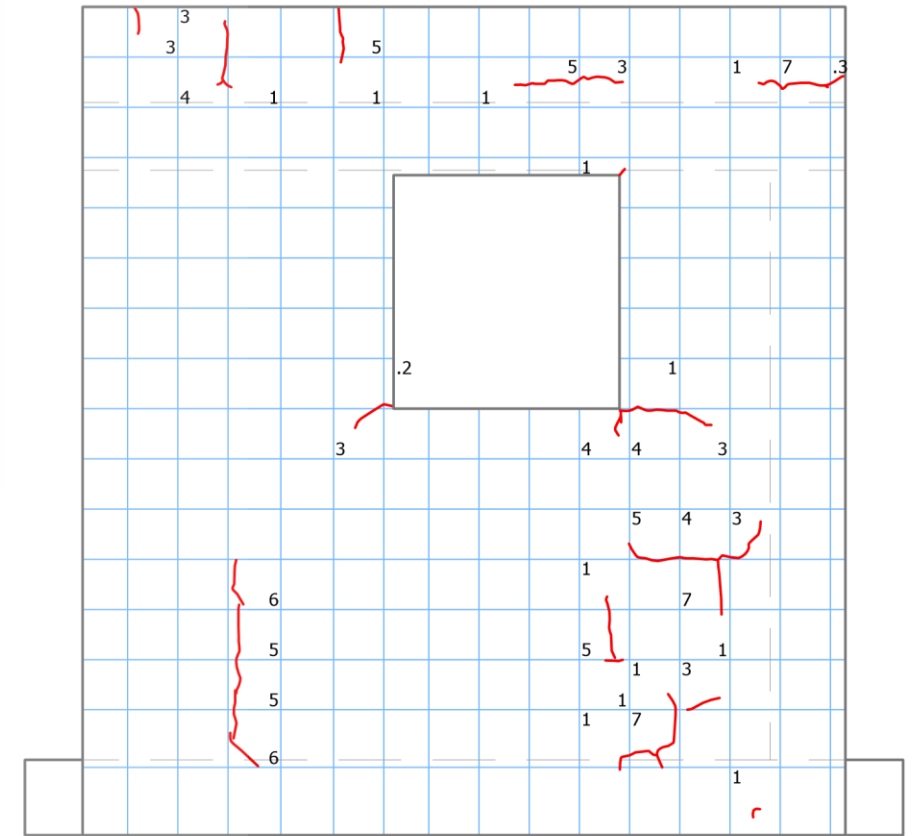
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 3 = 24.50
ESC. 1:15



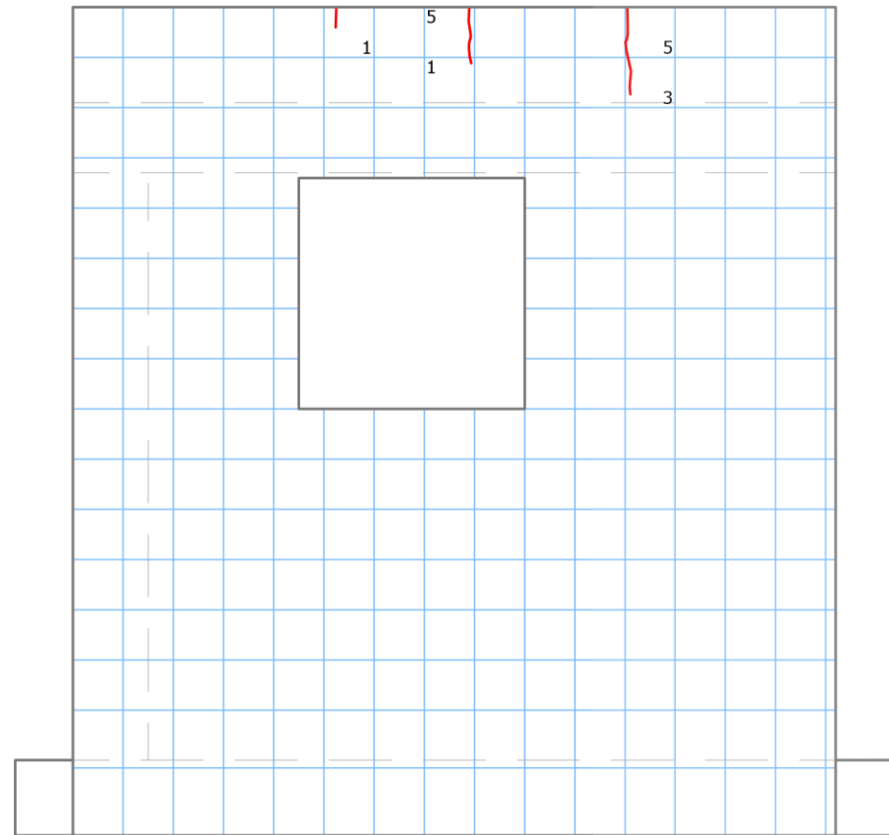
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 4 = 25.50
ESC. 1:15



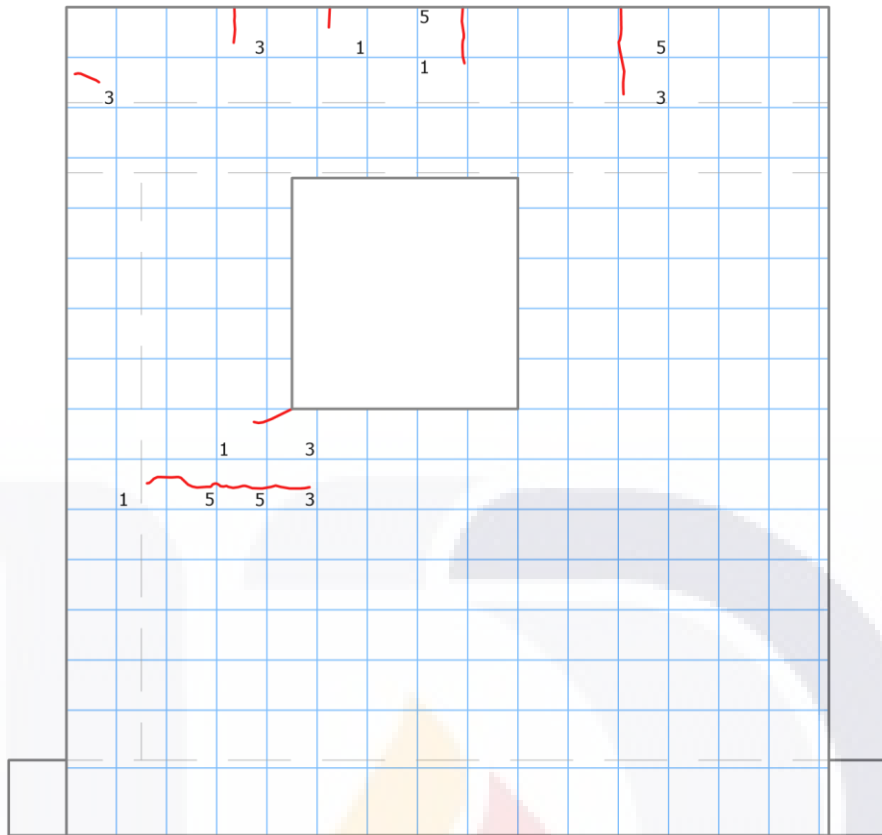
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 5 = 25.50
ESC. 1:15



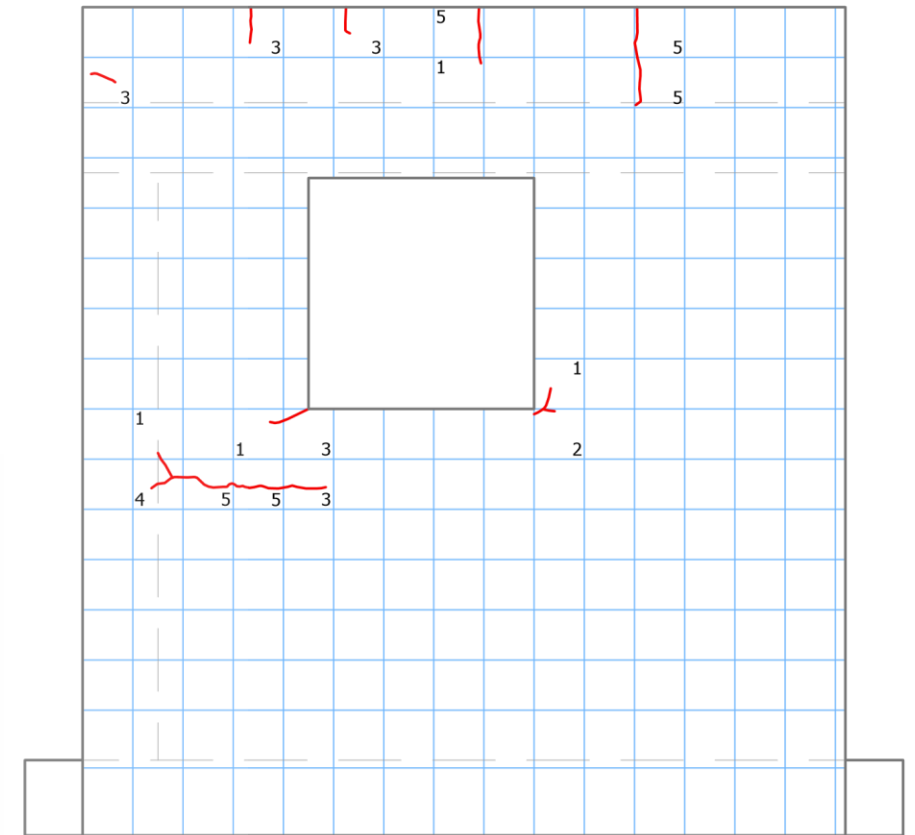
MTR 2-A-MCPA
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 6 = 112.50
ESC. 1:15



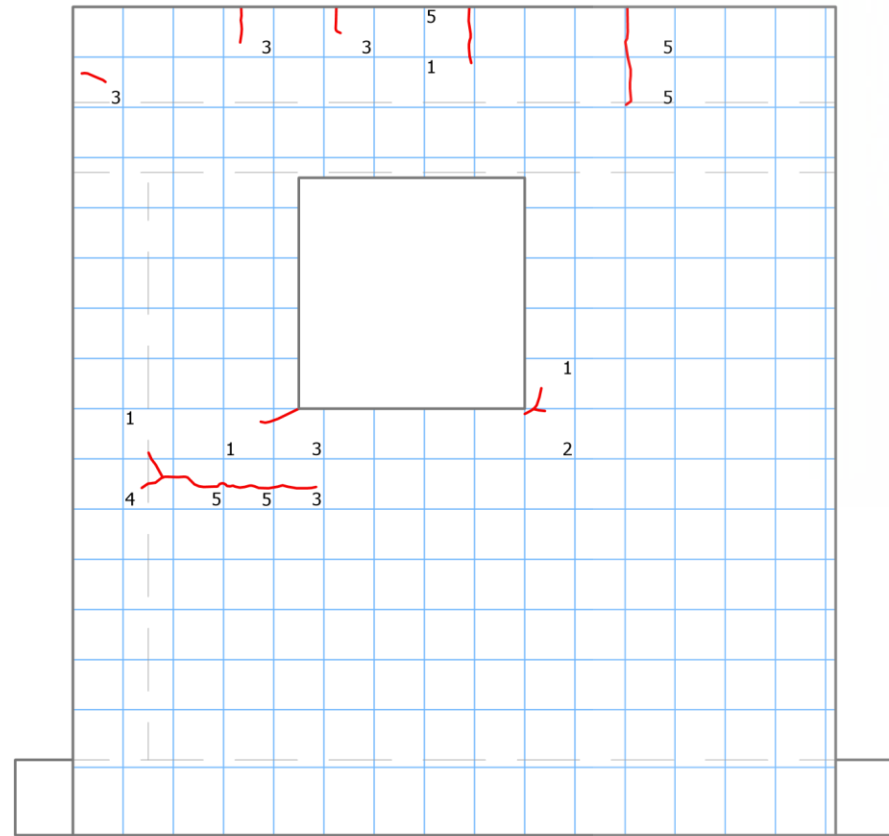
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 1 = 14.00
ESC. 1:15



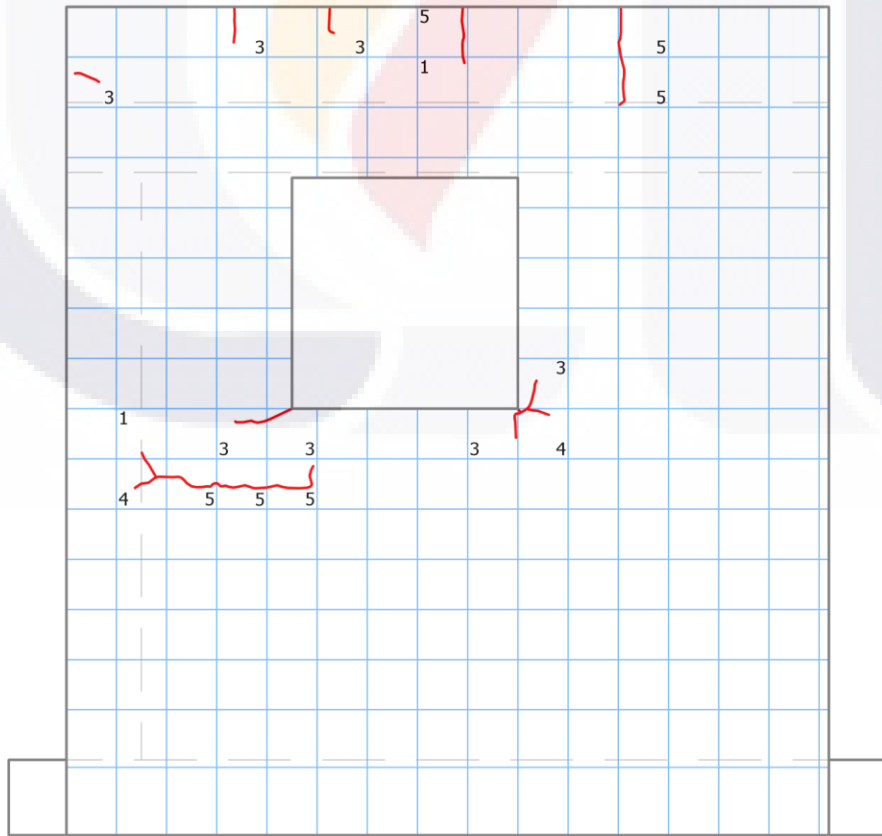
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 2 = 39.00
ESC. 1:15



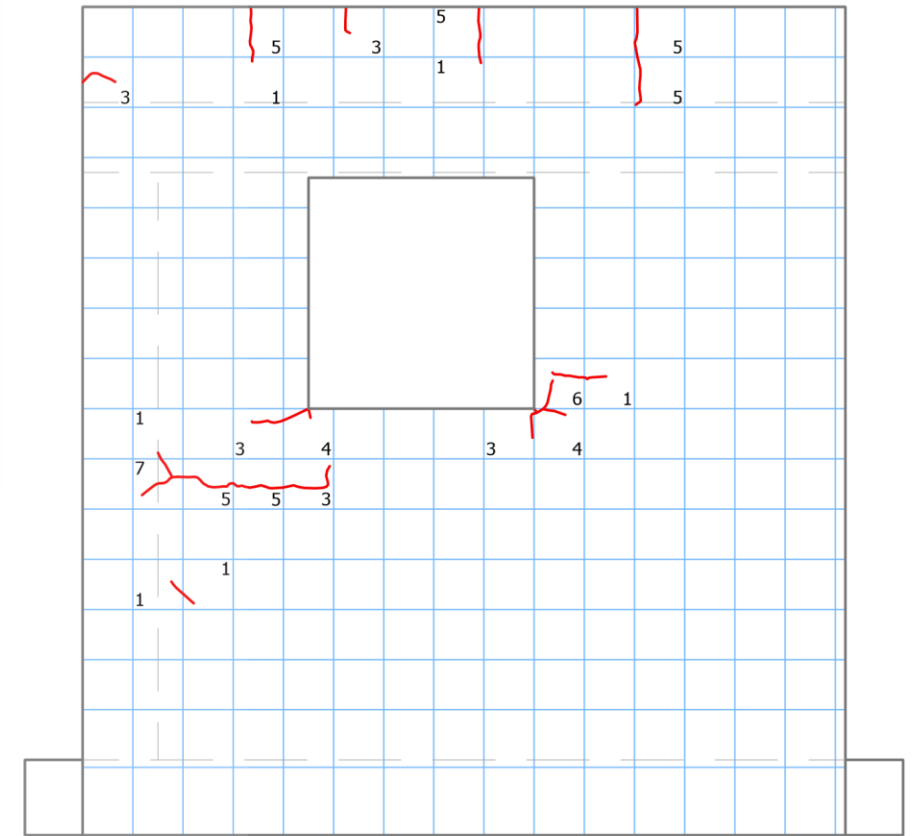
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 3 = 50.00
ESC. 1:15



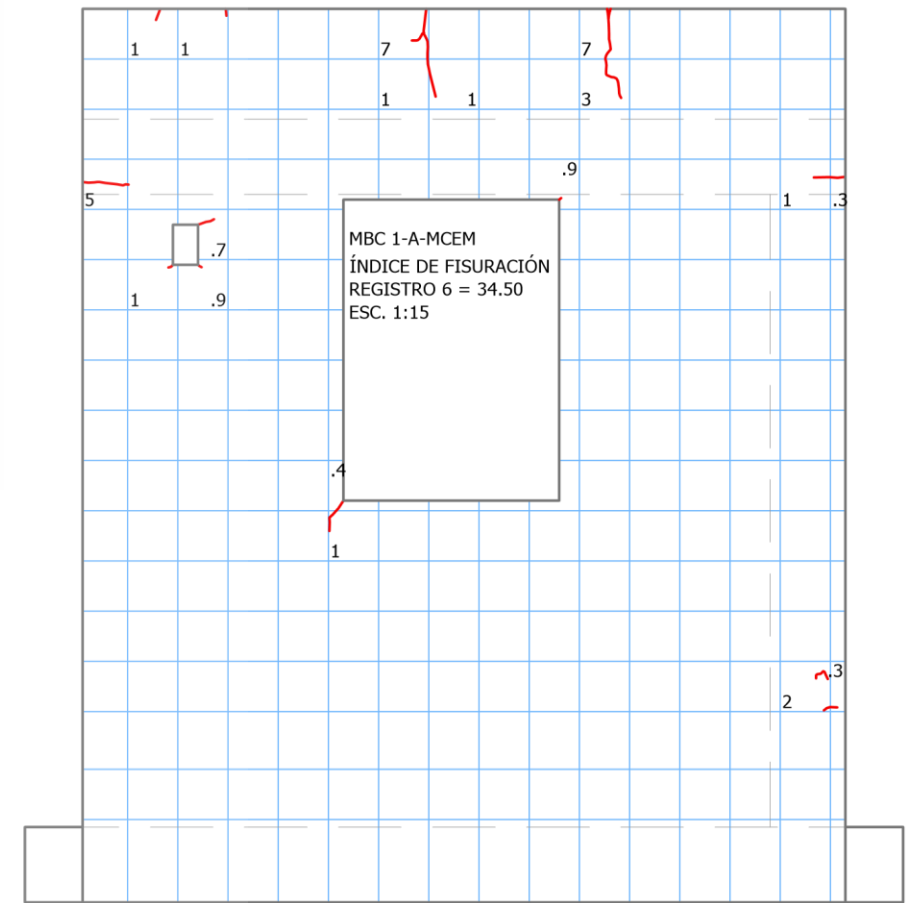
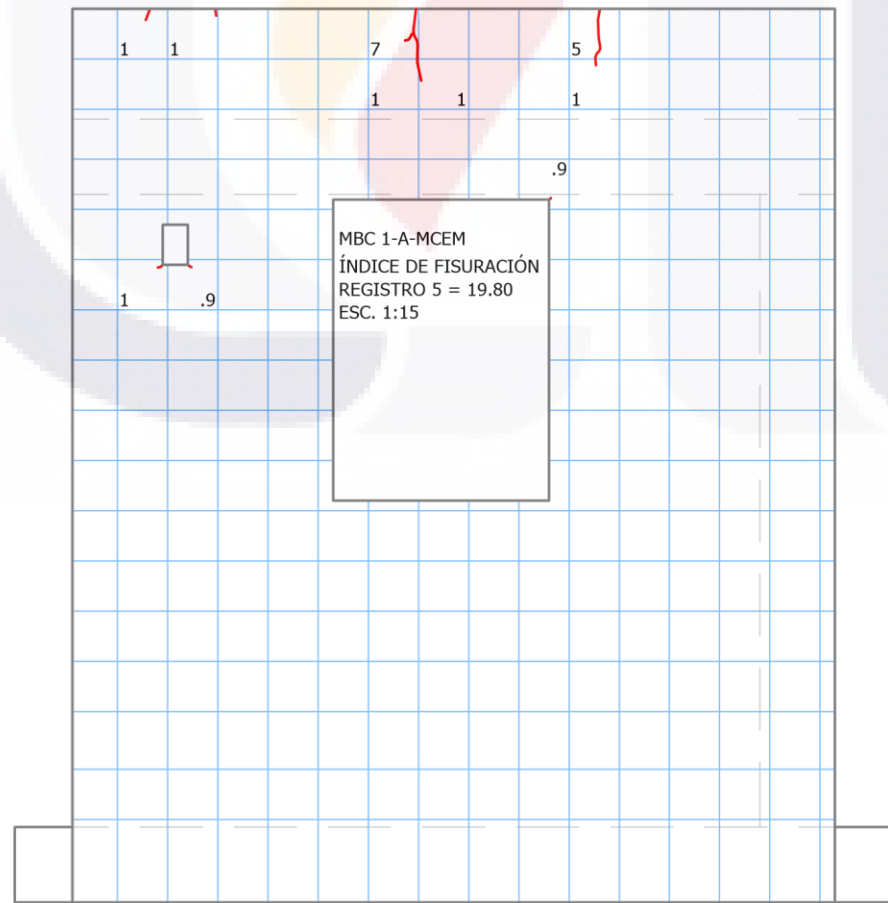
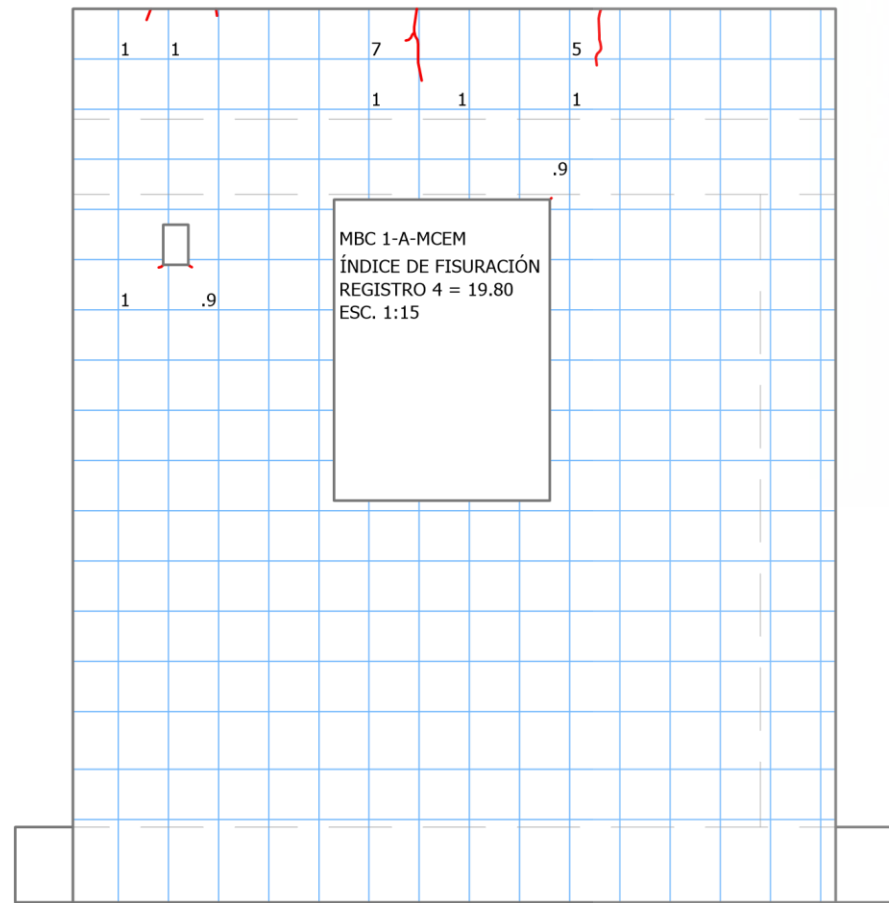
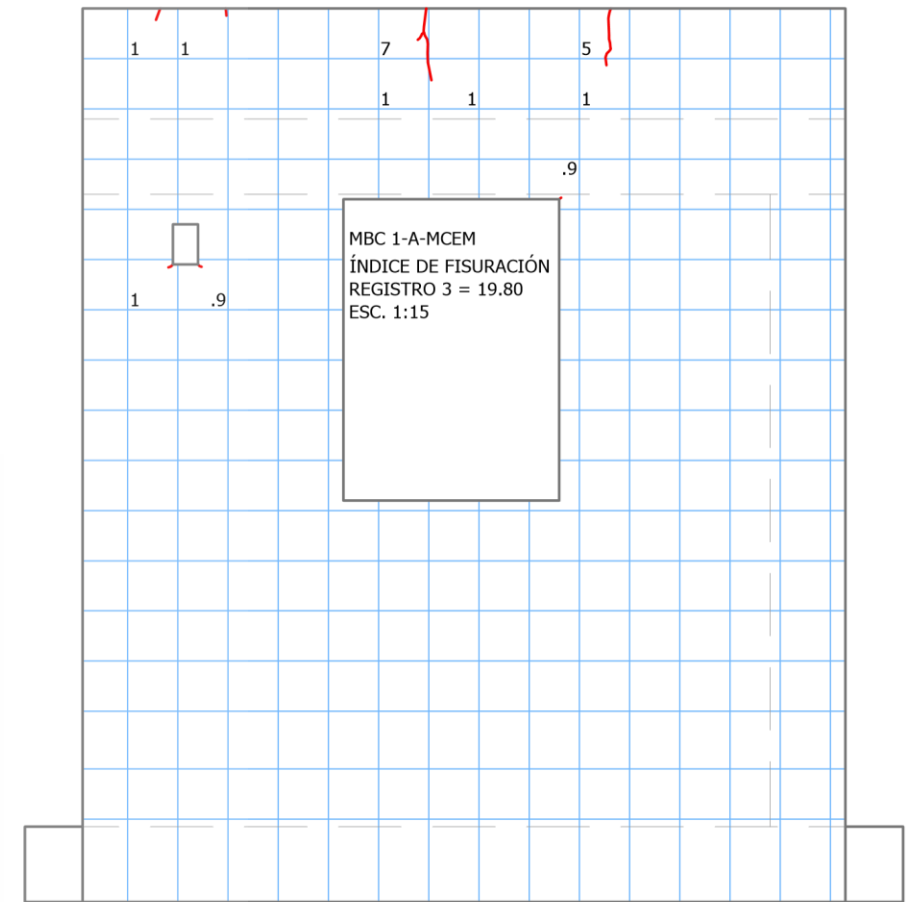
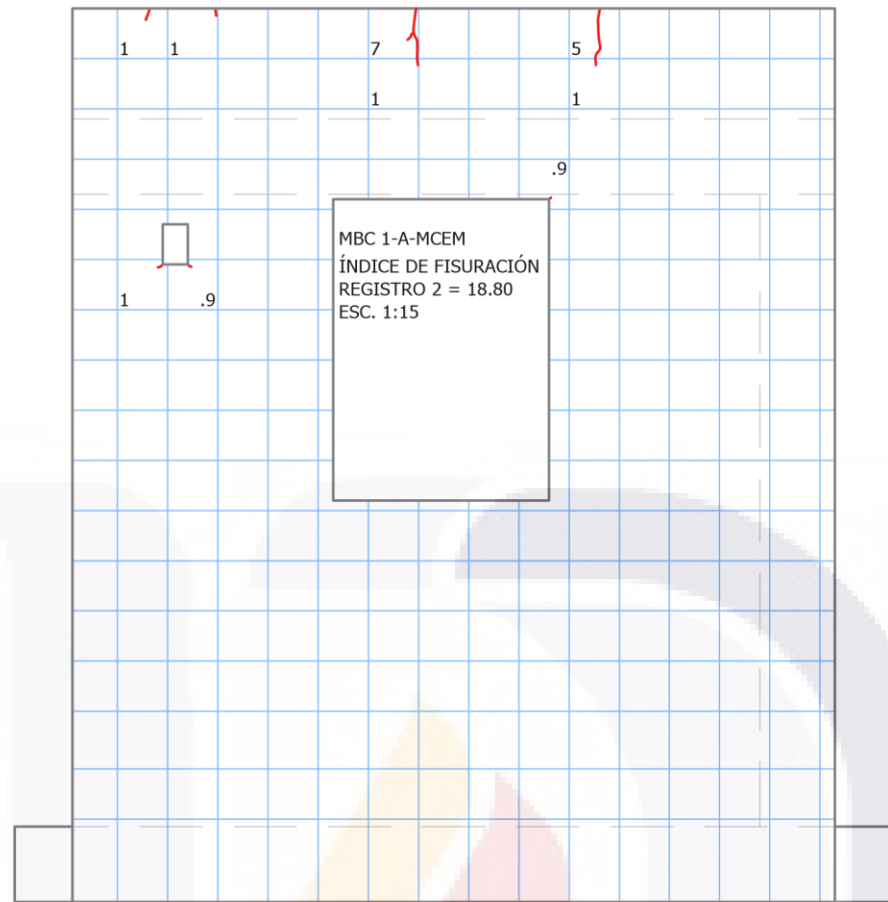
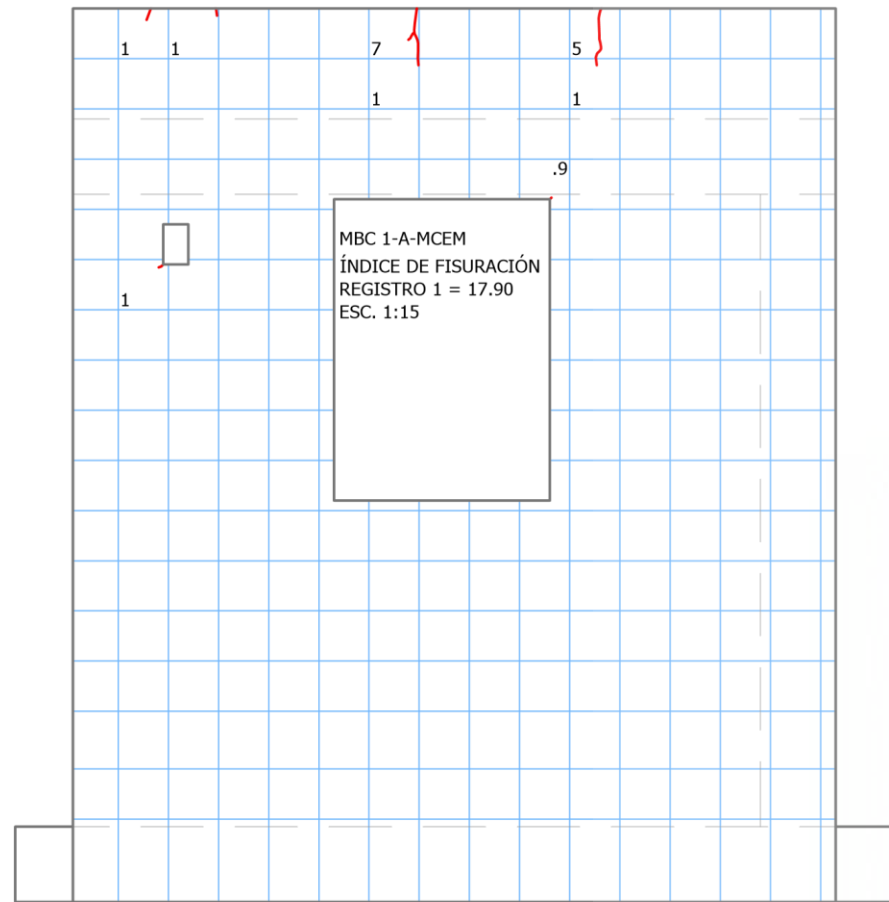
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 4 = 50.00
ESC. 1:15

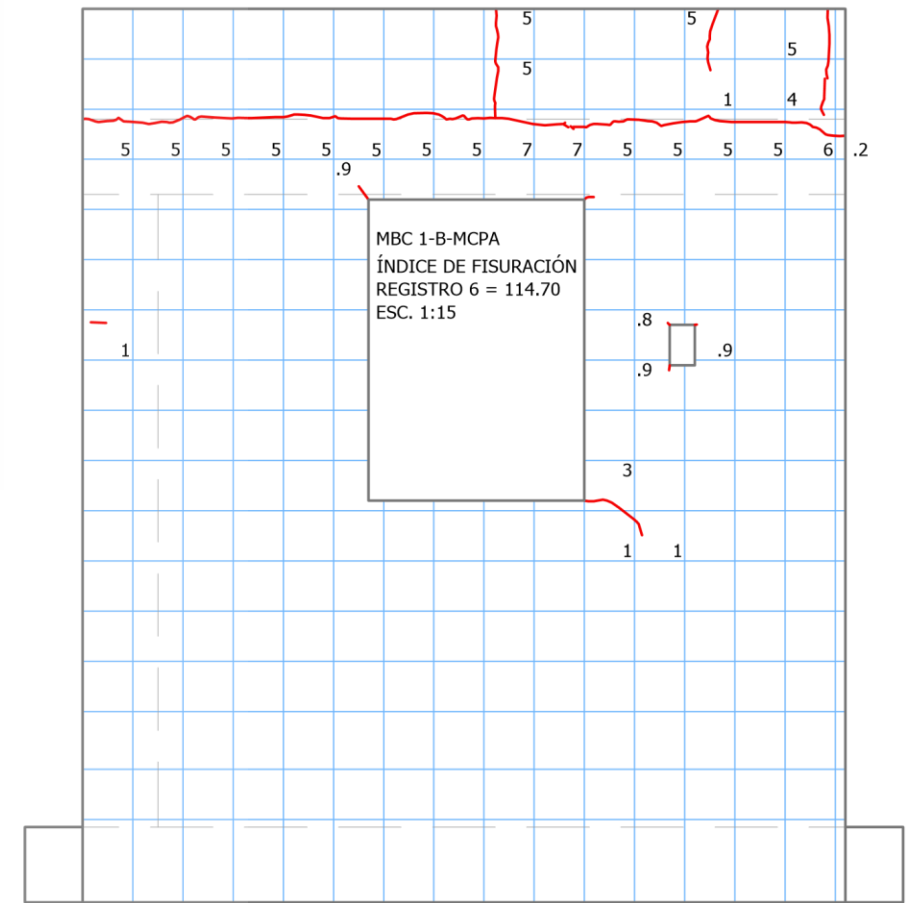
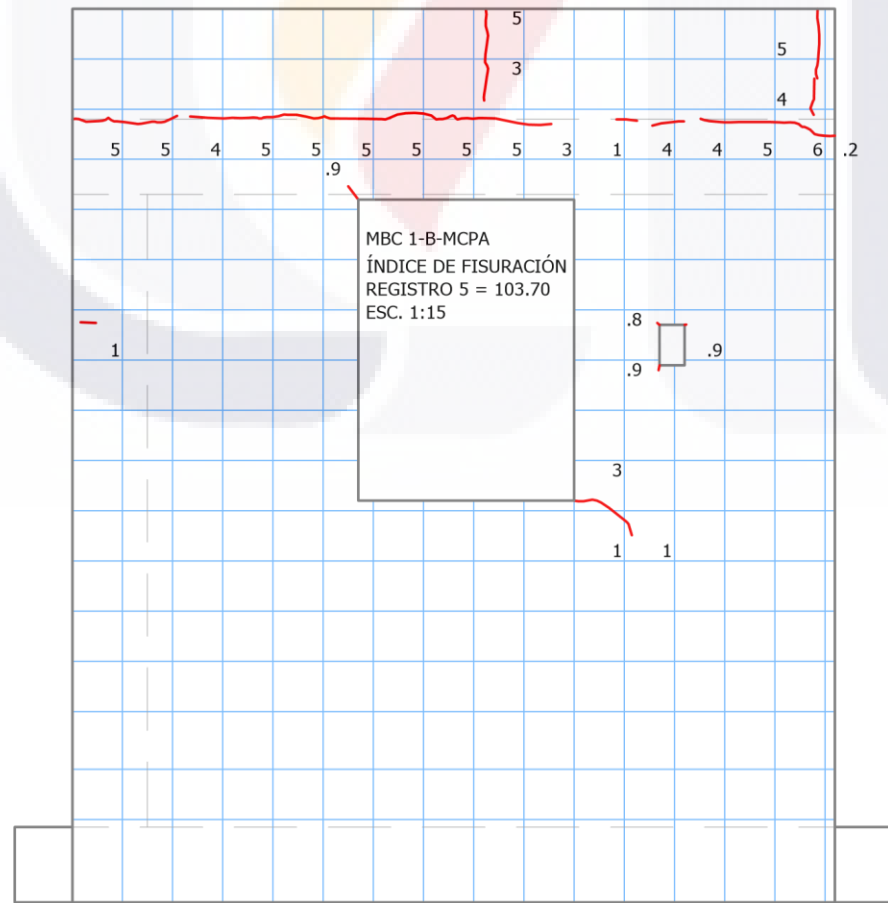
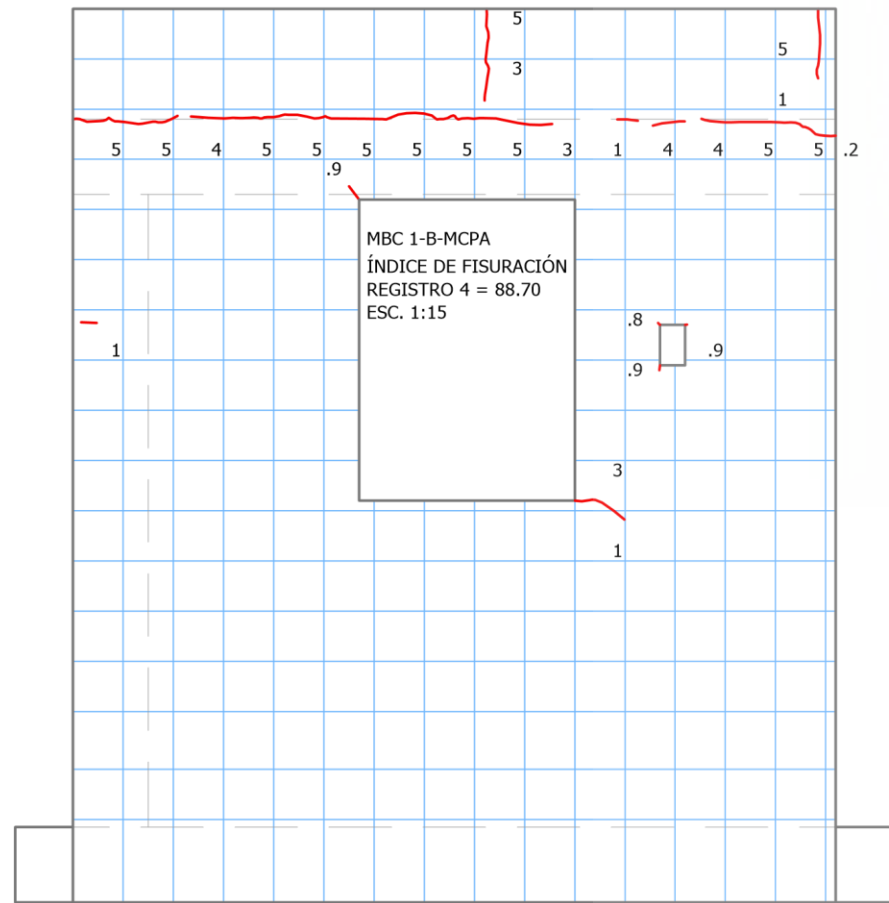
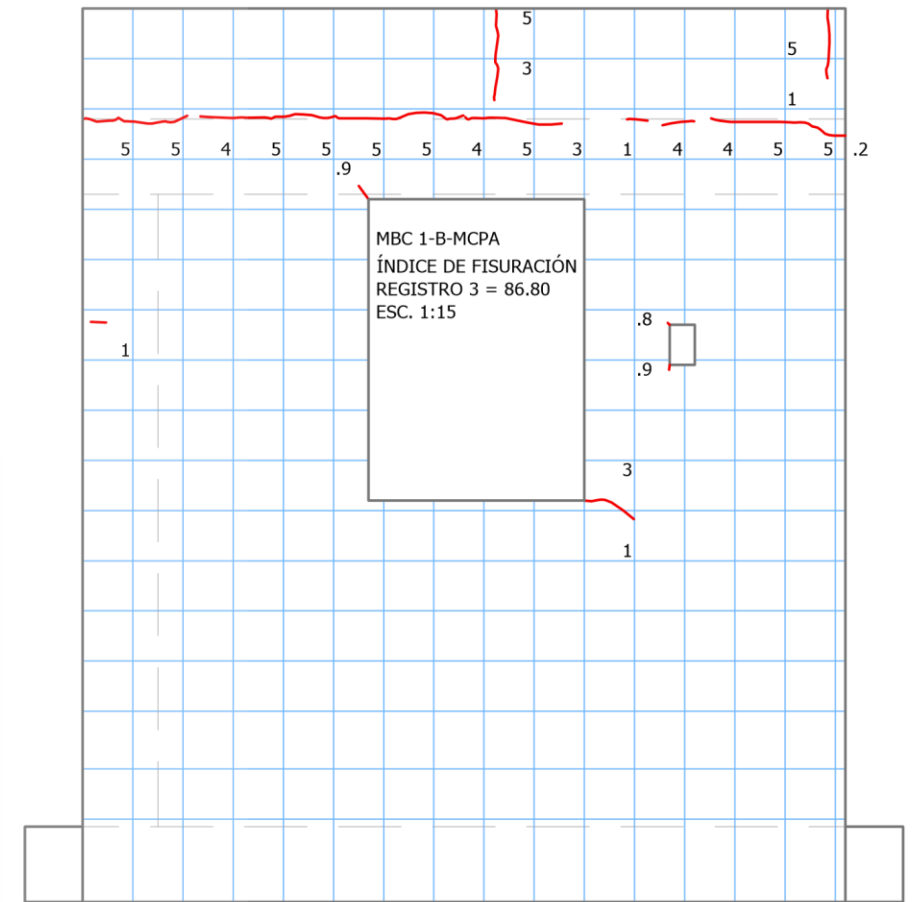
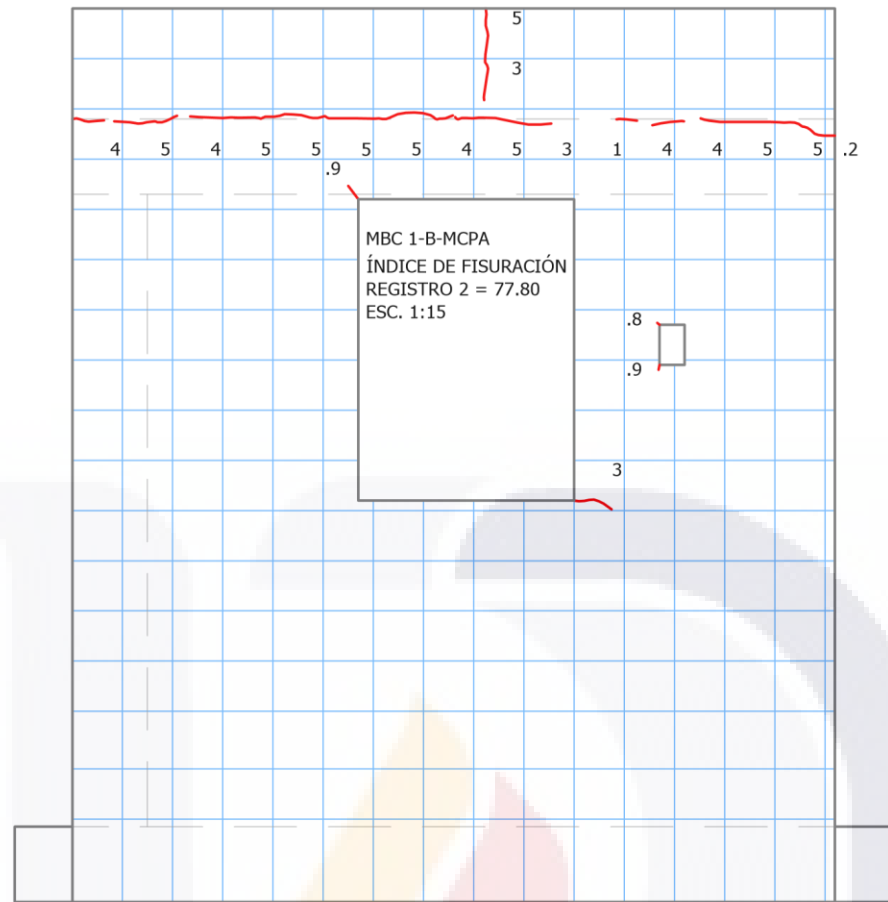
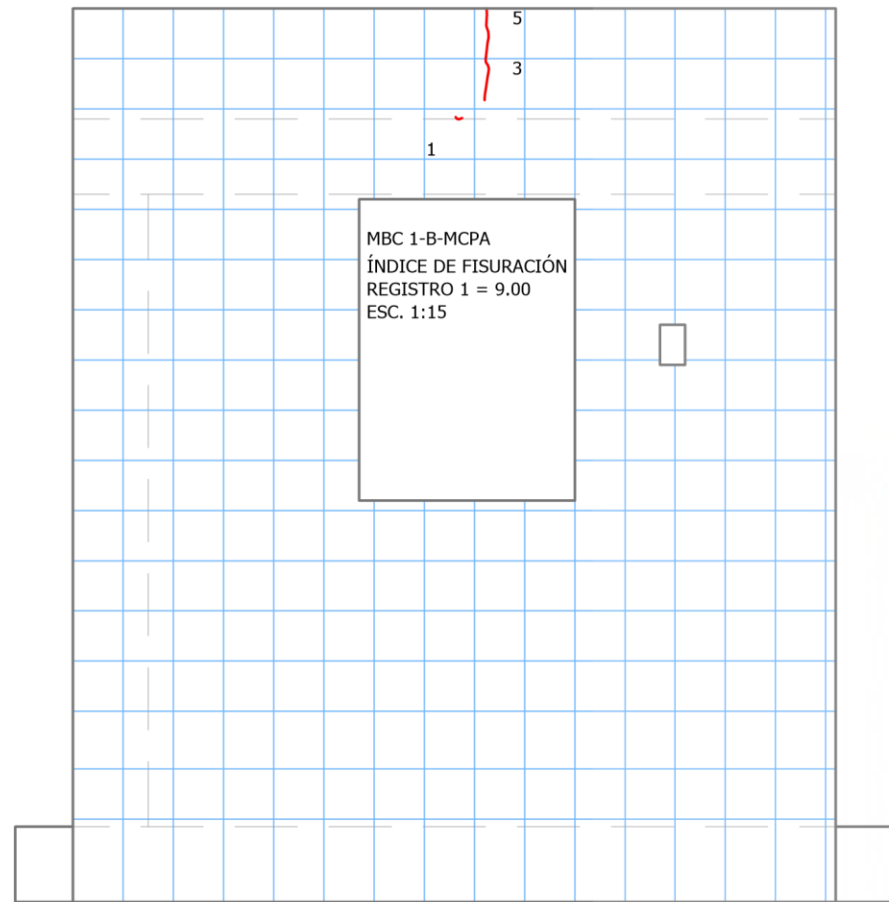


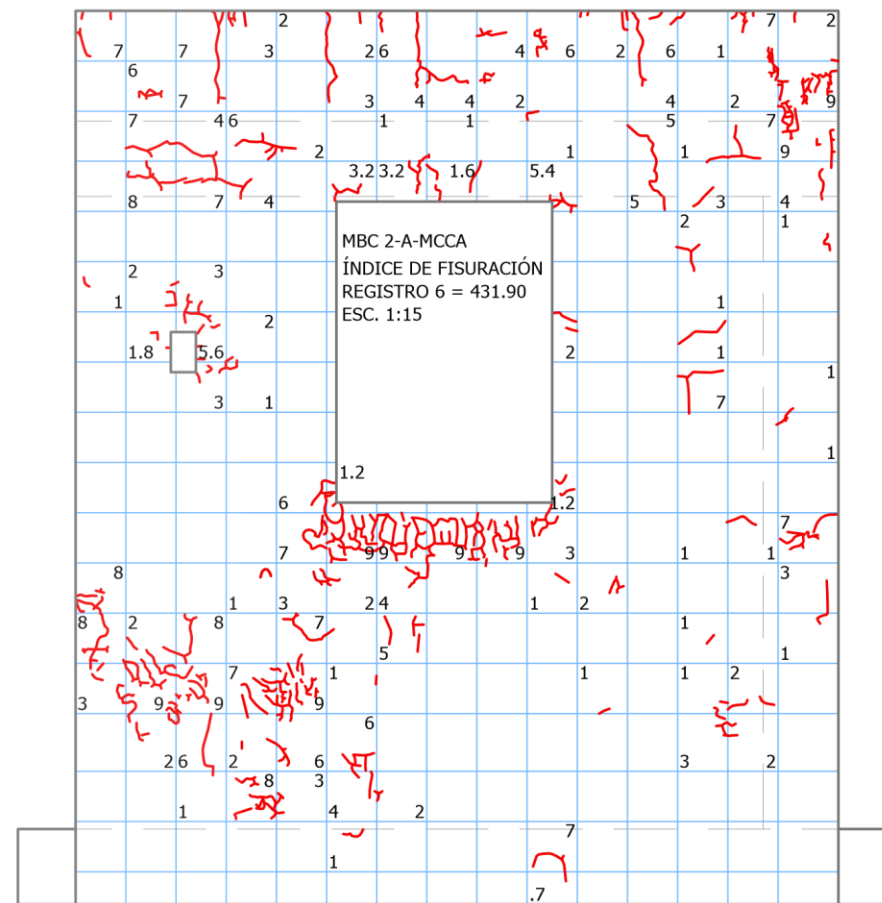
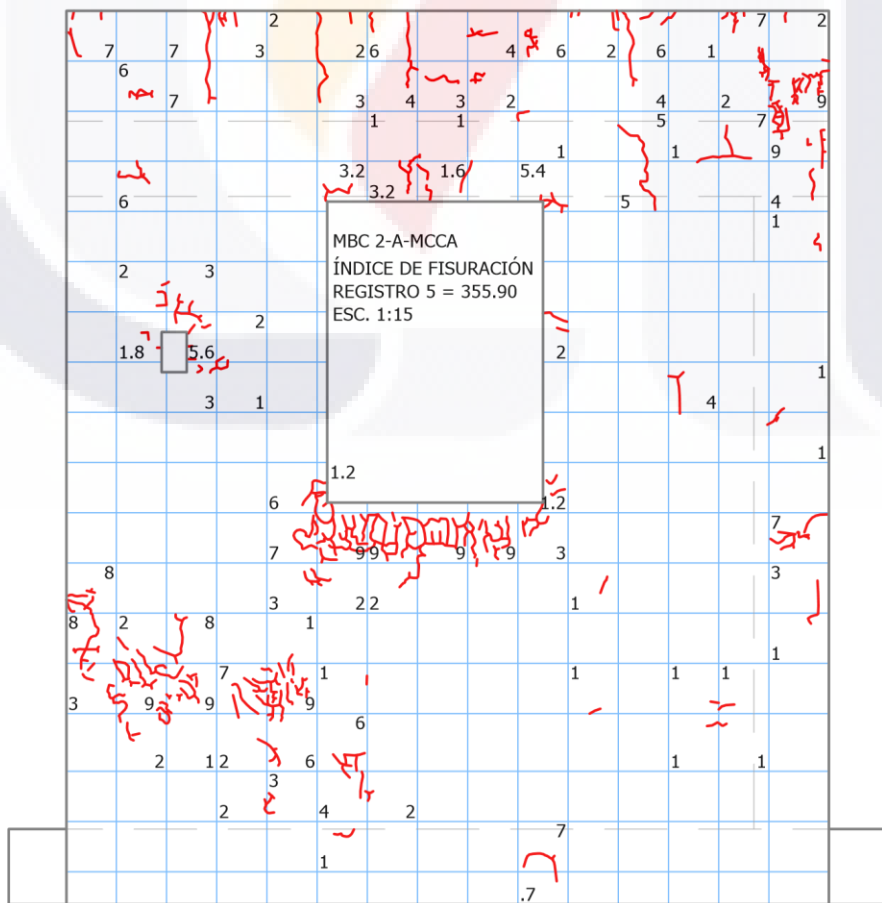
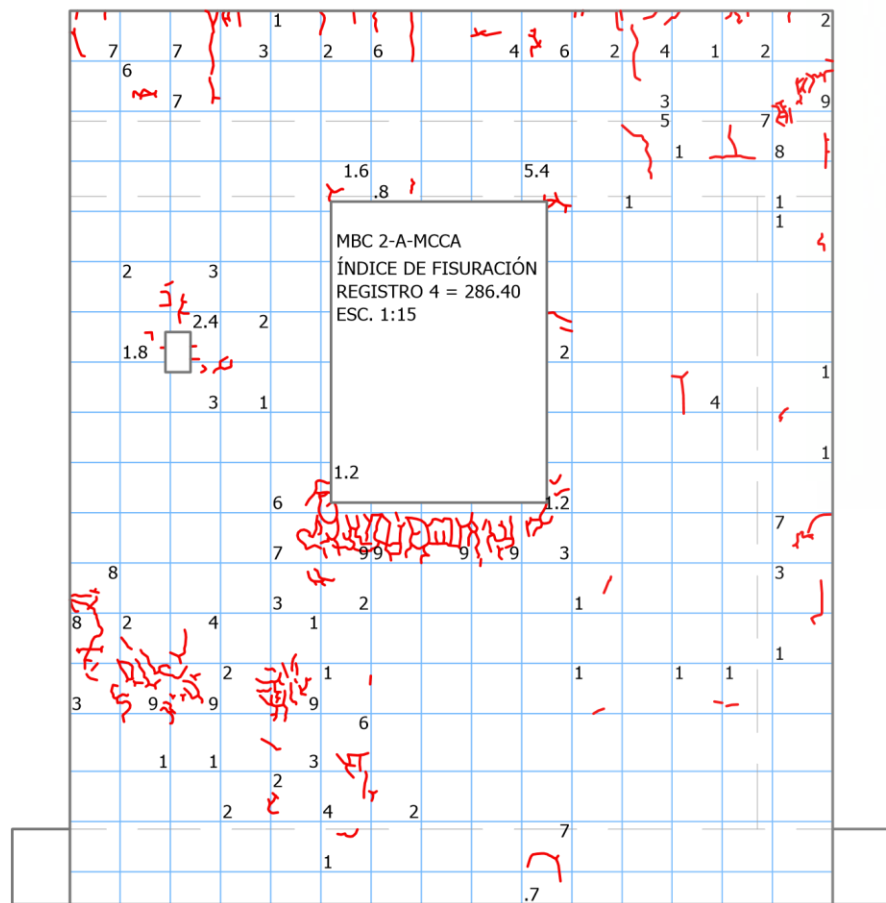
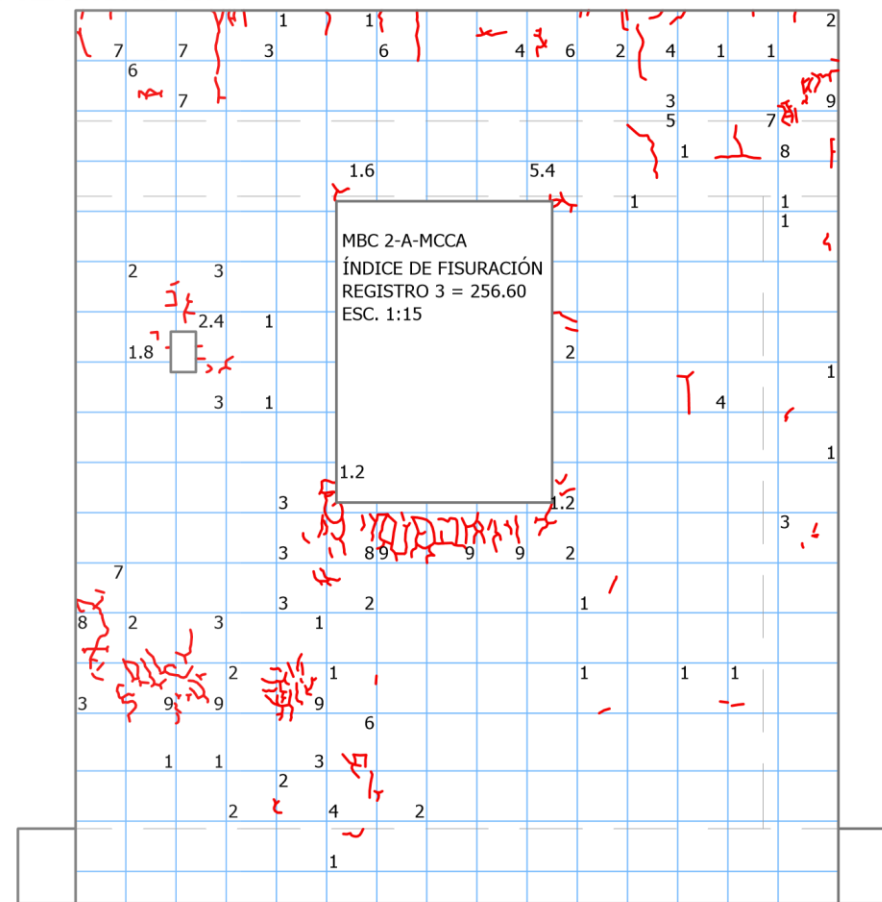
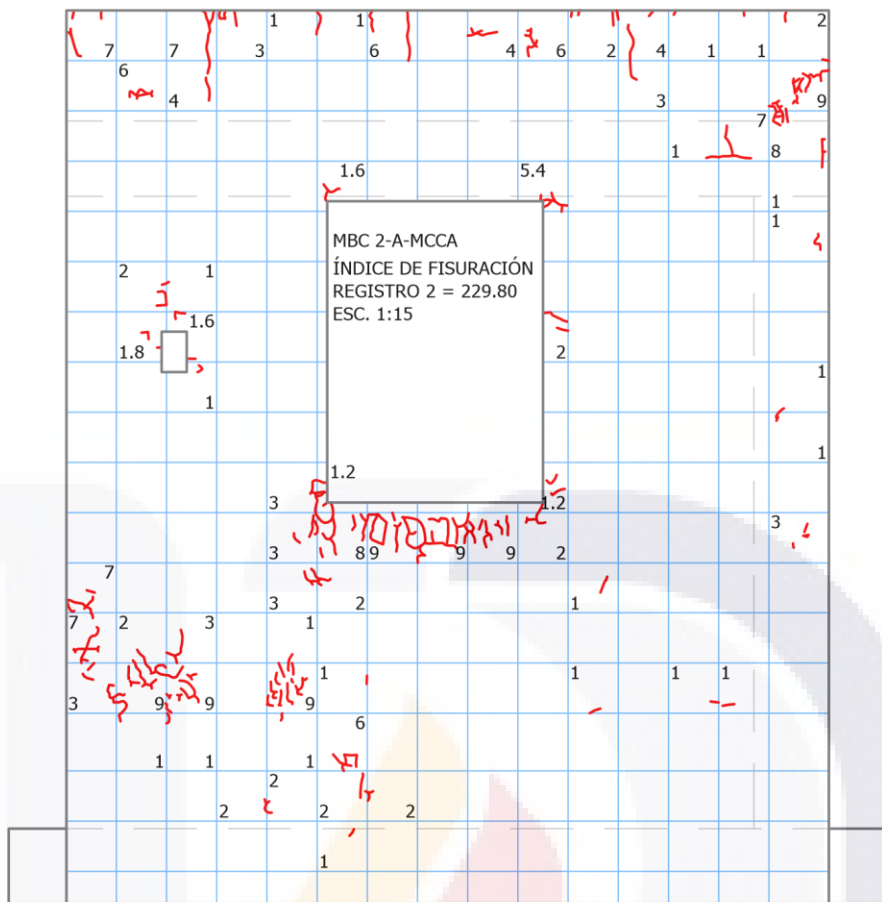
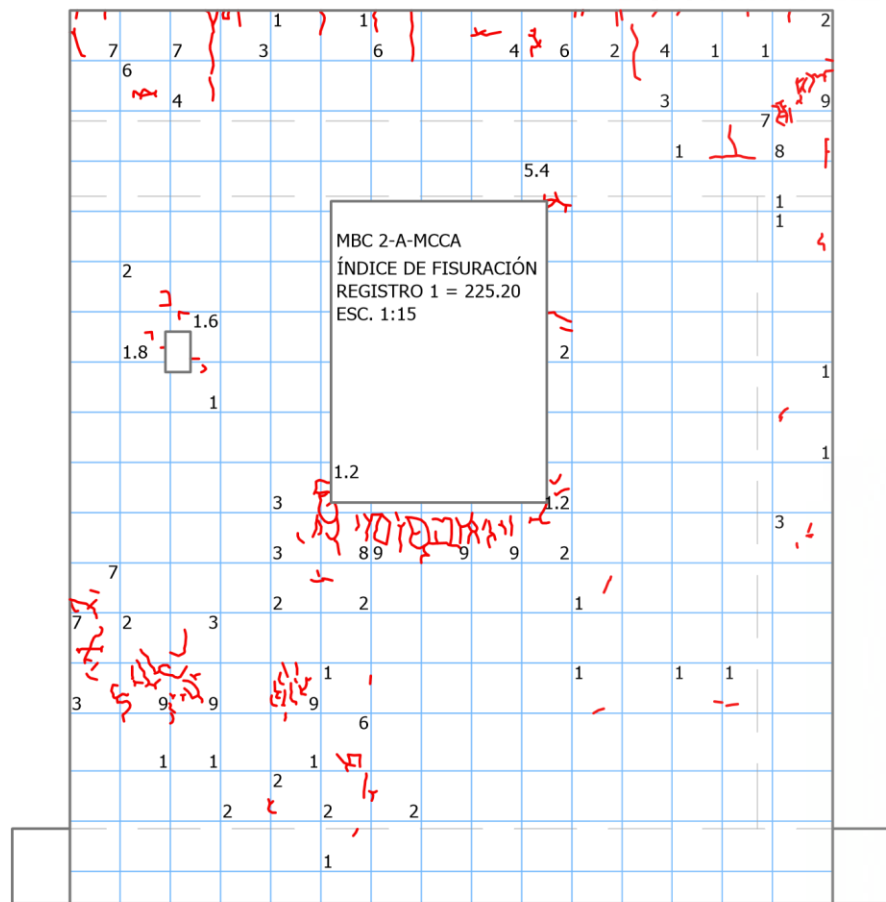
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 5 = 61.00
ESC. 1:15

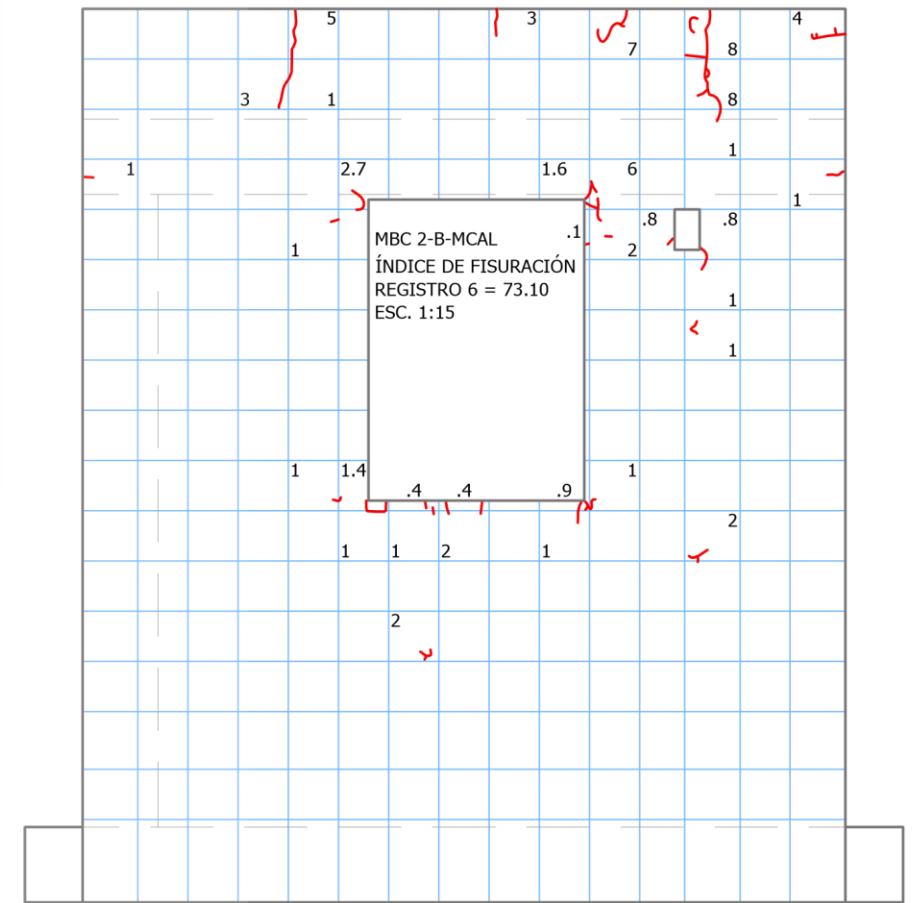
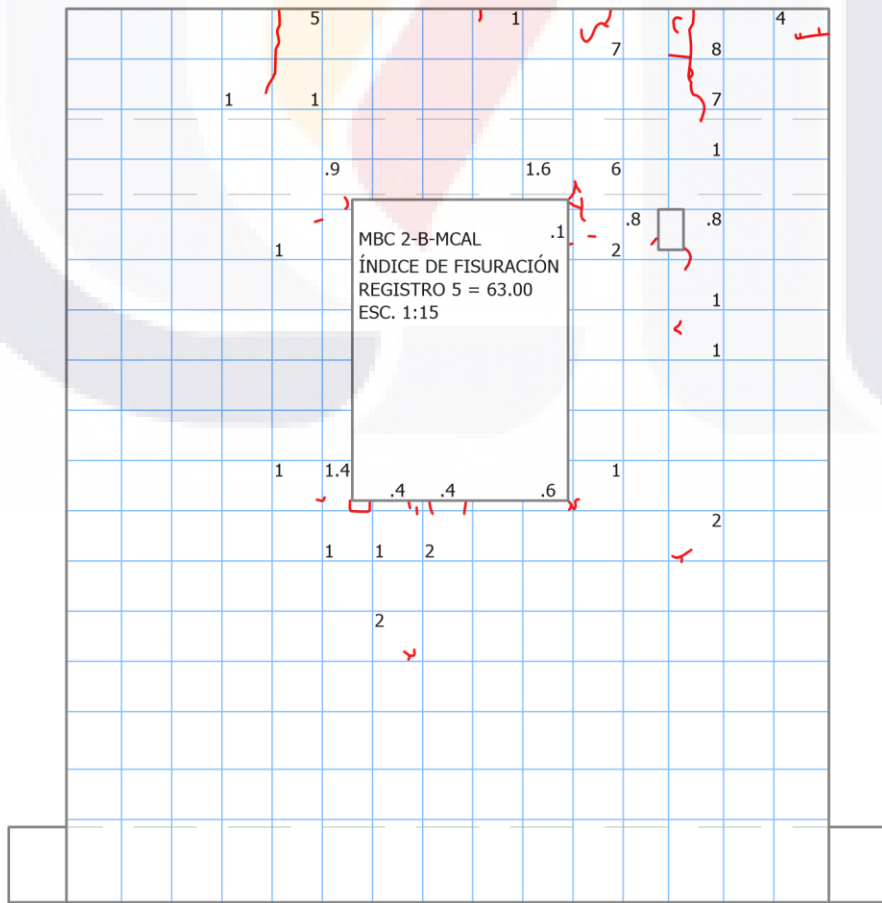
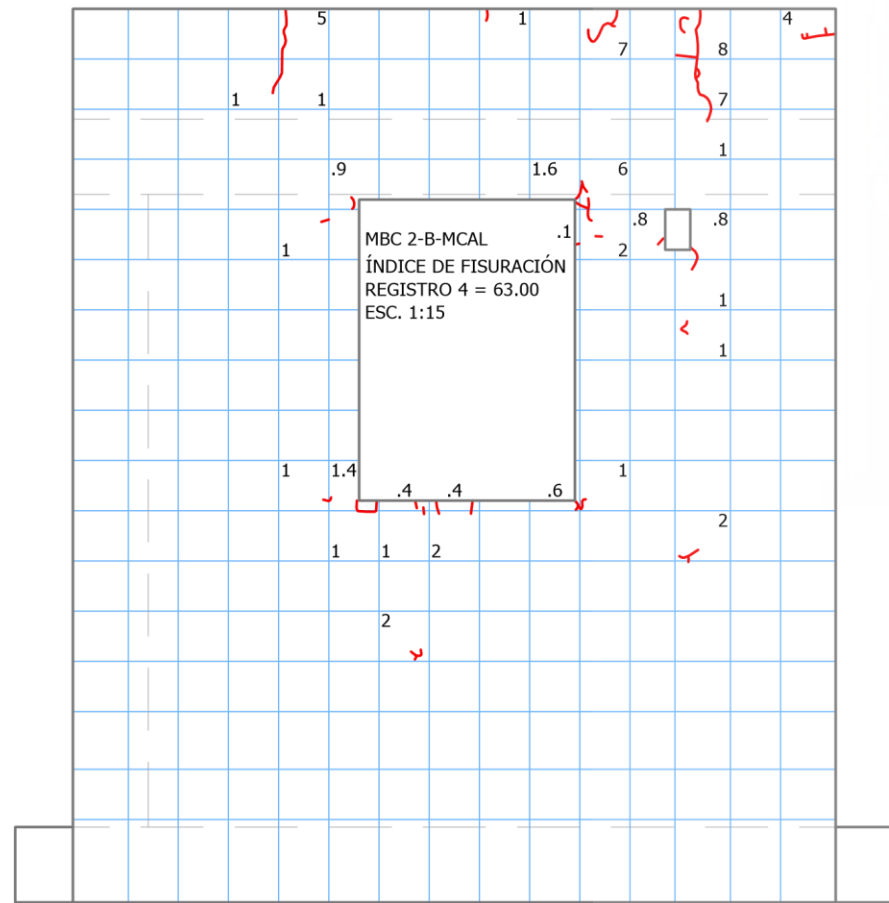
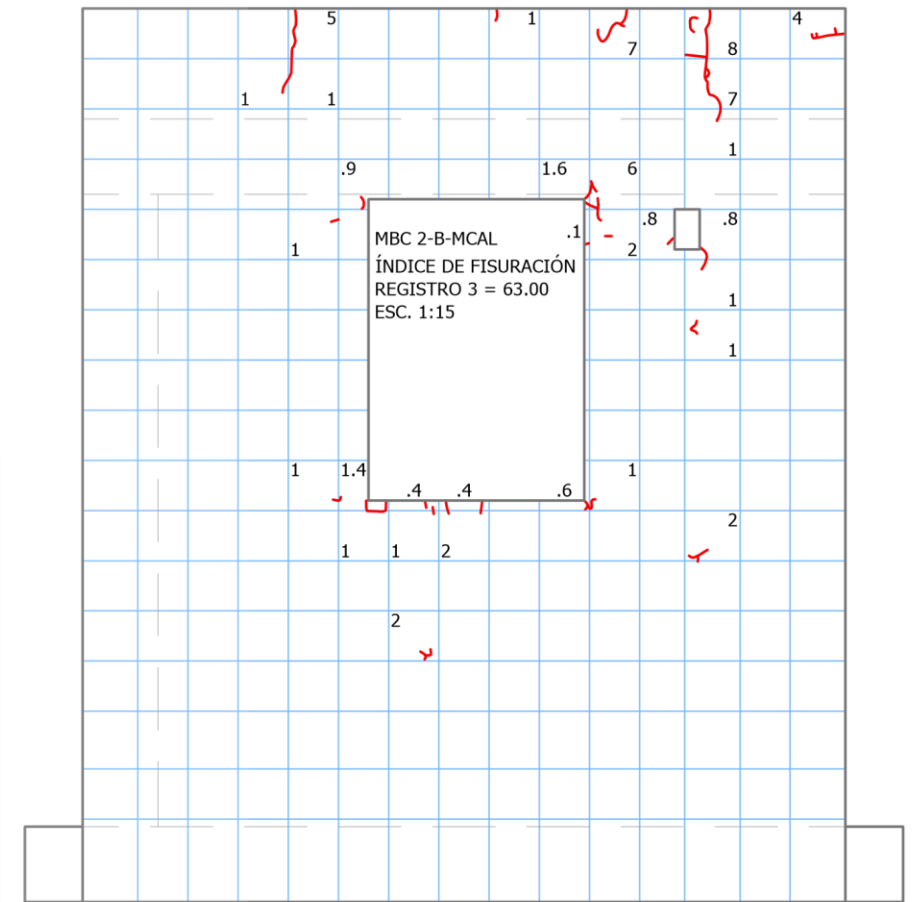
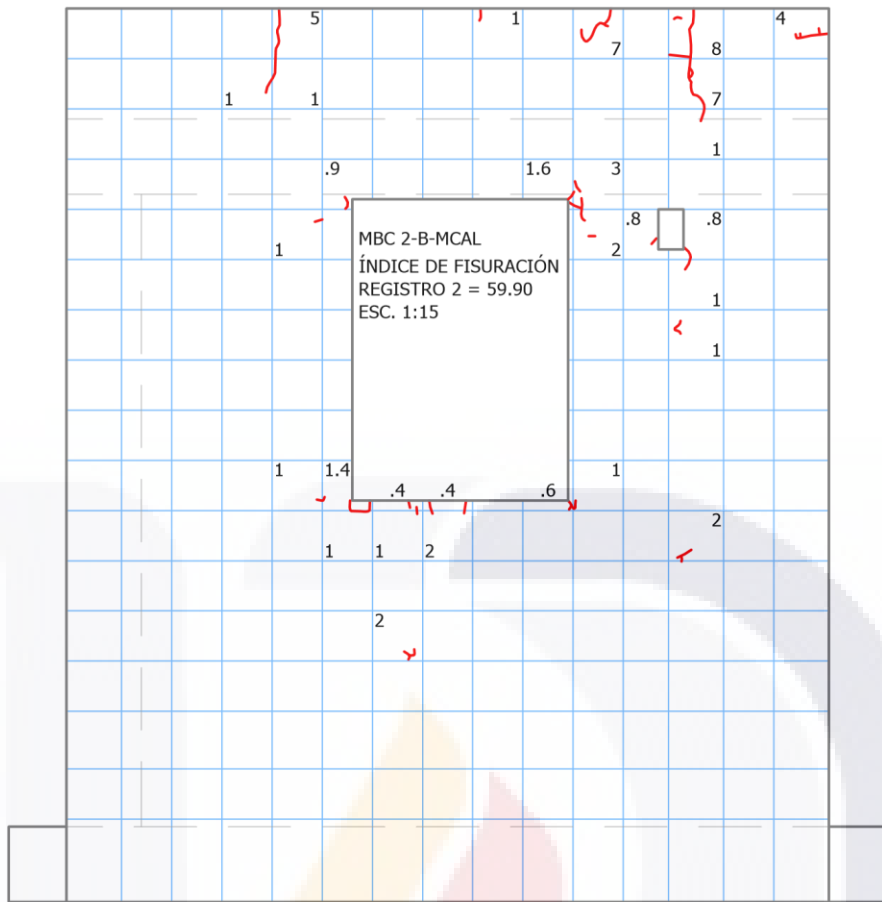
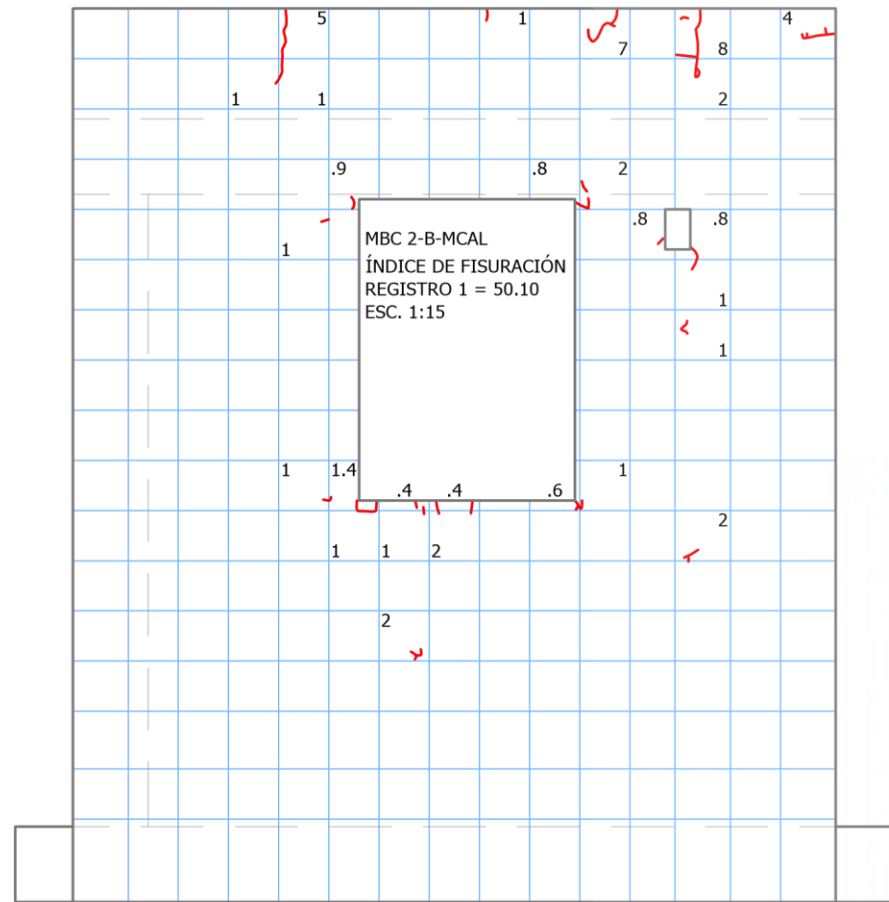


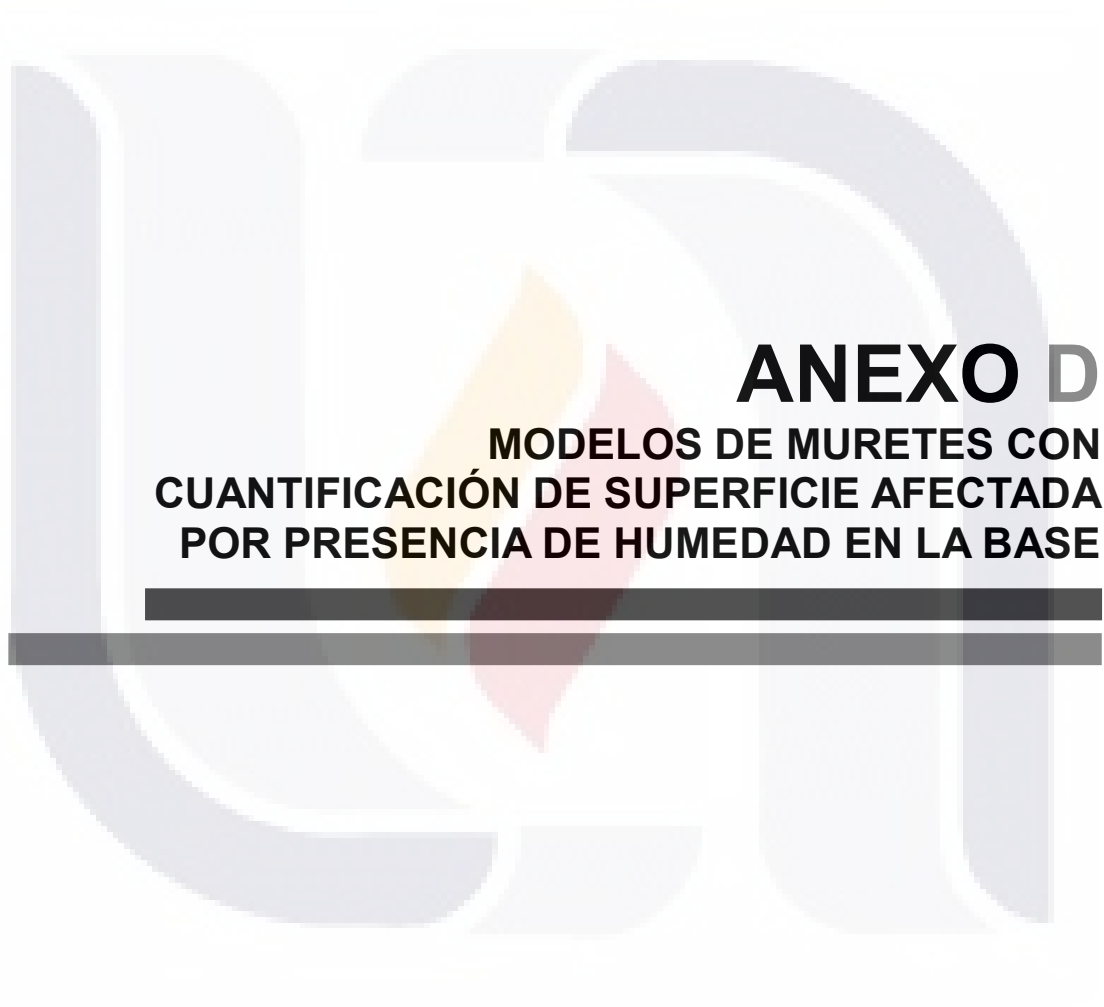
MTR 2-B-MCEM
ÍNDICE FISURACIÓN REGISTRO 6 = 72.00
ESC. 1:15







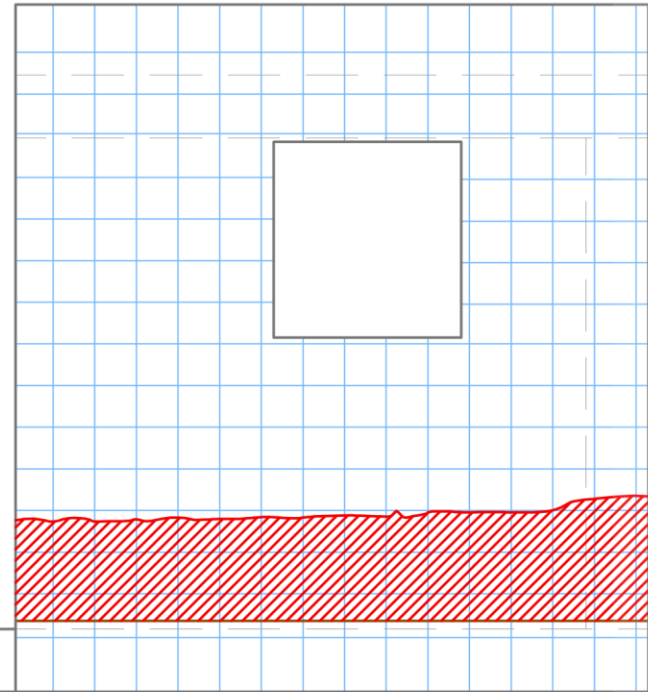




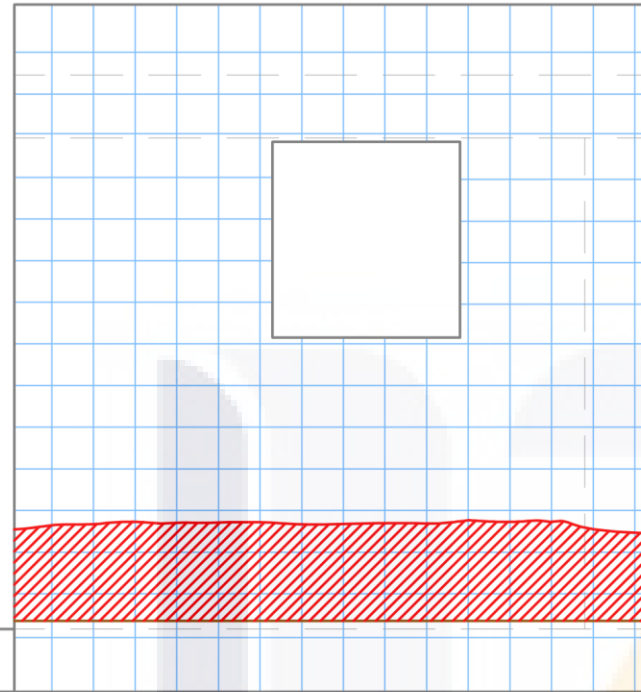
ANEXO D

**MODELOS DE MURETES CON
CUANTIFICACIÓN DE SUPERFICIE AFECTADA
POR PRESENCIA DE HUMEDAD EN LA BASE**

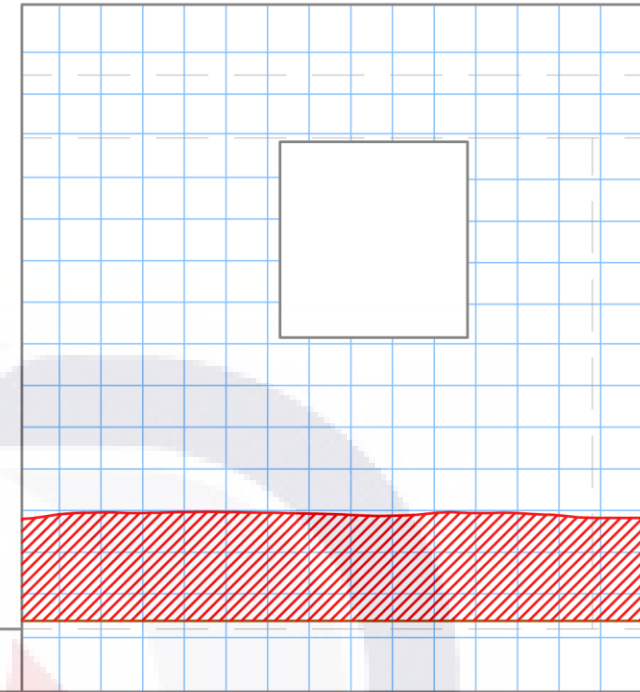




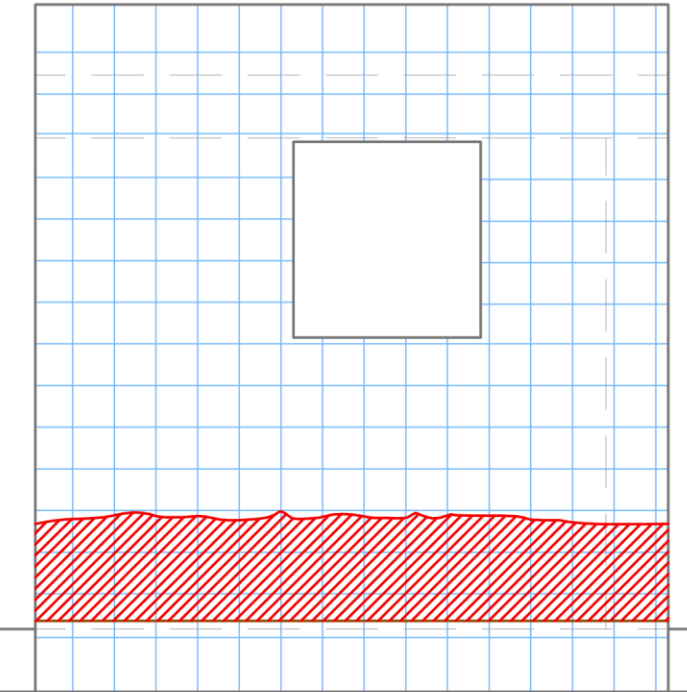
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESC. 1:18



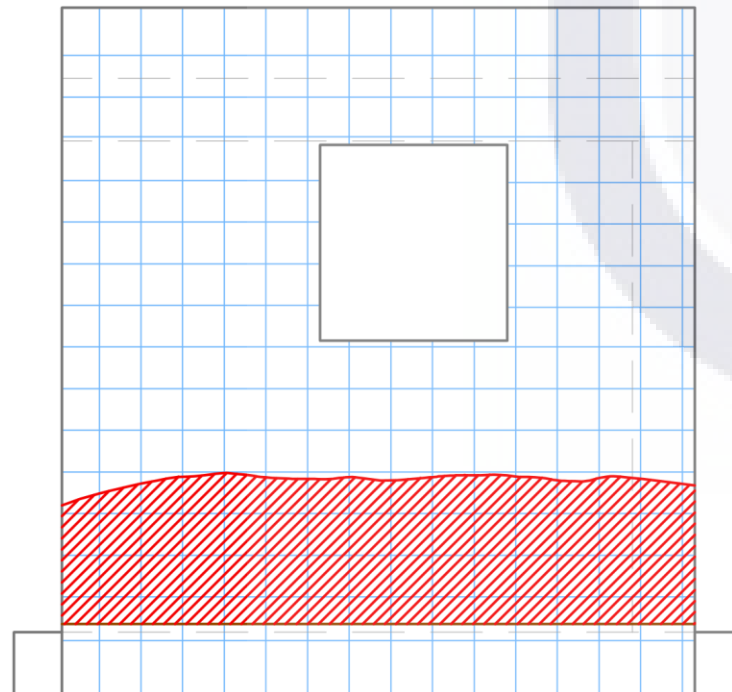
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.35 M2
ESC. 1:18



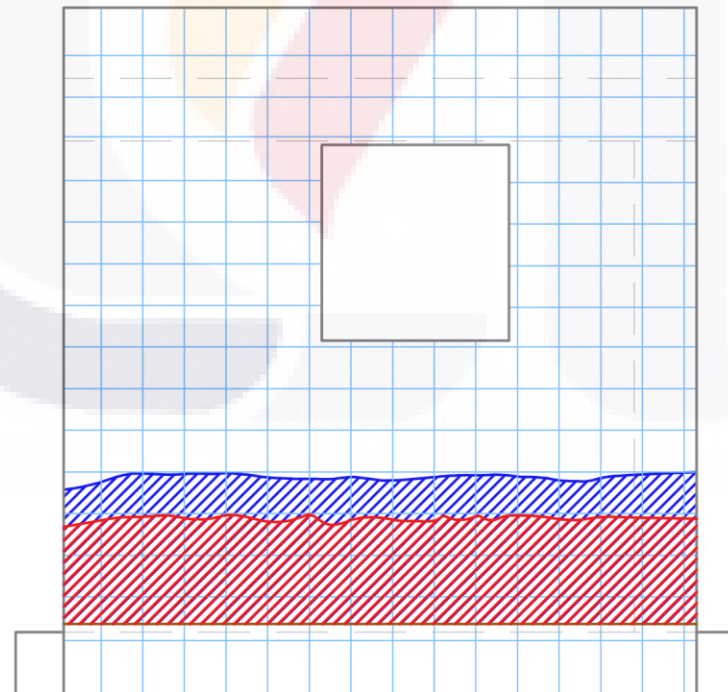
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESC. 1:18



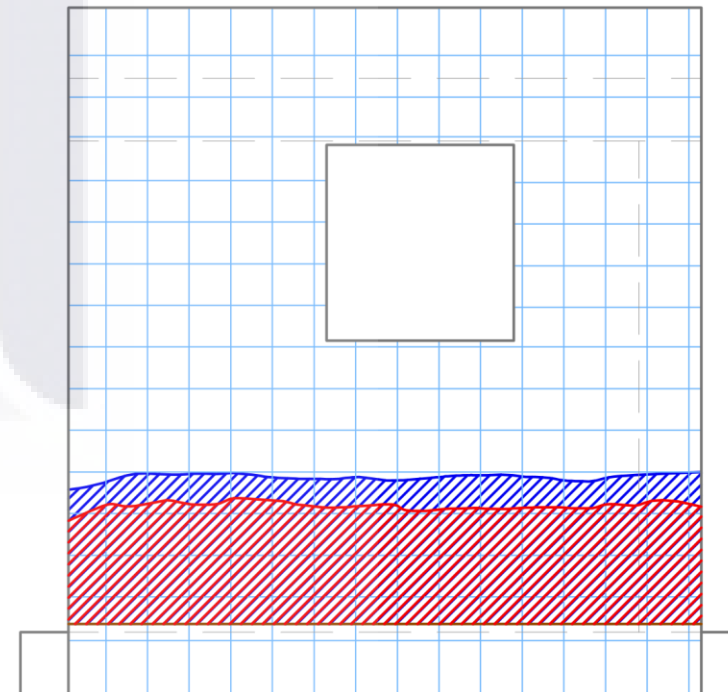
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.37 M2
ESC. 1:18



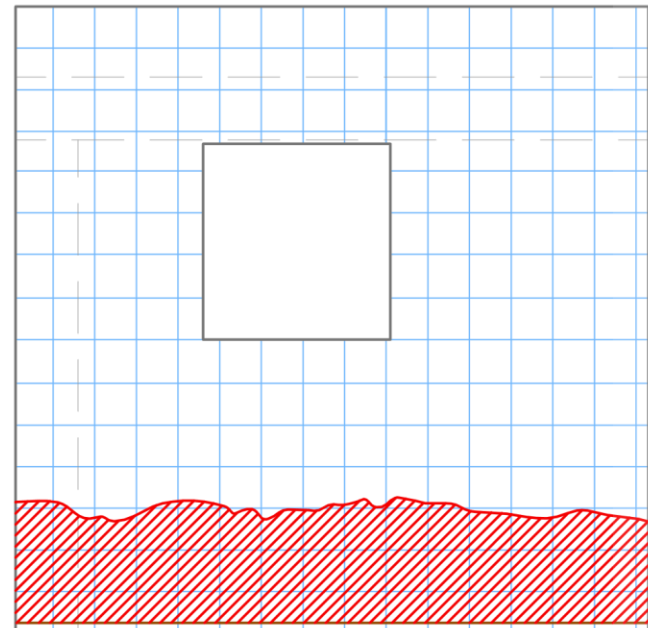
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.53 M2
ESC. 1:18



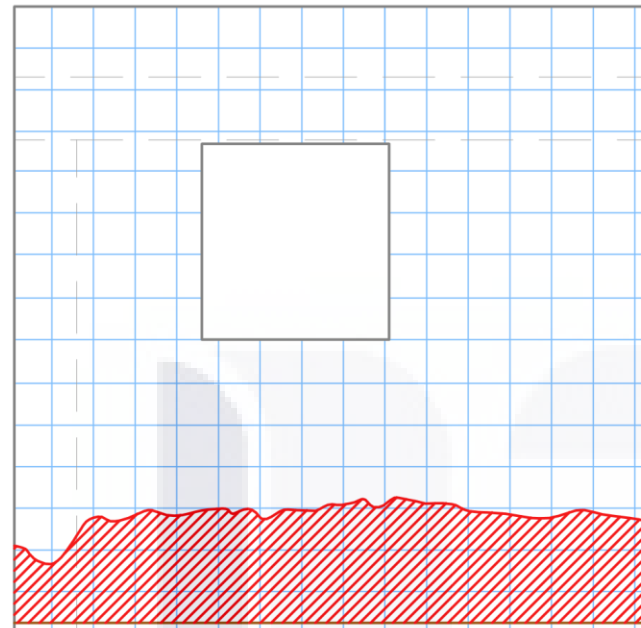
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.38 M2
ESPECTRO= 0.54 M2
ESC. 1:18



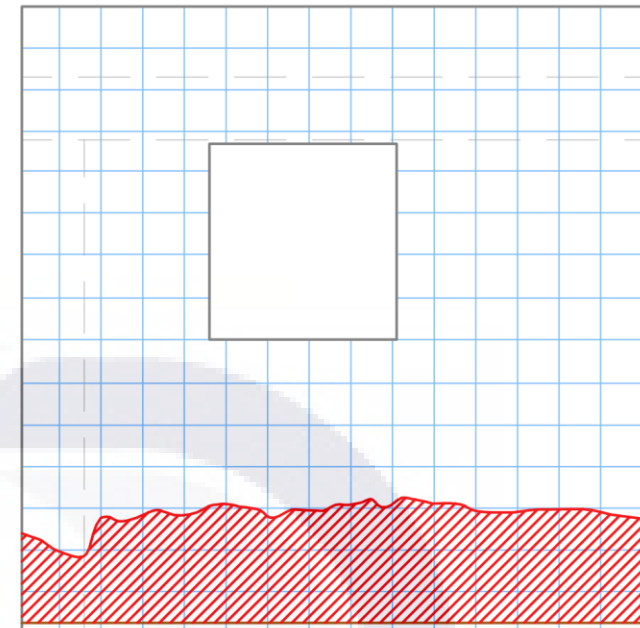
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.43 M2
ESPECTRO= 0.54 M2
ESC. 1:18



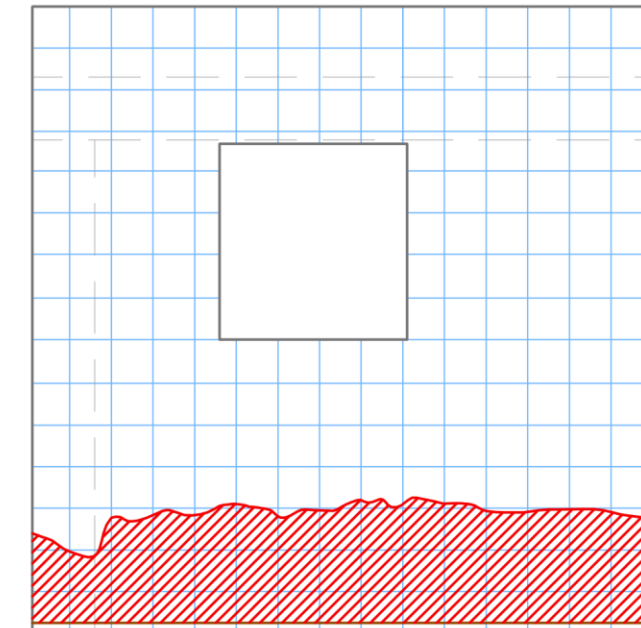
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.41 M2
ESC. 1:18



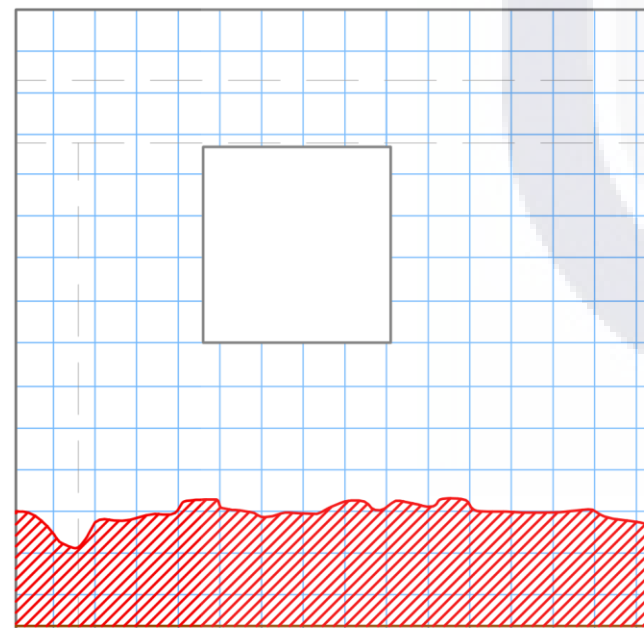
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESC. 1:18



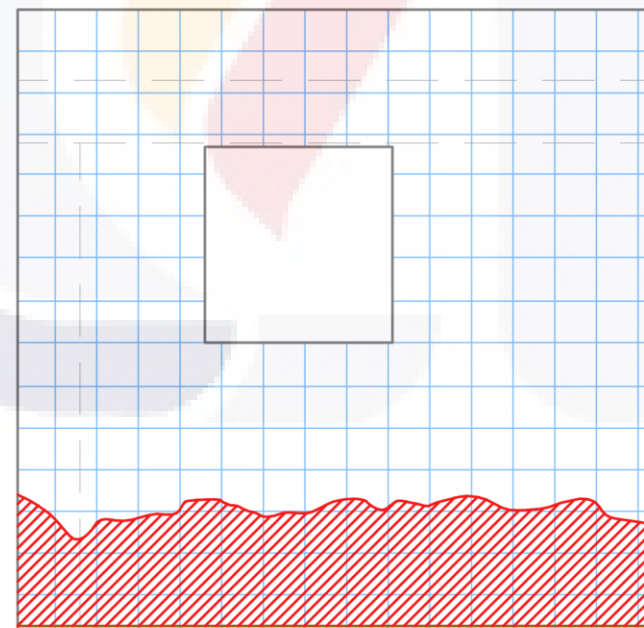
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.40 M2
ESC. 1:18



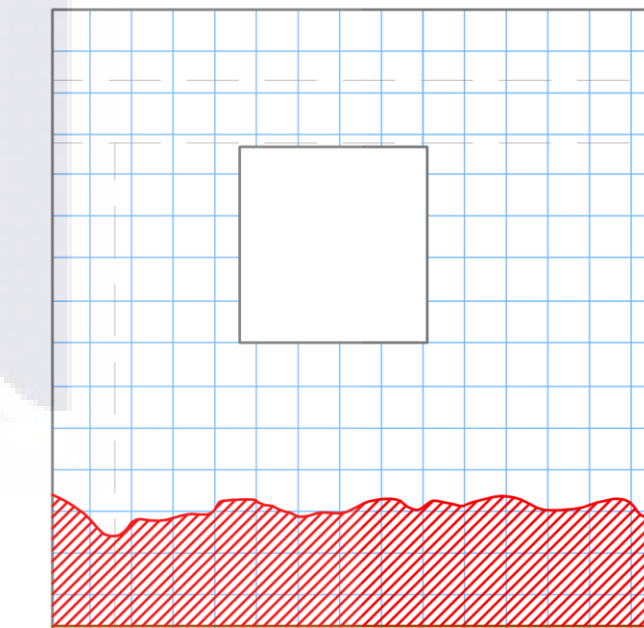
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.40 M2
ESC. 1:18



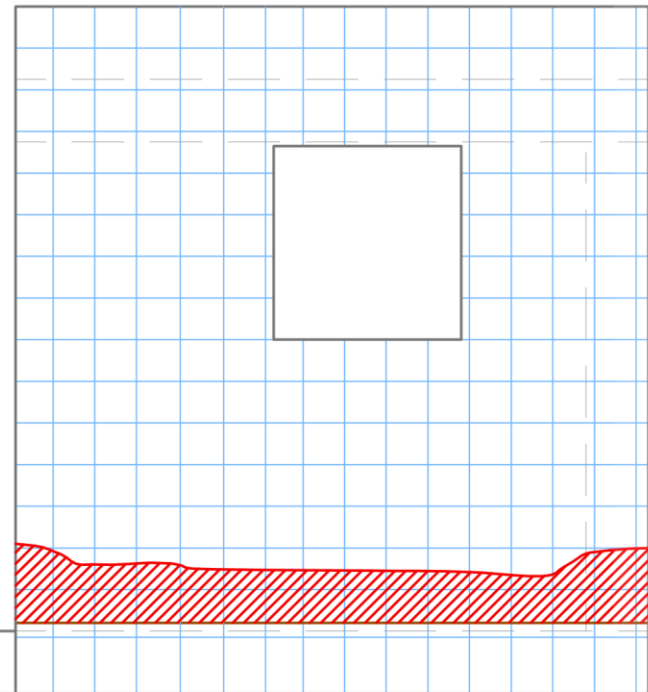
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.41 M2
ESC. 1:18



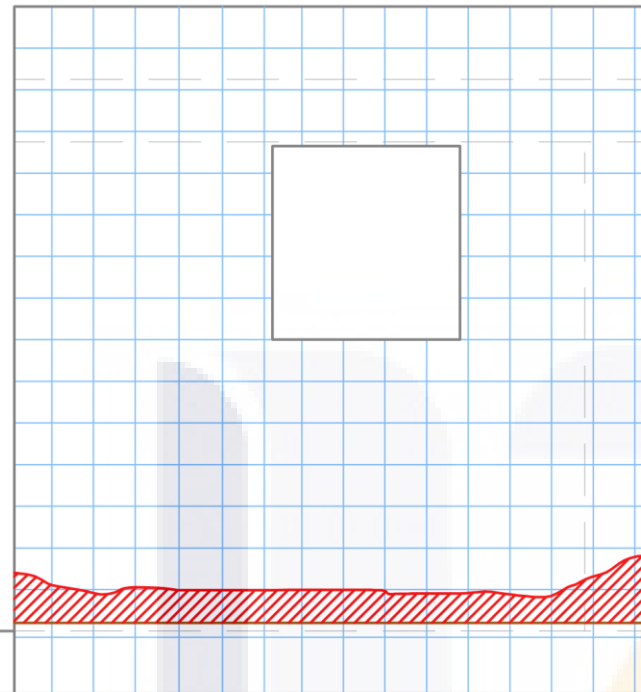
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.43 M2
ESC. 1:18



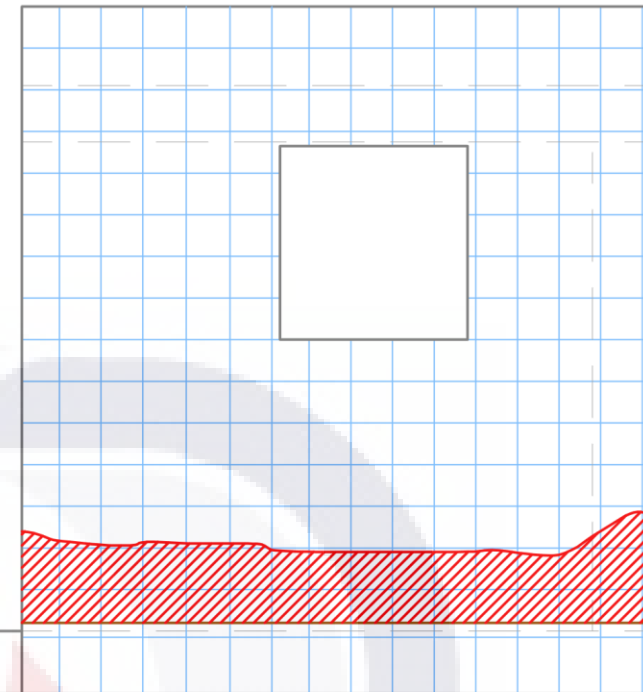
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.43 M2
ESC. 1:18



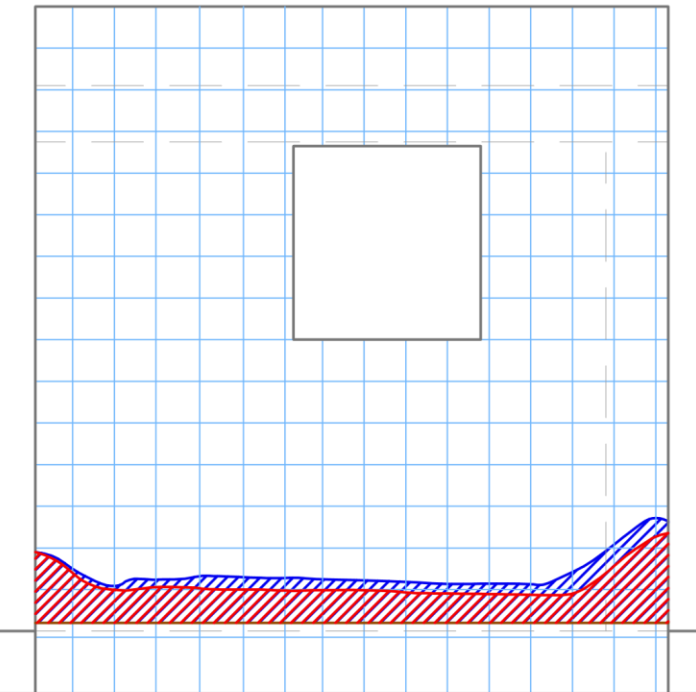
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.21 M2
ESC. 1:18



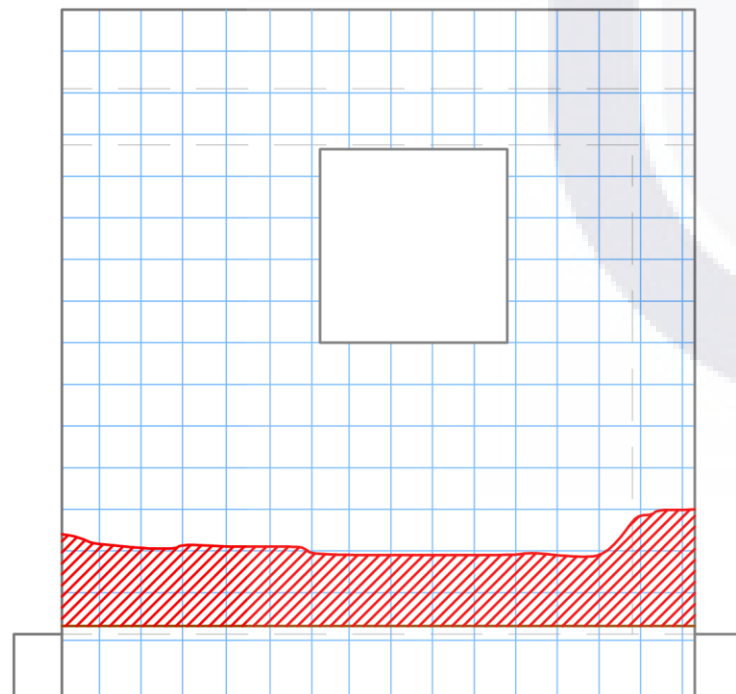
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.13 M2
ESC. 1:18



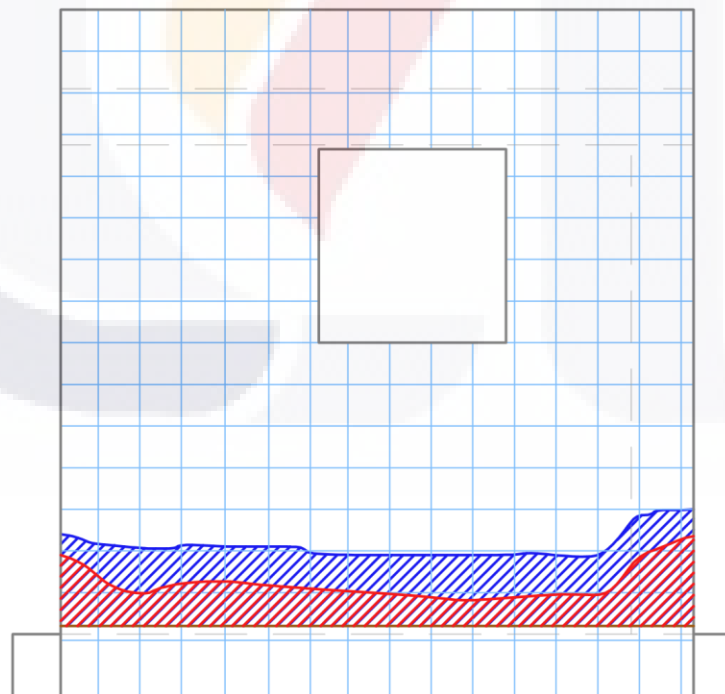
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.28 M2
ESC. 1:18



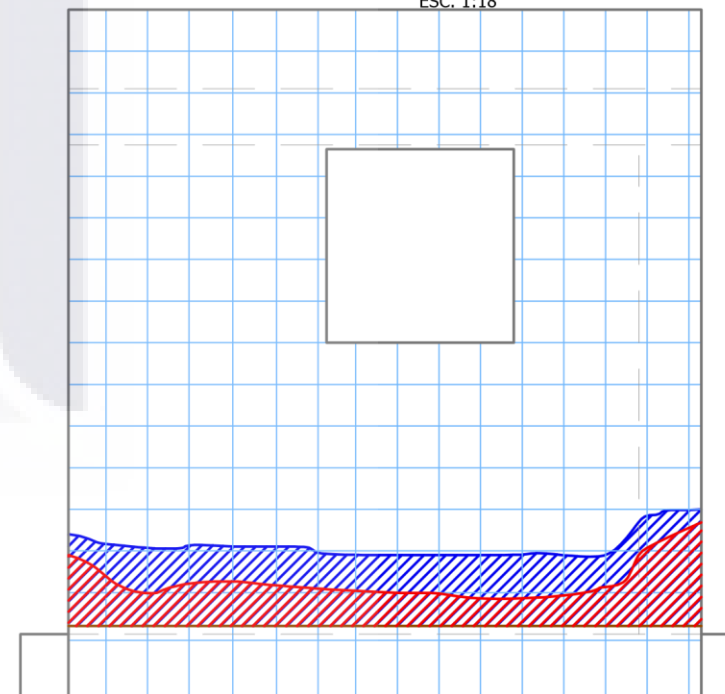
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.14 M2
ESPECTRO= 0.18 M2
ESC. 1:18



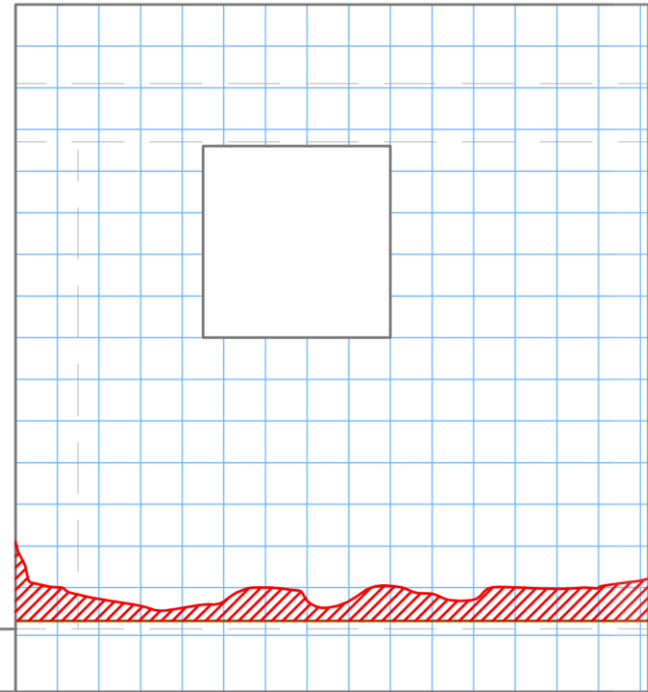
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.29 M2
ESC. 1:18



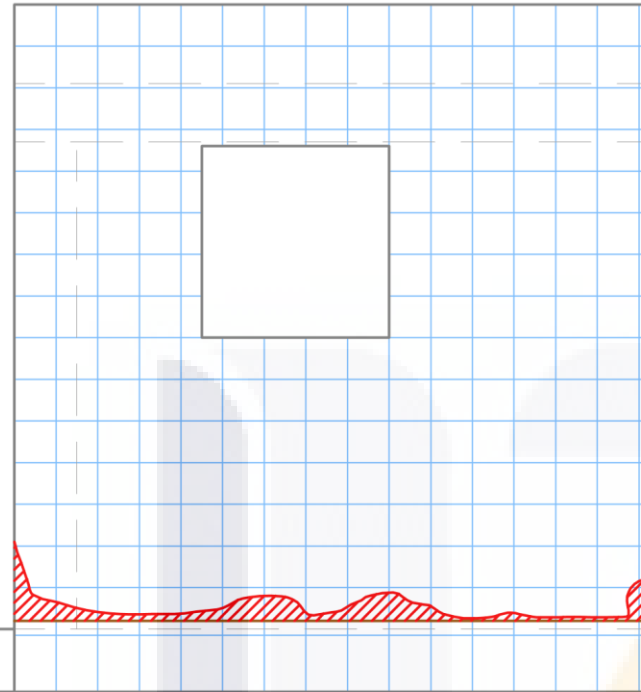
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.15 M2
ESPECTRO= 0.29 M2
ESC. 1:18



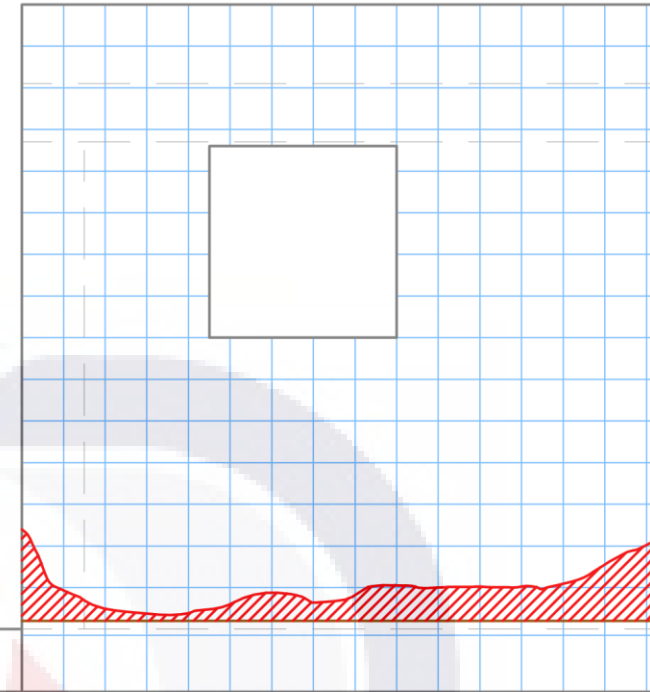
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.16 M2
ESPECTRO= 0.29 M2
ESC. 1:18



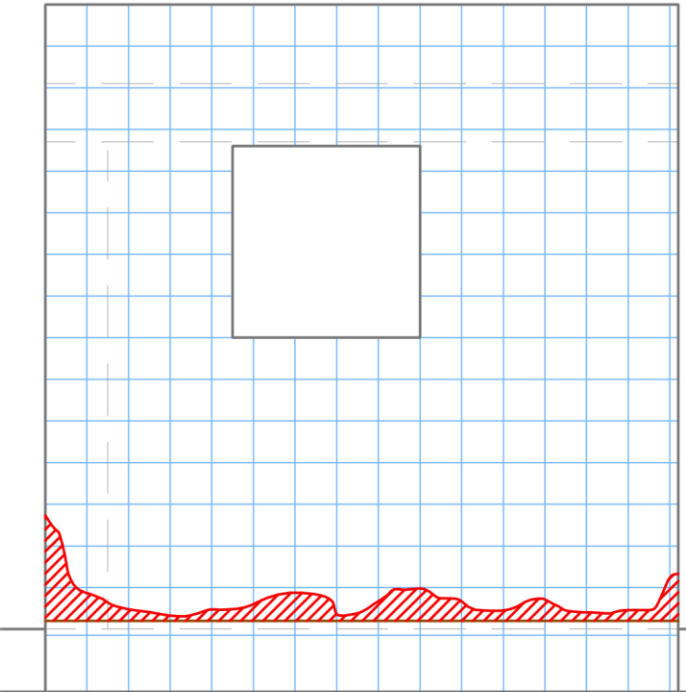
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.10 M2
ESC. 1:18



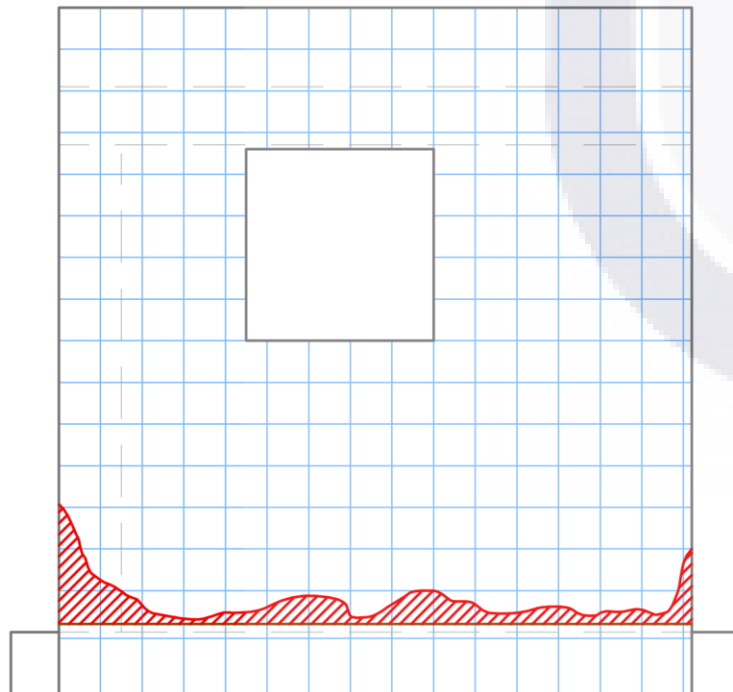
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.05 M2
ESC. 1:18



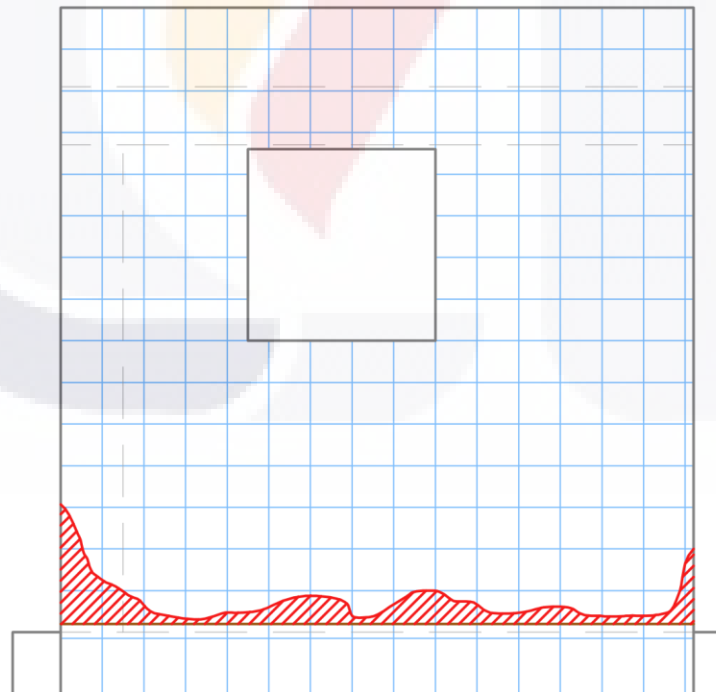
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.11 M2
ESC. 1:18



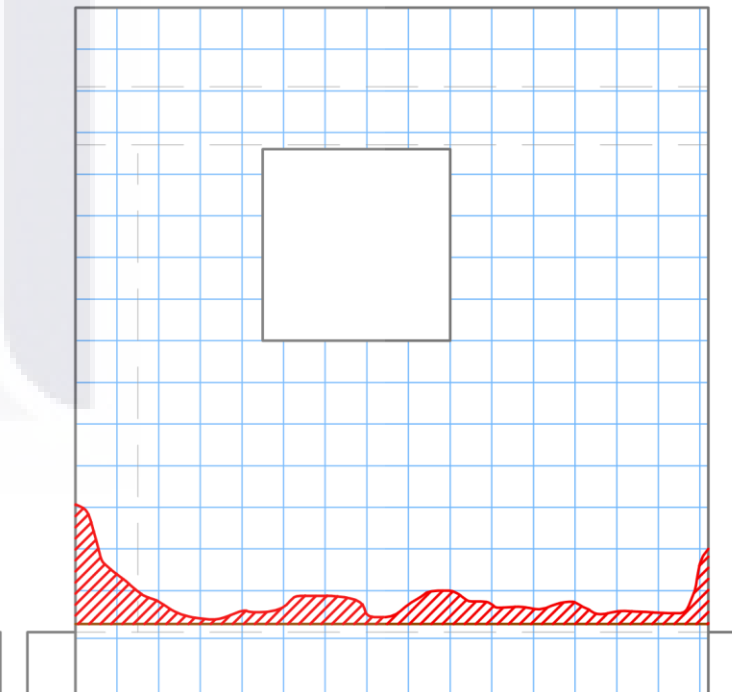
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.07 M2
ESC. 1:18



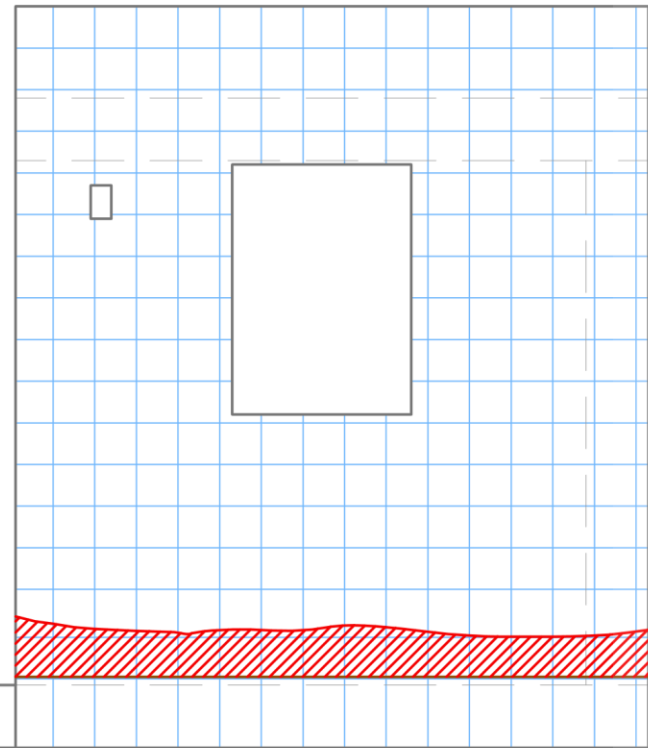
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.08 M2
ESC. 1:18



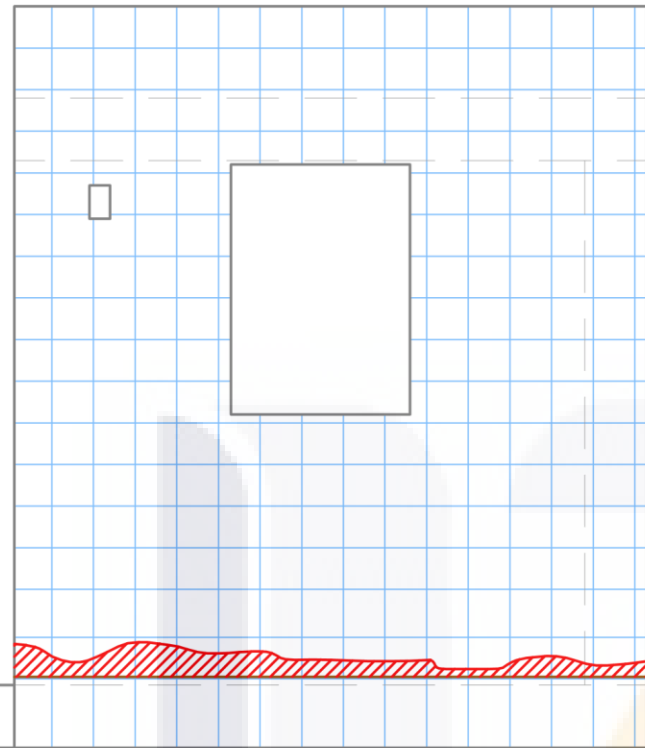
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.08 M2
ESC. 1:18



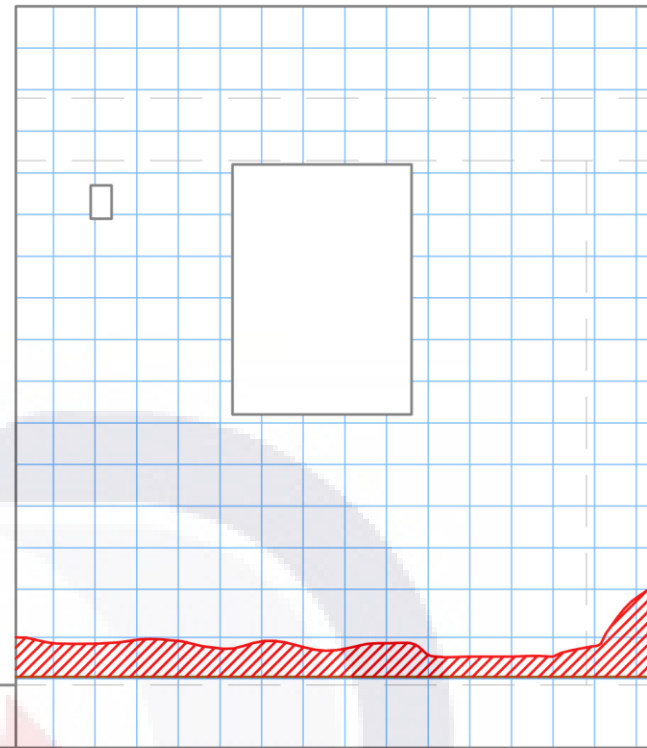
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.08 M2
ESC. 1:18



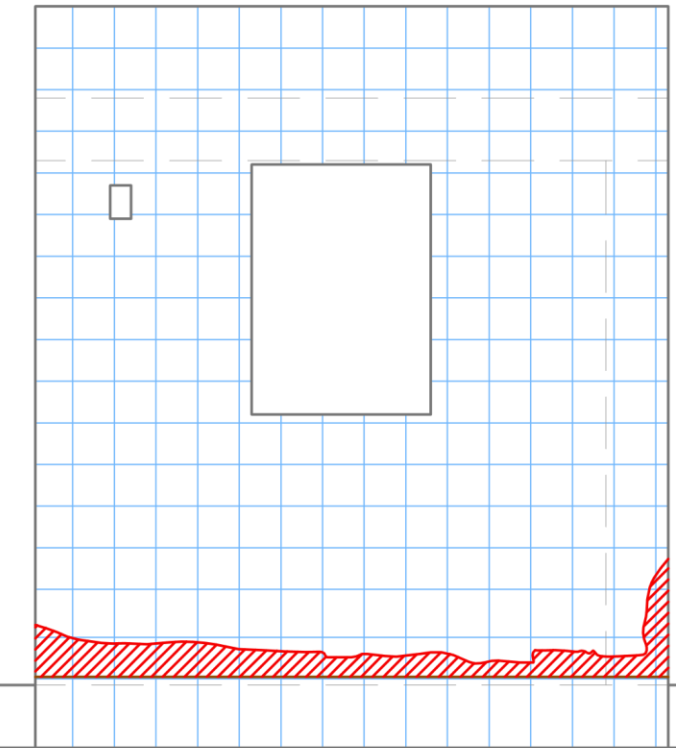
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.17 M2
ESC. 1:18



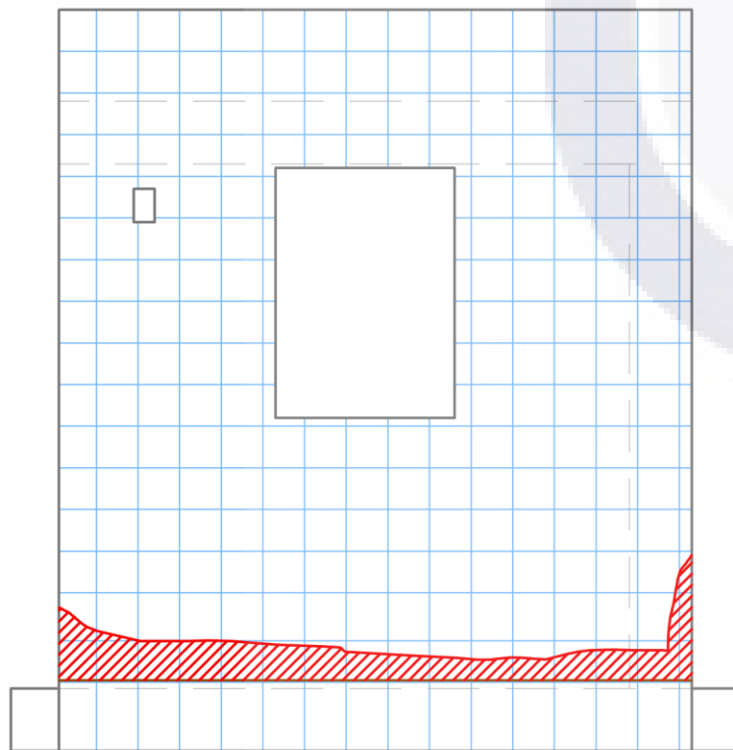
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.07 M2
ESC. 1:18



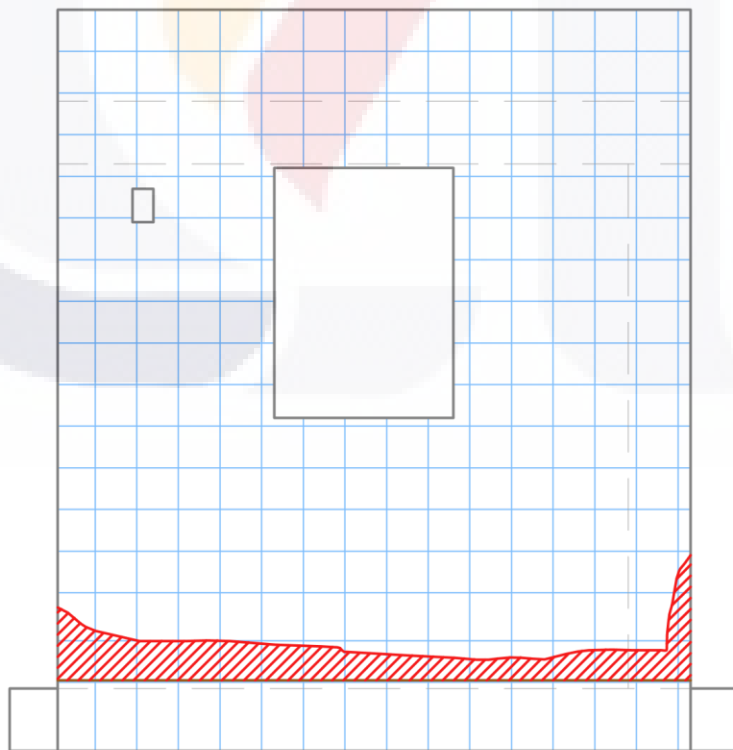
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.12 M2
ESC. 1:18



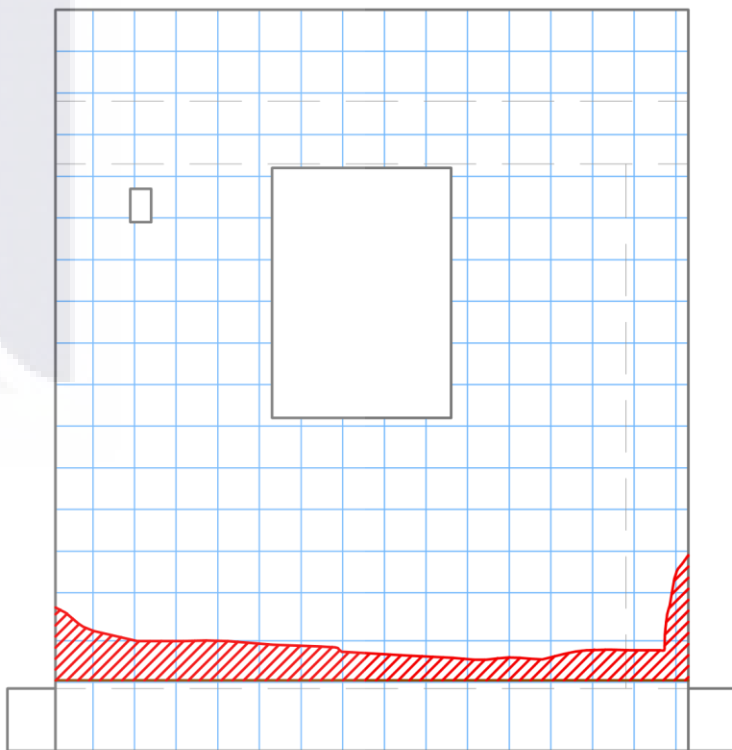
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.11 M2
ESC. 1:18



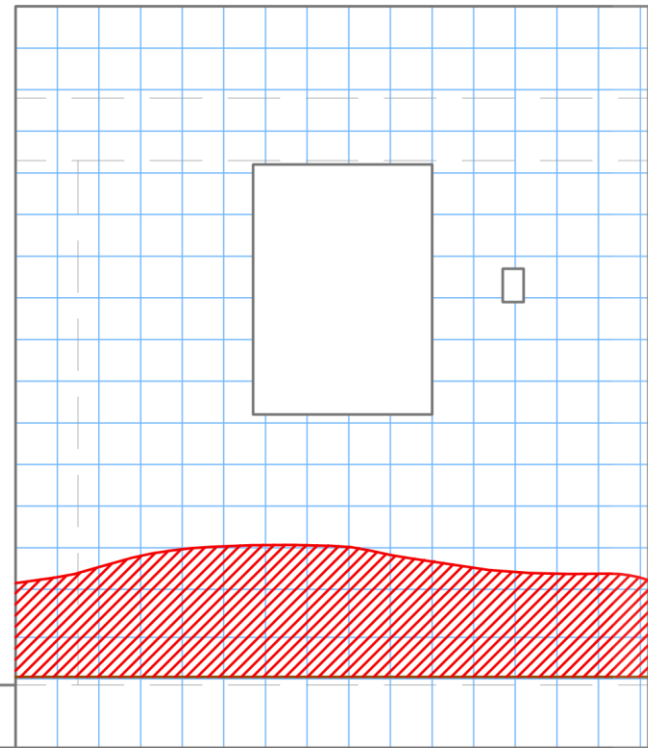
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.13 M2
ESC. 1:18



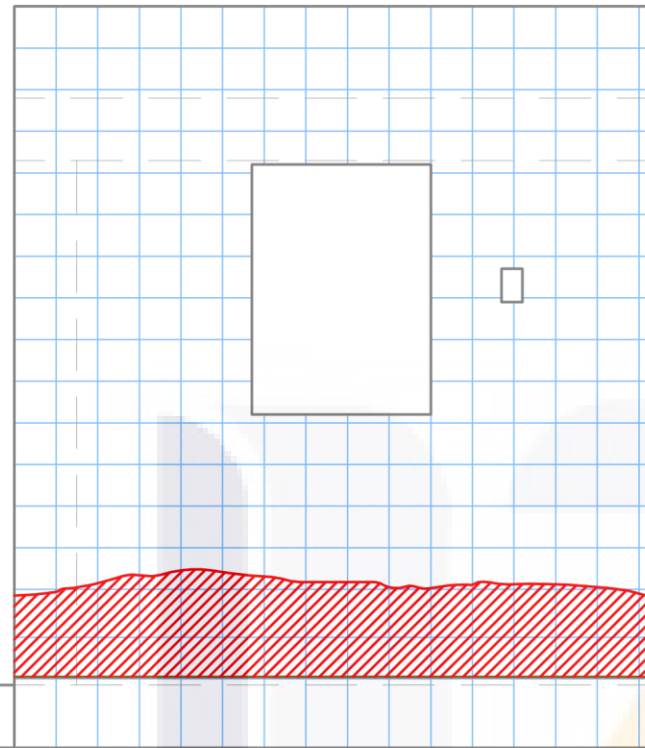
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.13 M2
ESC. 1:18



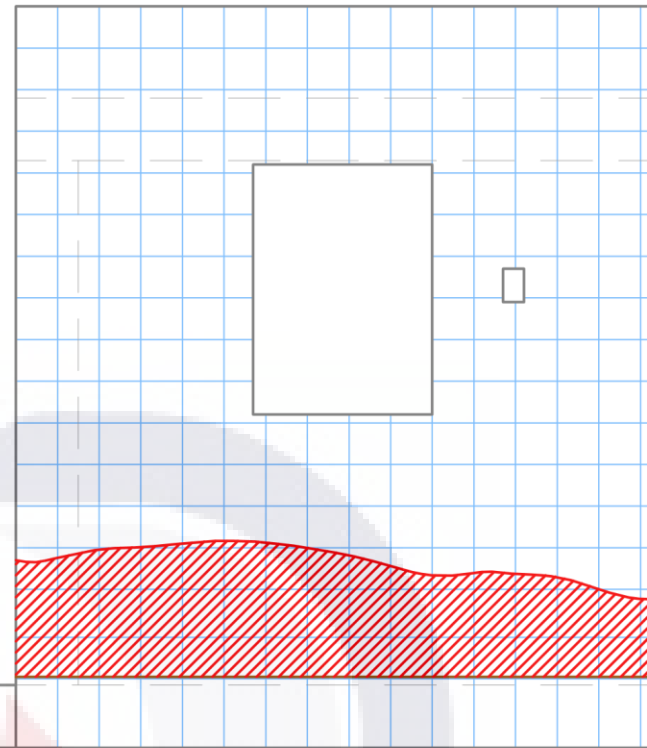
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.13 M2
ESC. 1:18



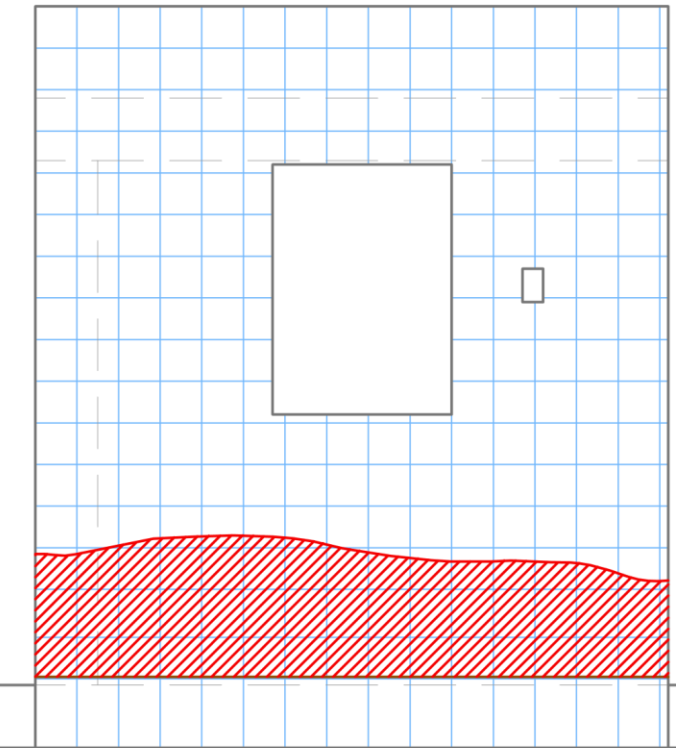
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.42 M2
ESC. 1:18



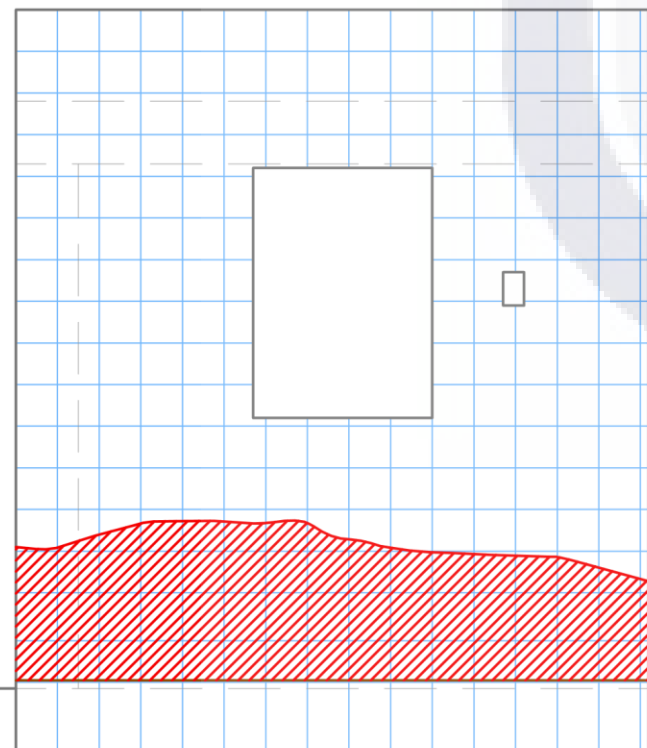
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.34 M2
ESC. 1:18



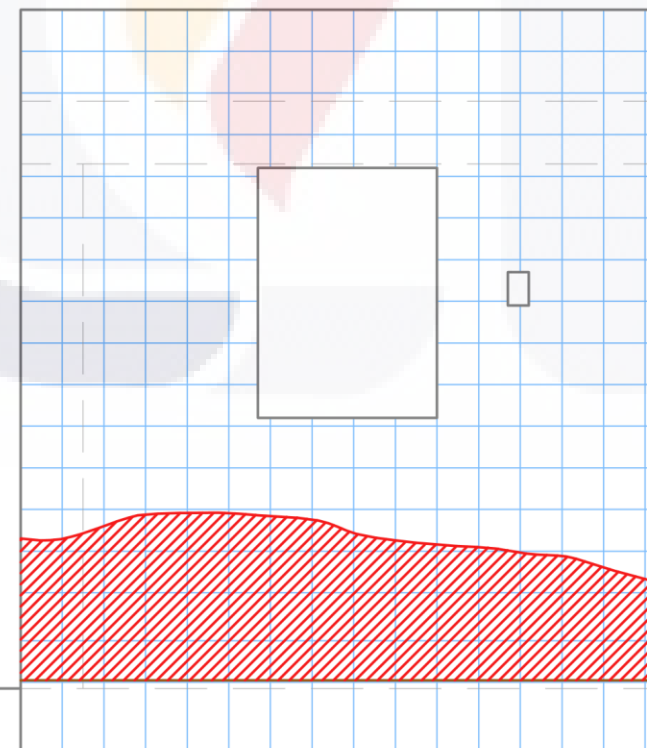
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.42 M2
ESC. 1:18



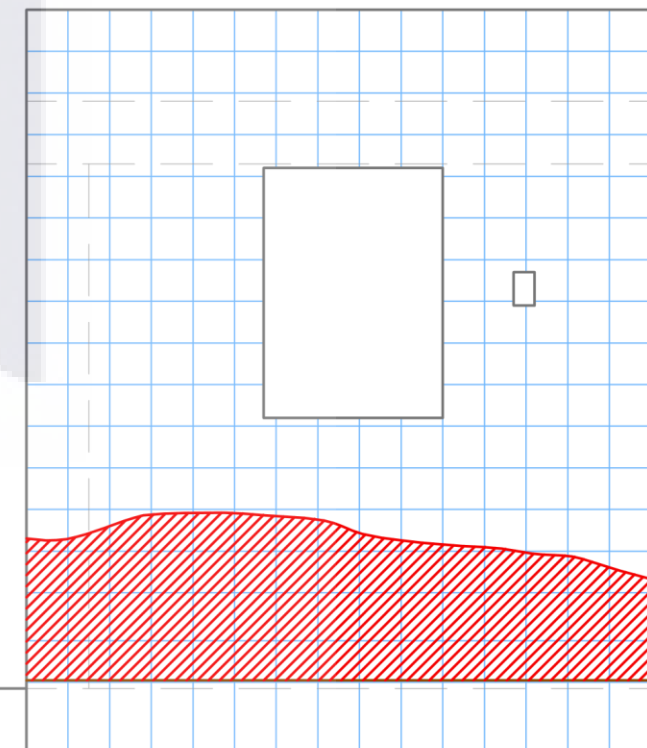
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.45 M2
ESC. 1:18



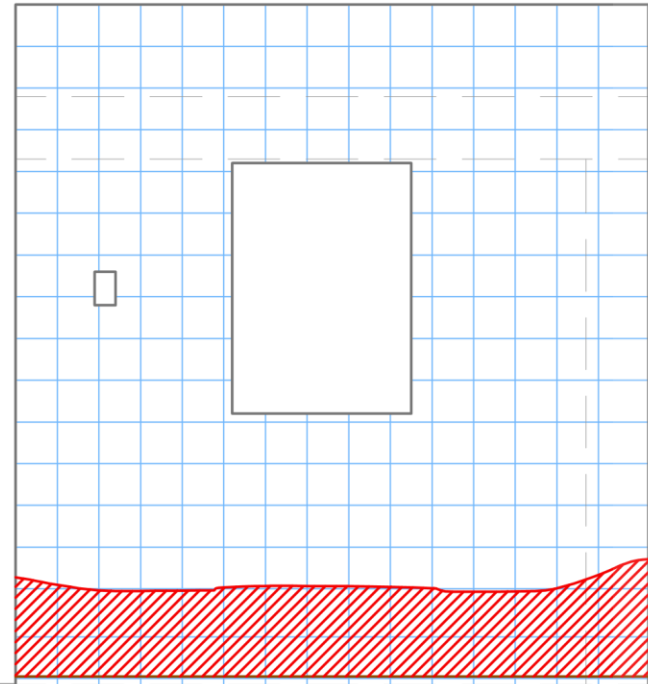
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.50 M2
ESC. 1:18



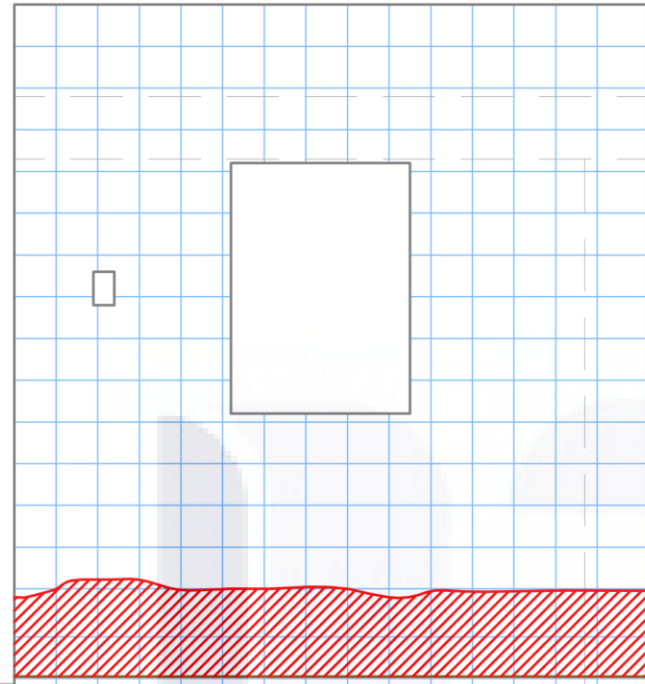
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.52 M2
ESC. 1:18



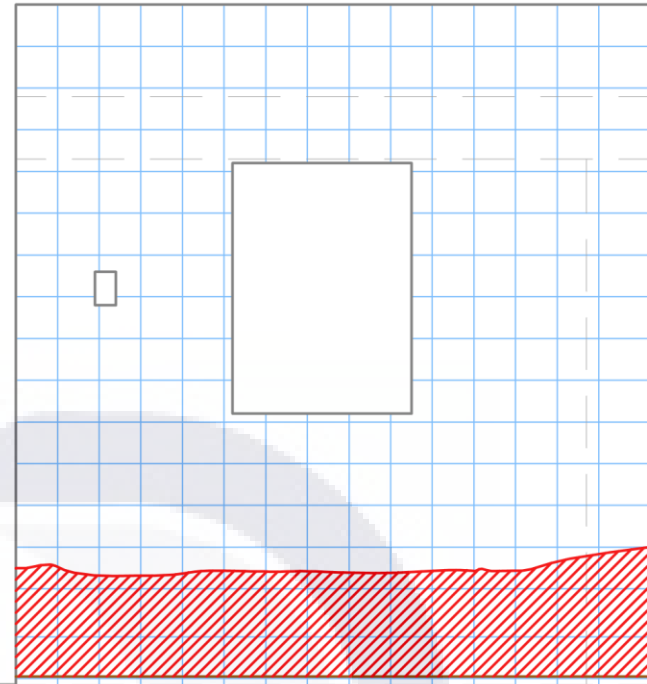
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.52 M2
ESC. 1:18



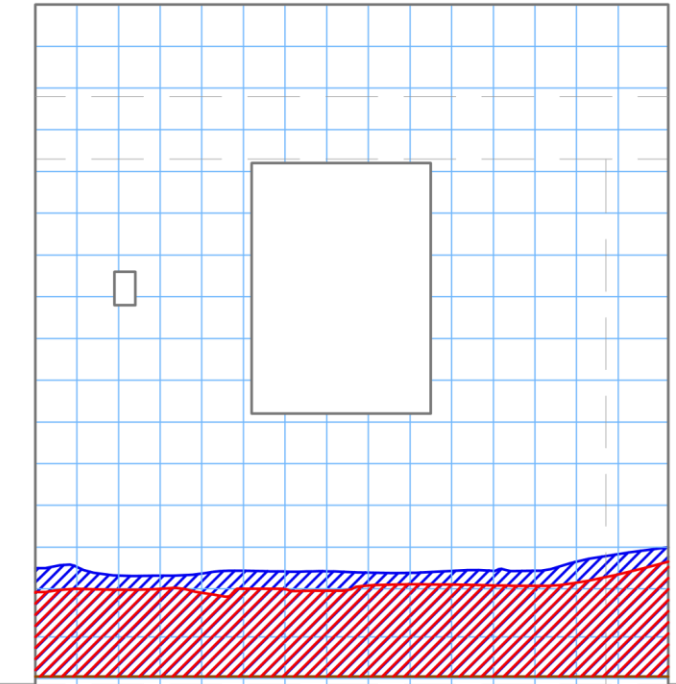
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.33 M2
ESC. 1:18



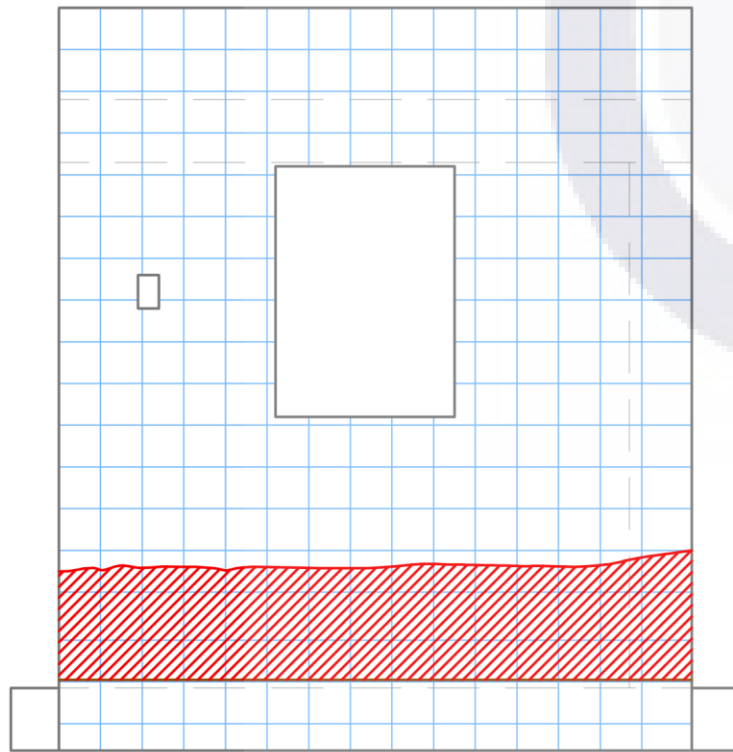
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.32 M2
ESC. 1:18



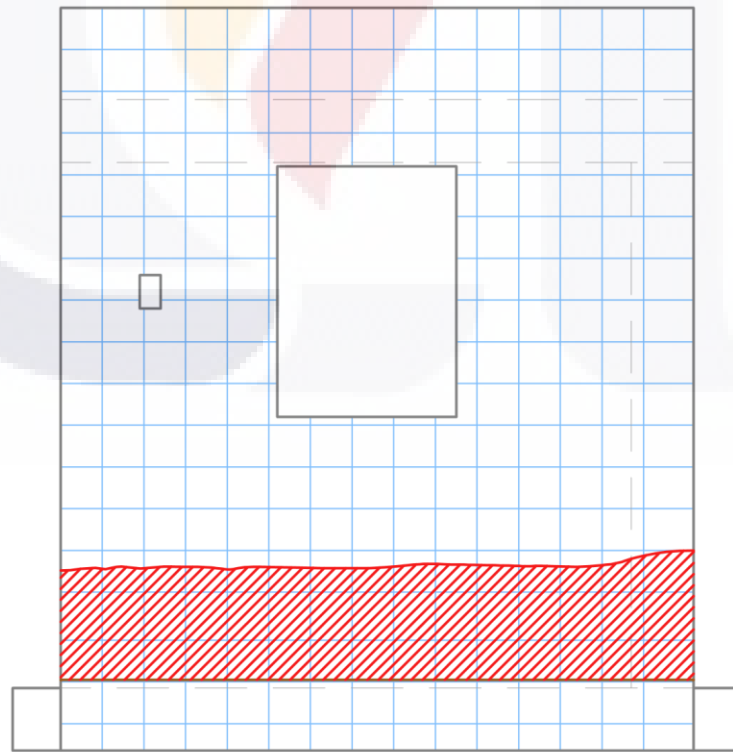
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESC. 1:18



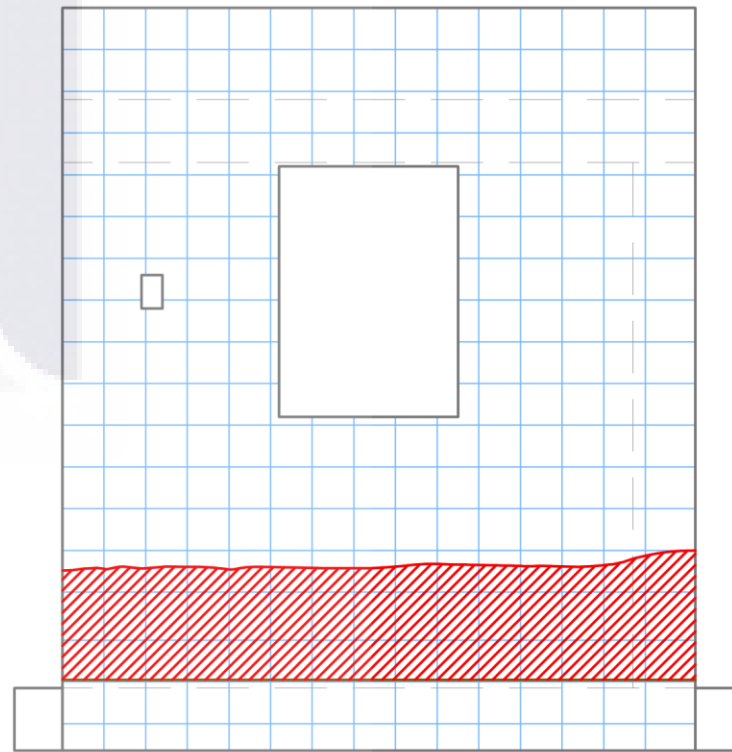
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.33 M2
ESPECTRO= 0.39 M2
ESC. 1:18



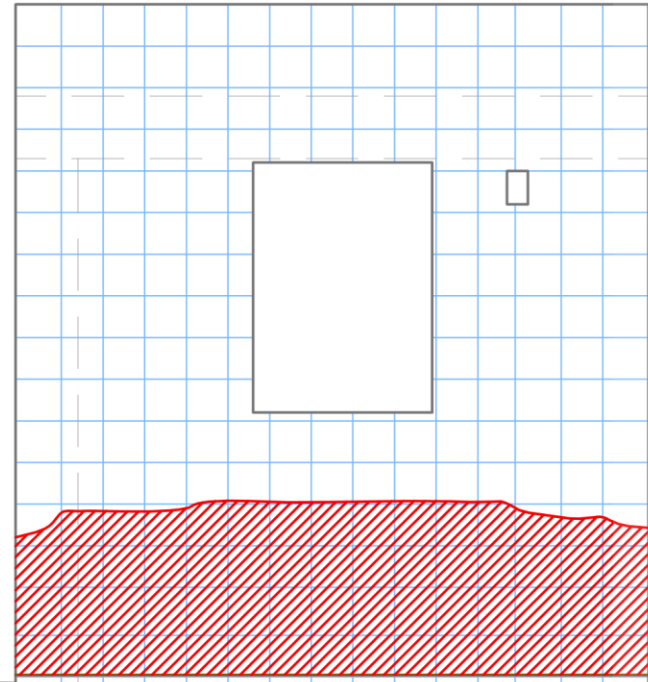
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.42 M2
ESC. 1:18



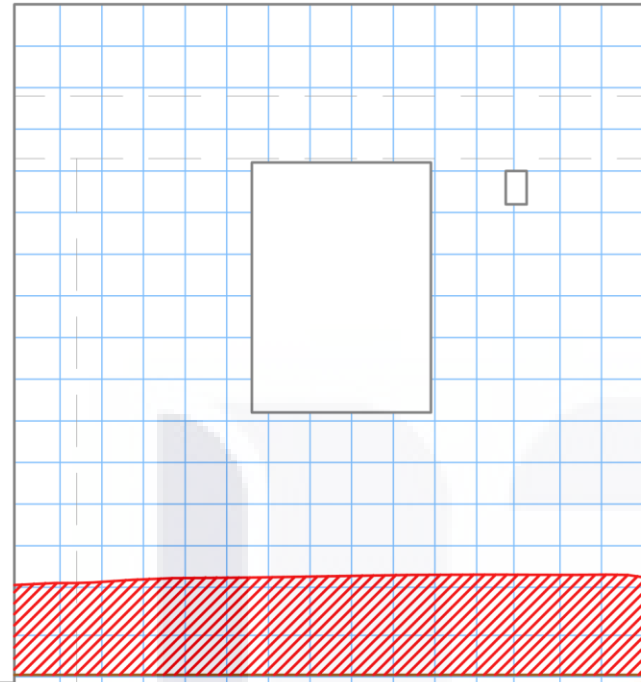
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.42 M2
ESC. 1:18



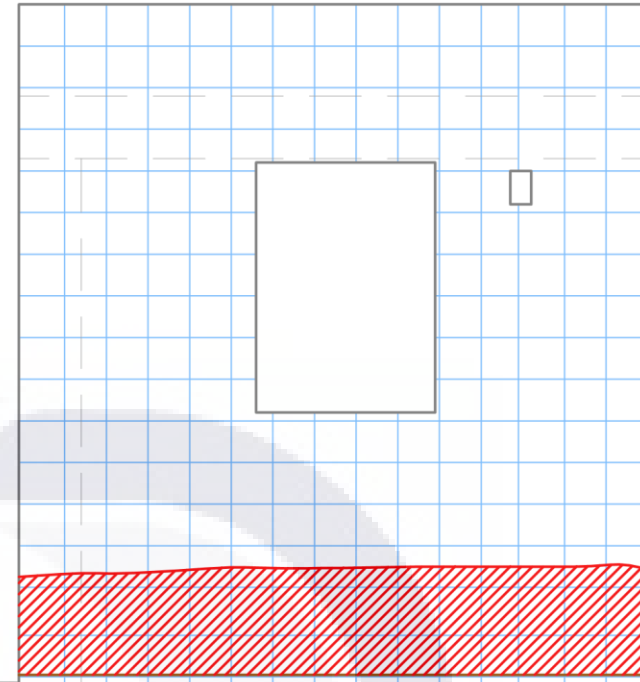
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.42 M2
ESC. 1:18



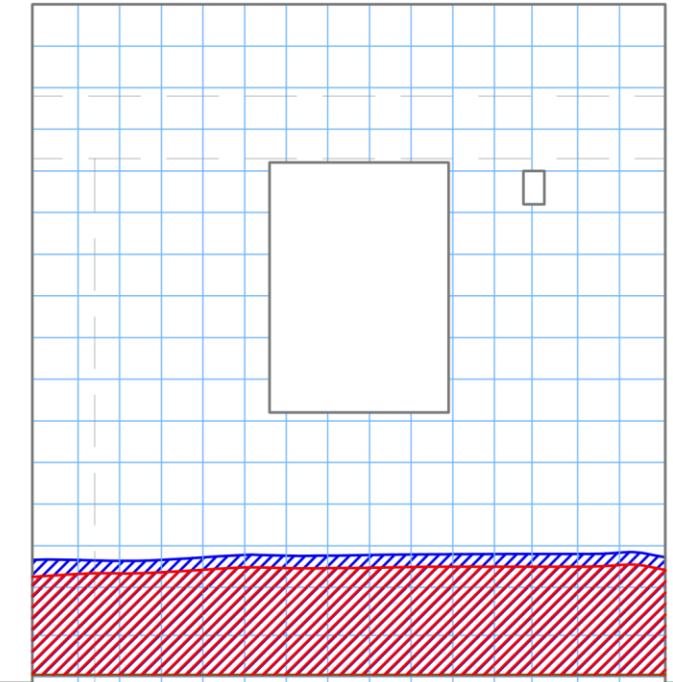
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 1
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.60 M2
ESC. 1:18



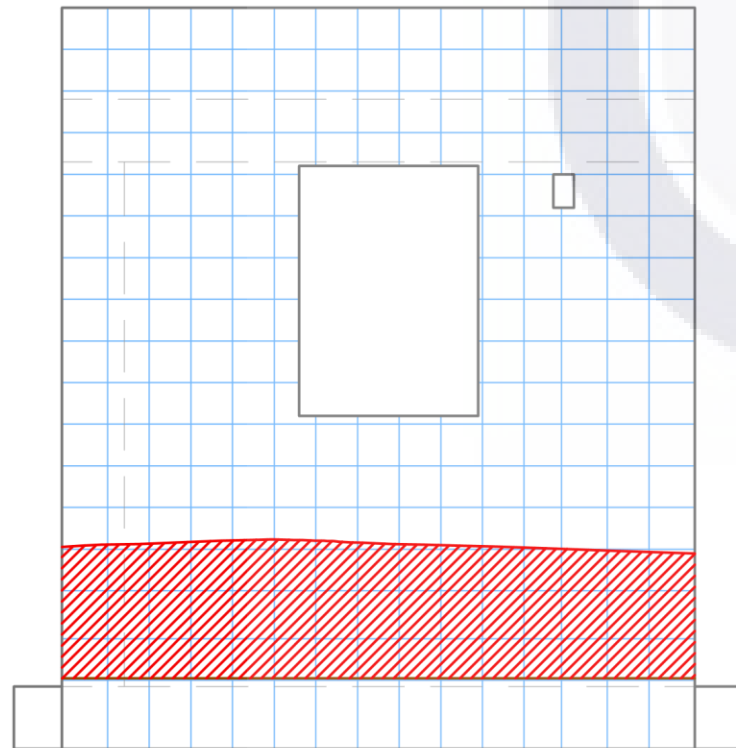
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 2
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.31 M2
ESC. 1:18



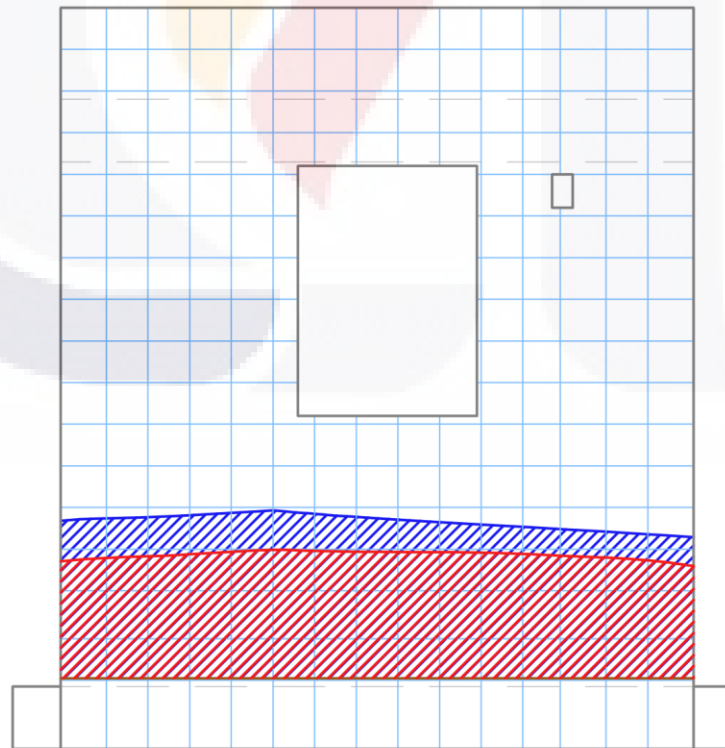
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 3
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESC. 1:18



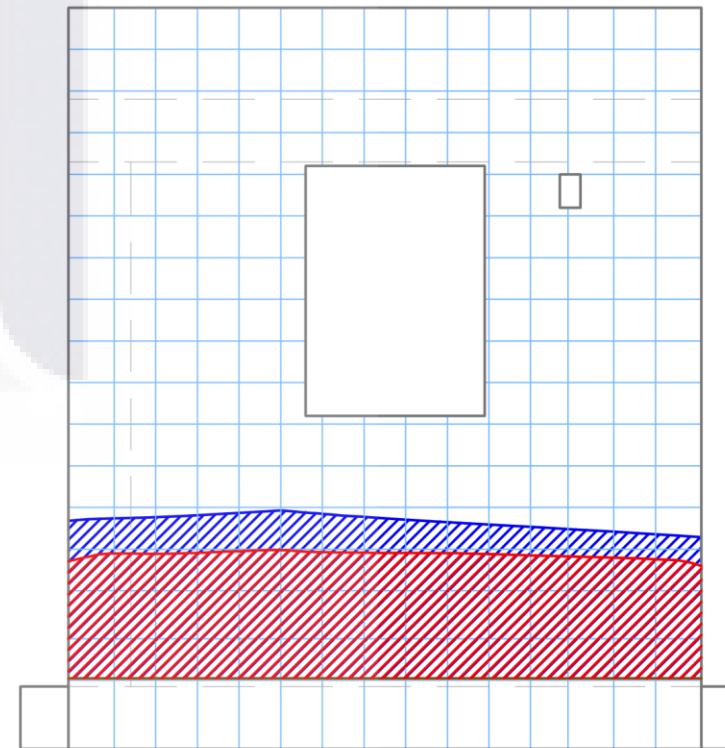
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 4
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.39 M2
ESPECTRO= 0.43 M2
ESC. 1:18



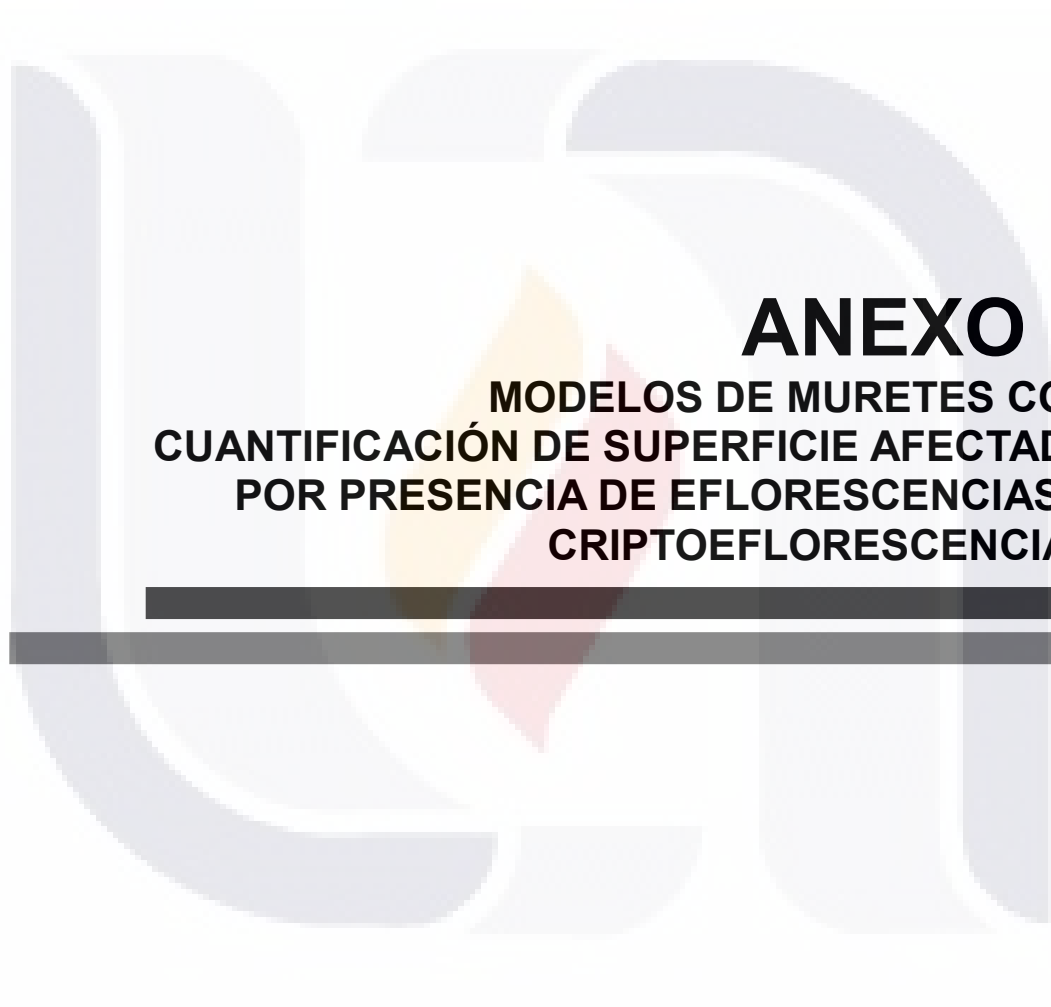
MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 5
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.49 M2
ESC. 1:18



MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 6
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.45 M2
ESPECTRO= 0.57 M2
ESC. 1:18

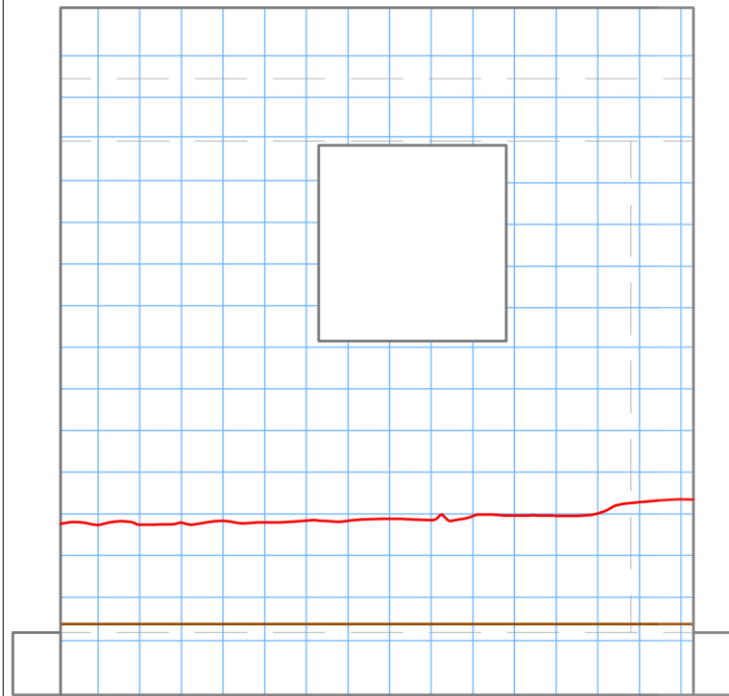


MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 7
PRESENCIA DE HUMEDAD= 0.45 M2
ESPECTRO= 0.57 M2
ESC. 1:18

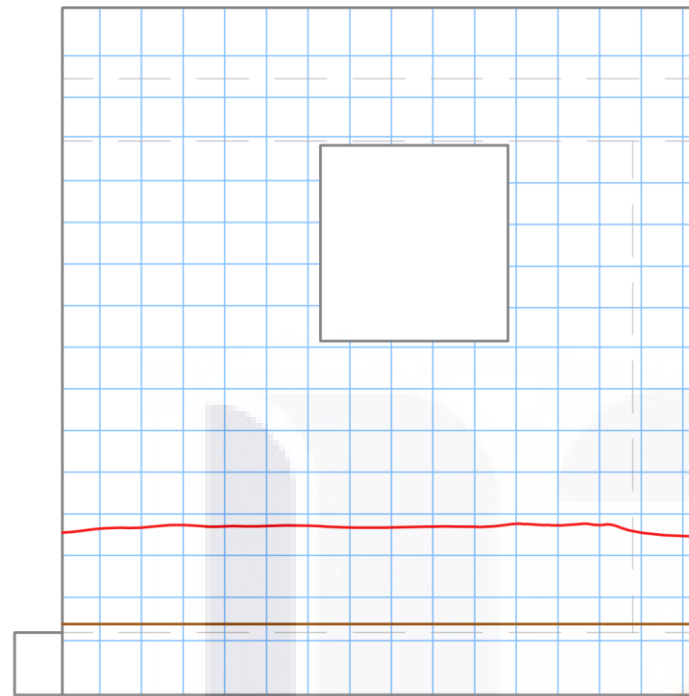


ANEXO E
MODELOS DE MURETES CON
CUANTIFICACIÓN DE SUPERFICIE AFECTADA
POR PRESENCIA DE EFLORESCENCIAS Y
CRIPTOEFLORESCENCIAS

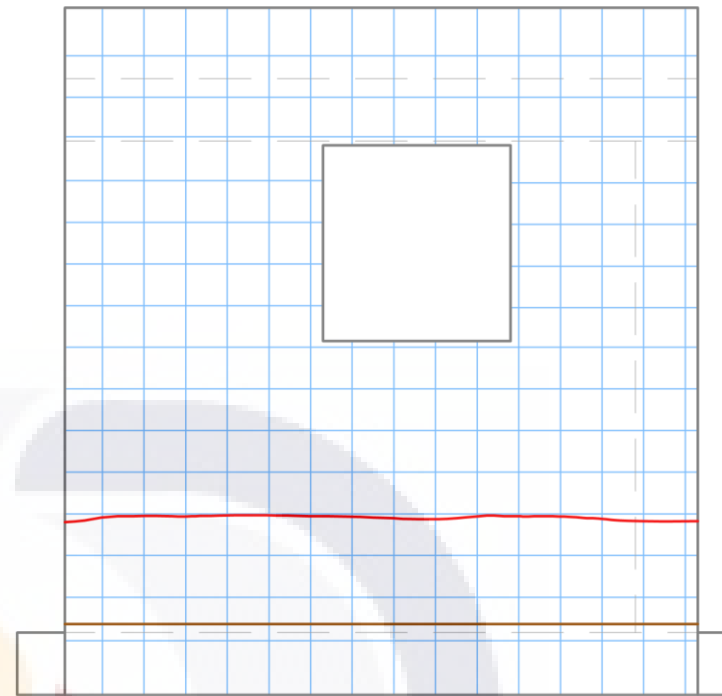




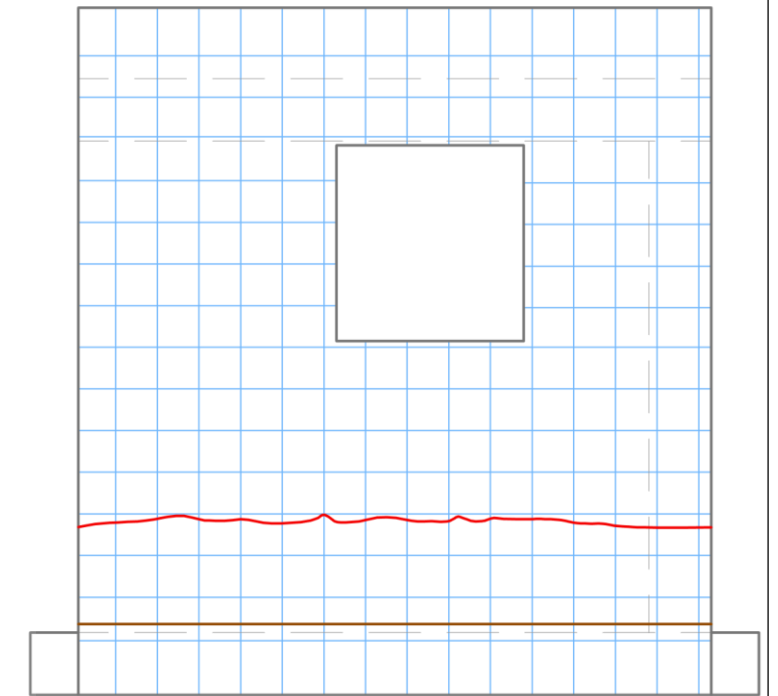
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



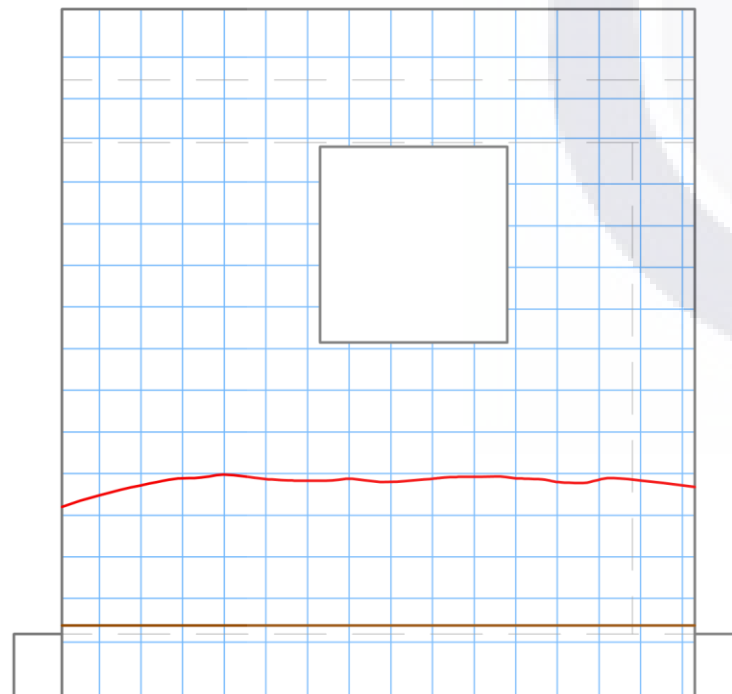
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



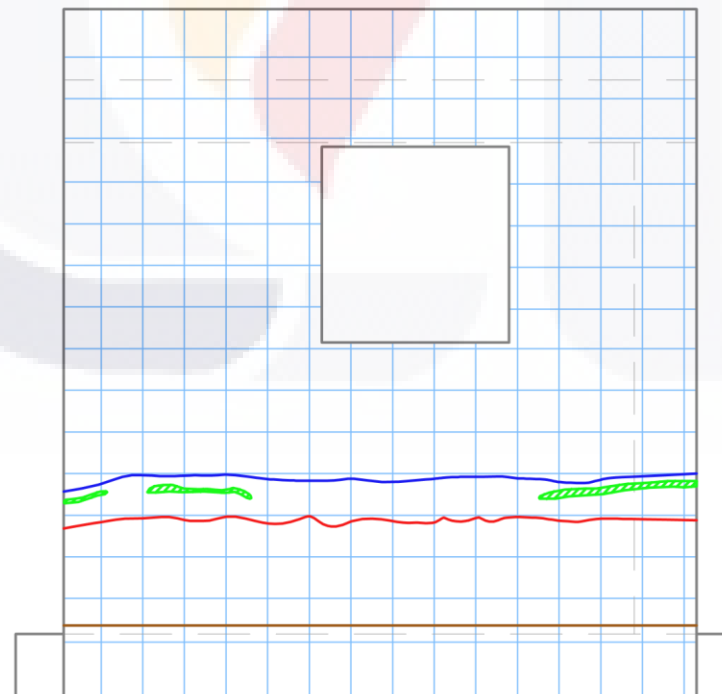
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



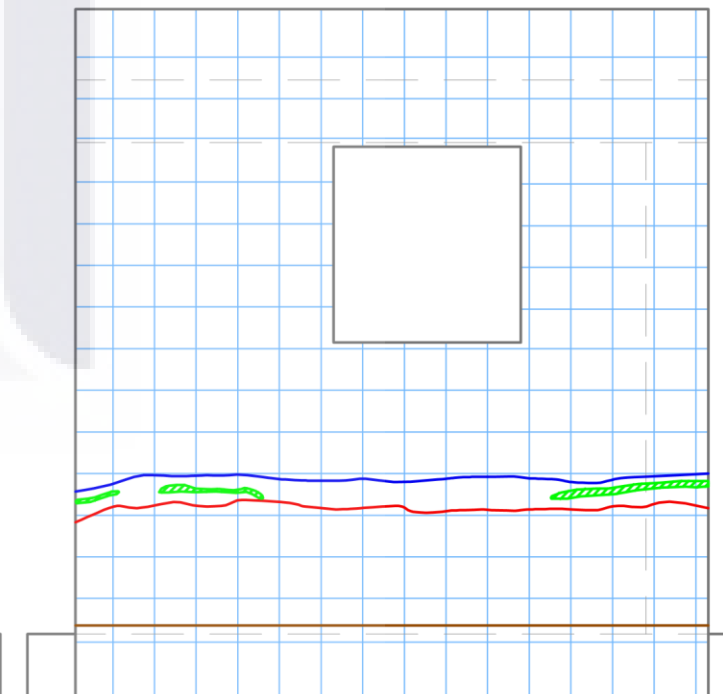
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



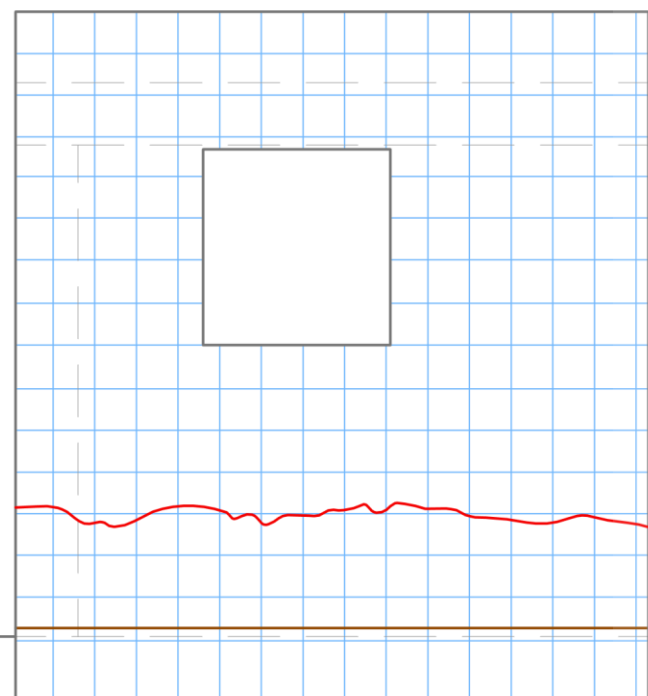
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



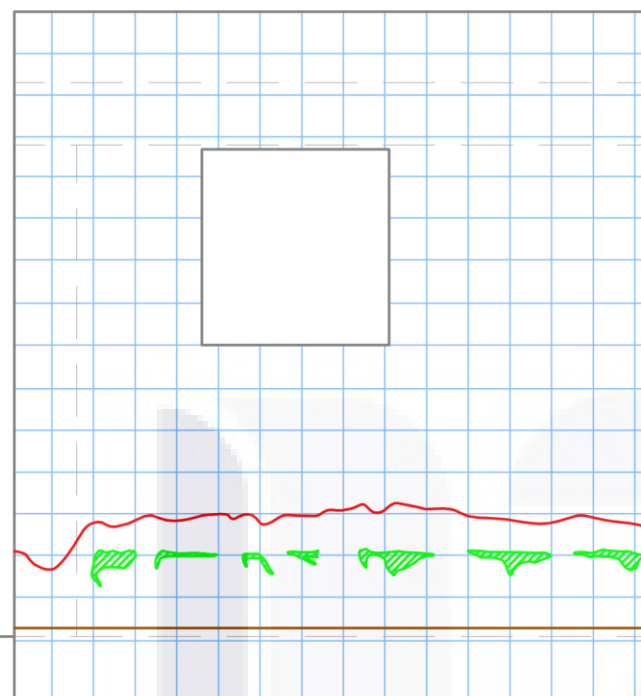
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 88 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



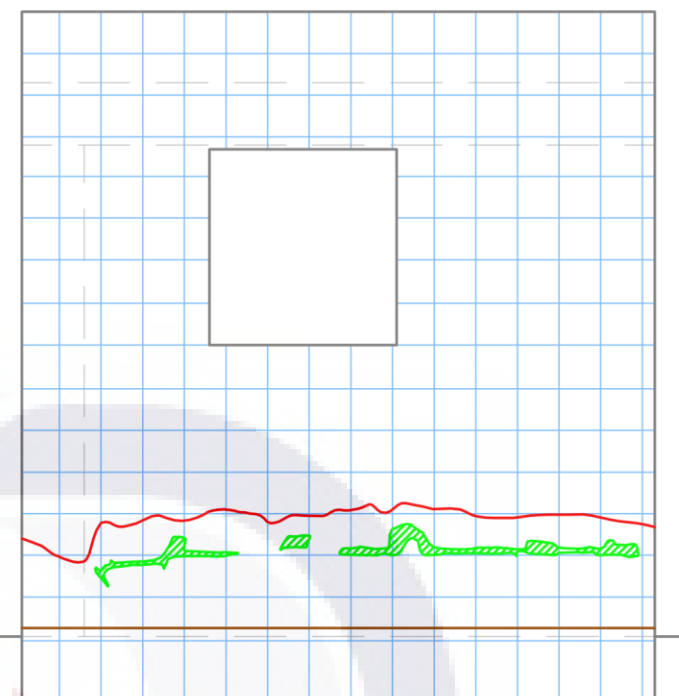
MTR 1-A-MCAL
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 88 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



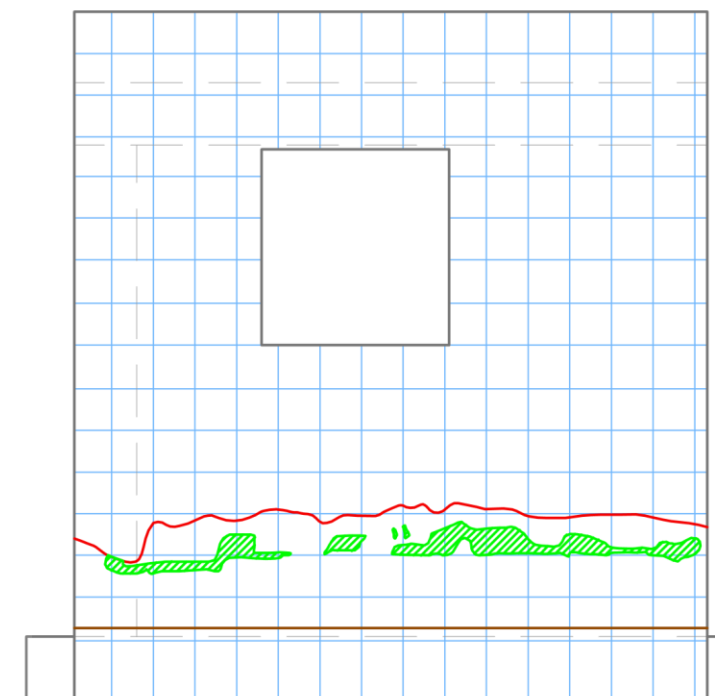
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



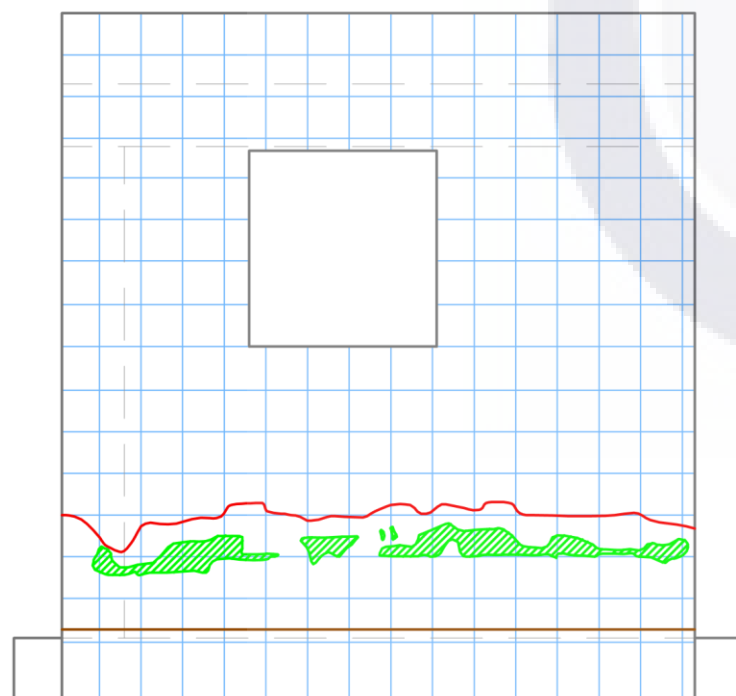
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 181 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



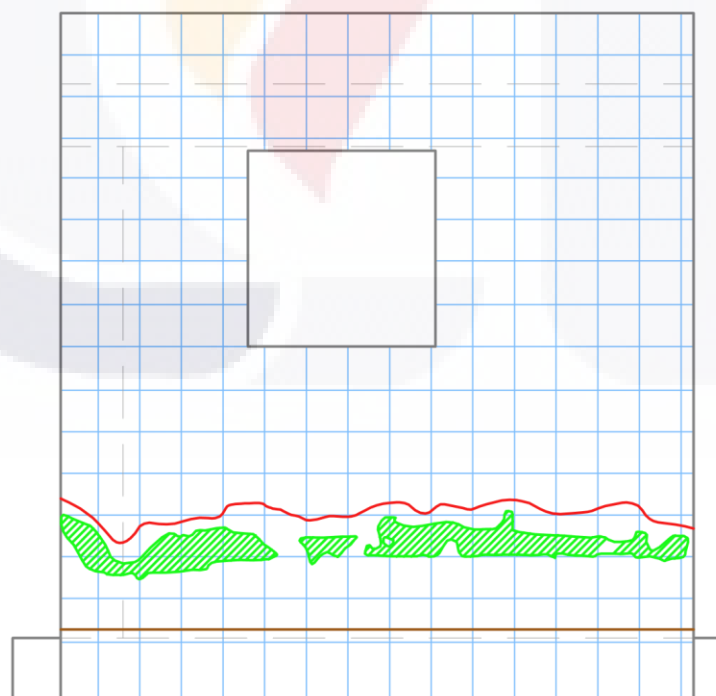
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 211 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



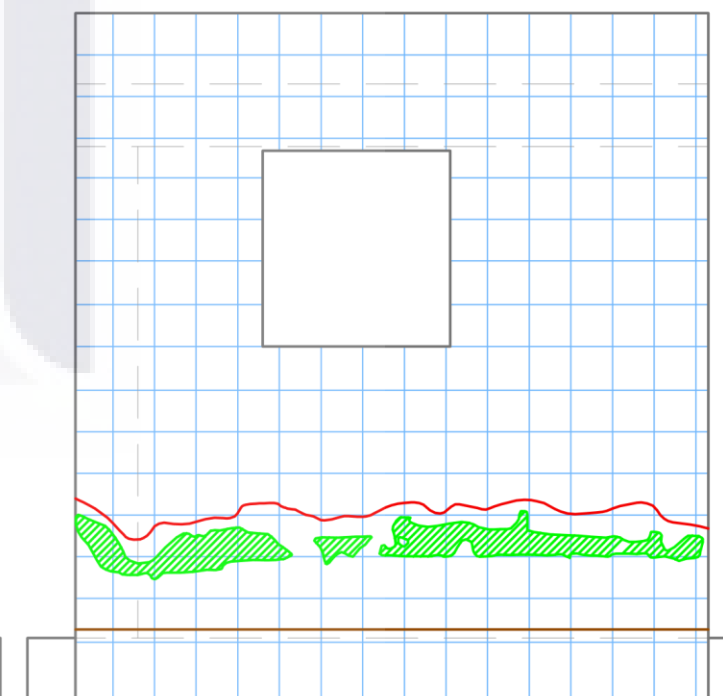
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 416 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



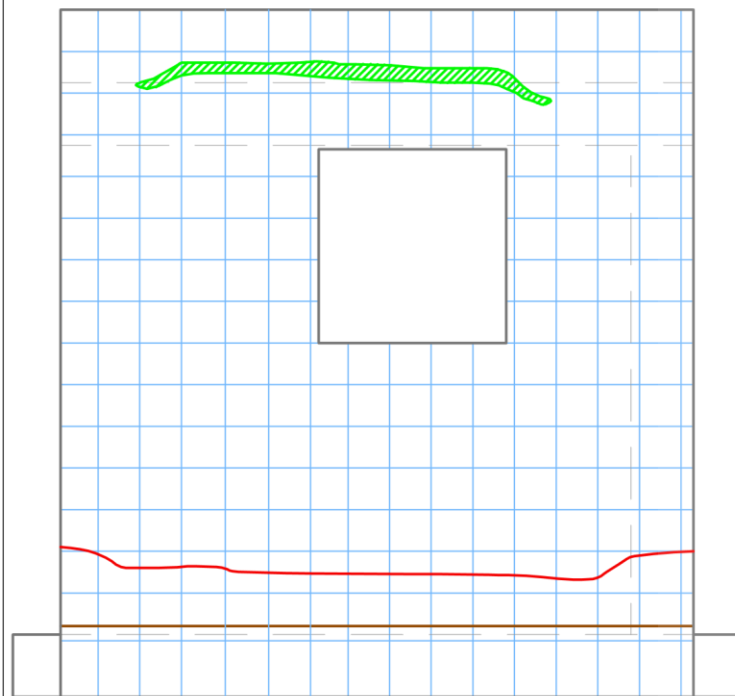
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 499 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



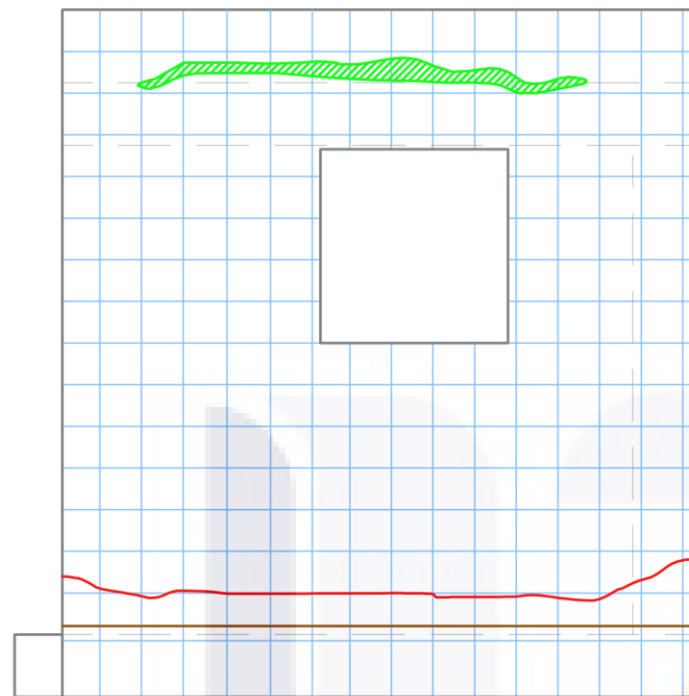
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 802 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



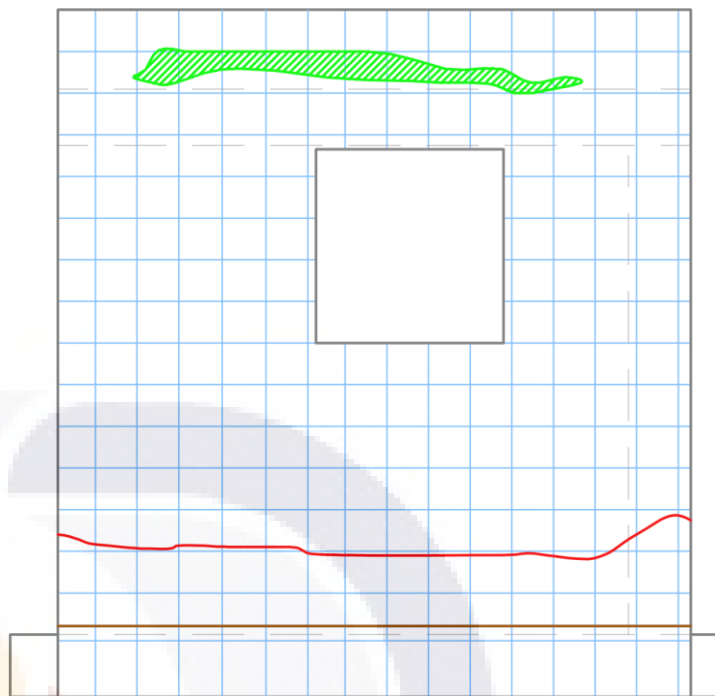
MTR 1-B-MCCA
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 802 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



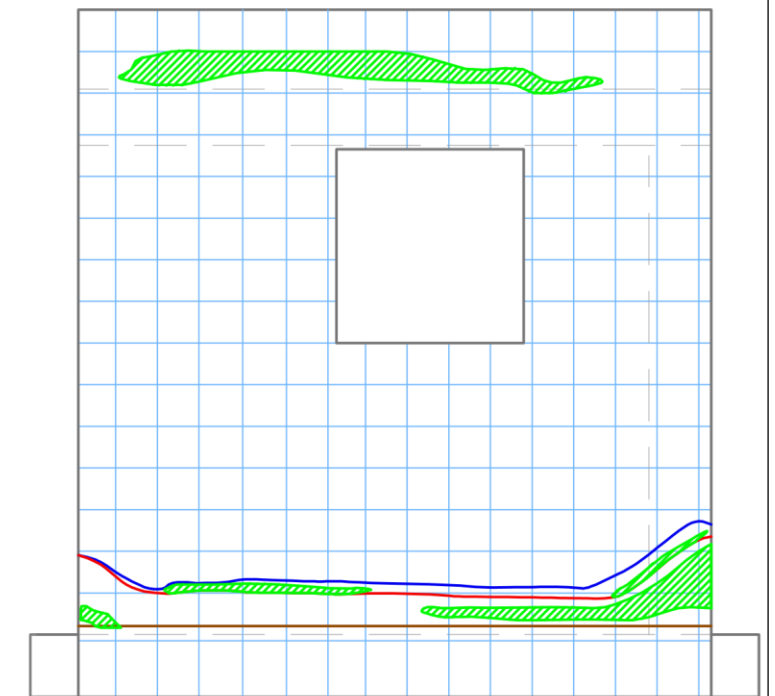
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 295 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



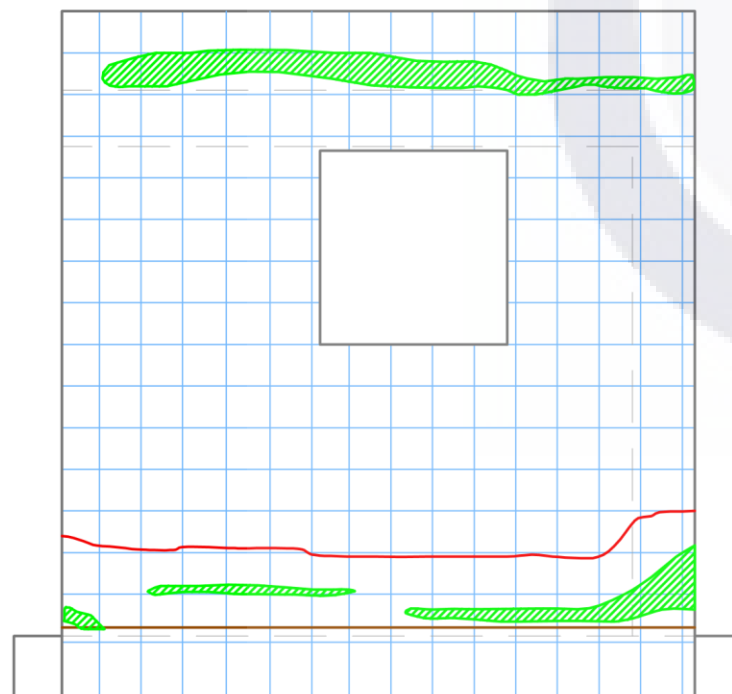
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 332 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



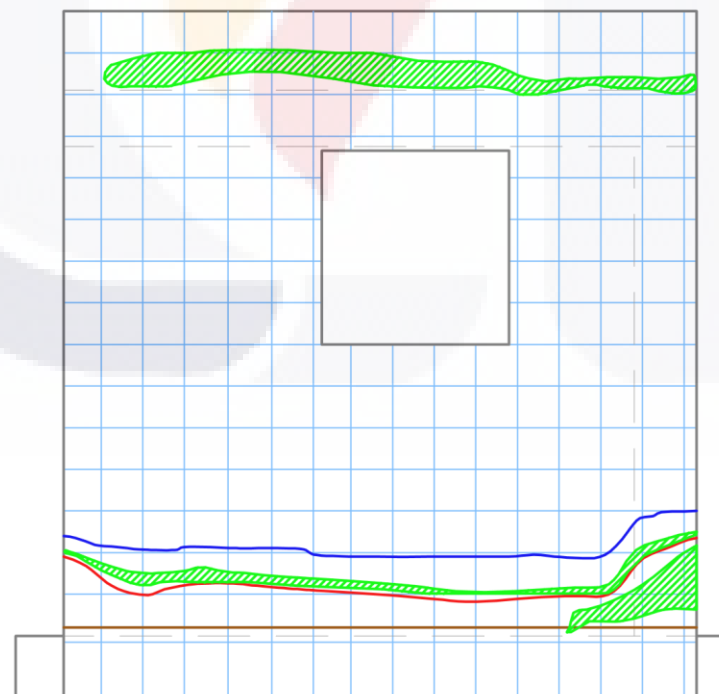
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 506 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



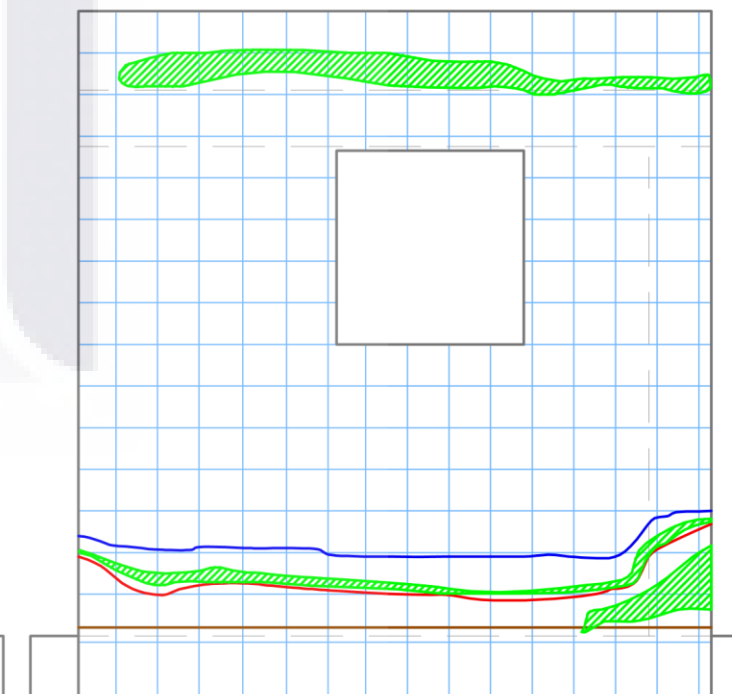
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 468 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 573 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



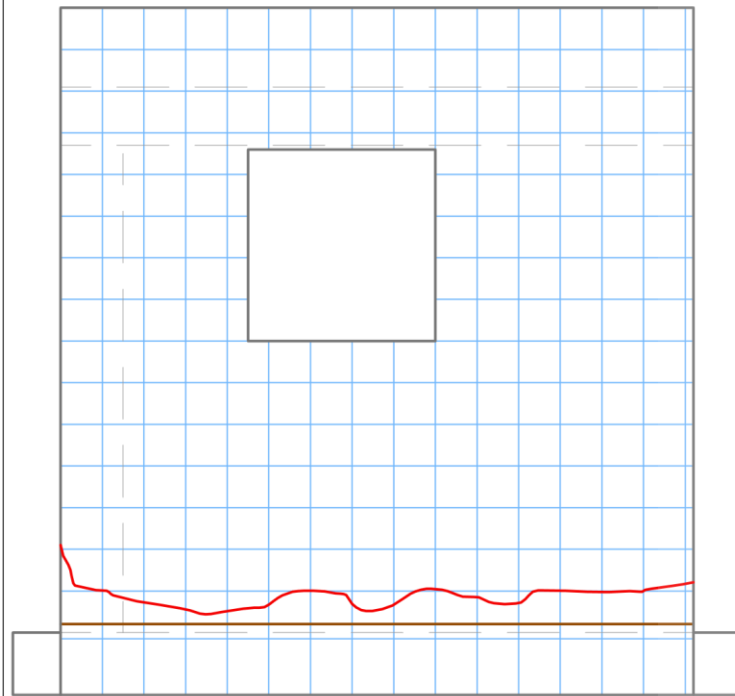
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 432 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 742 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



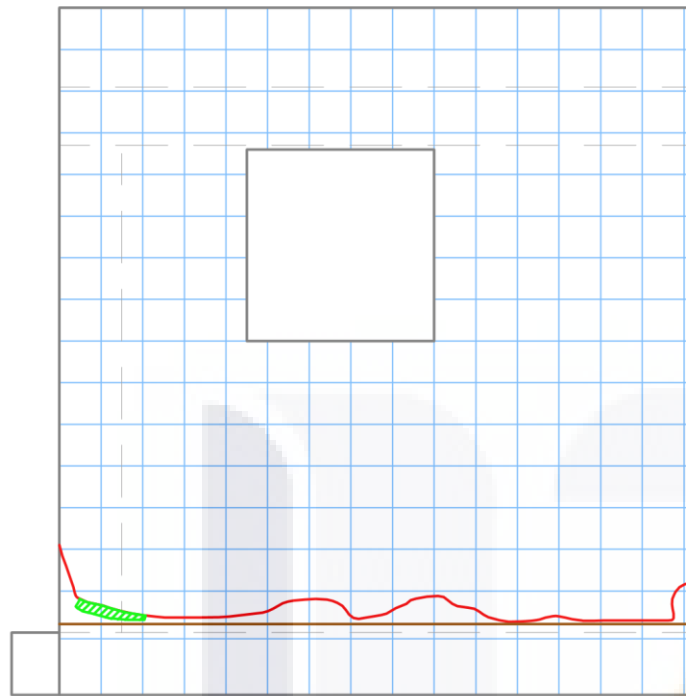
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 483 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 742 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



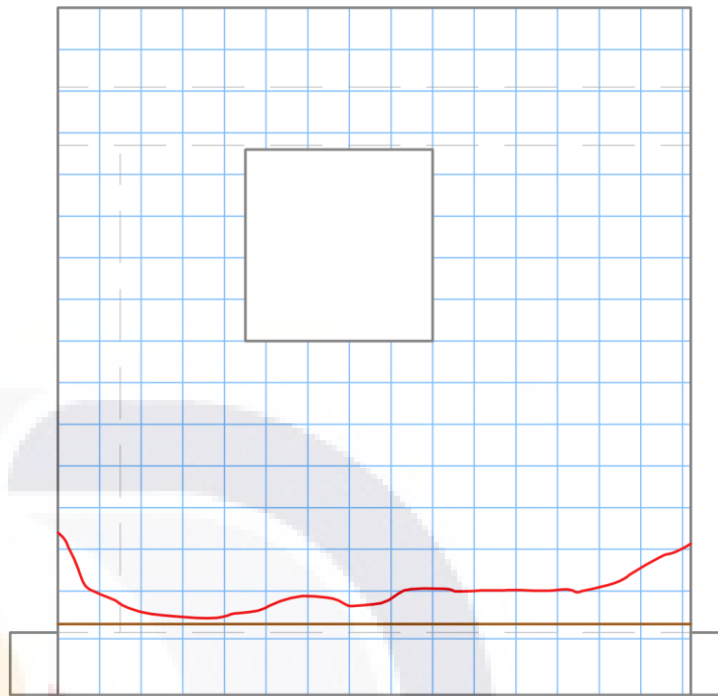
MTR 2-A-MCPA
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 493 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 742 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



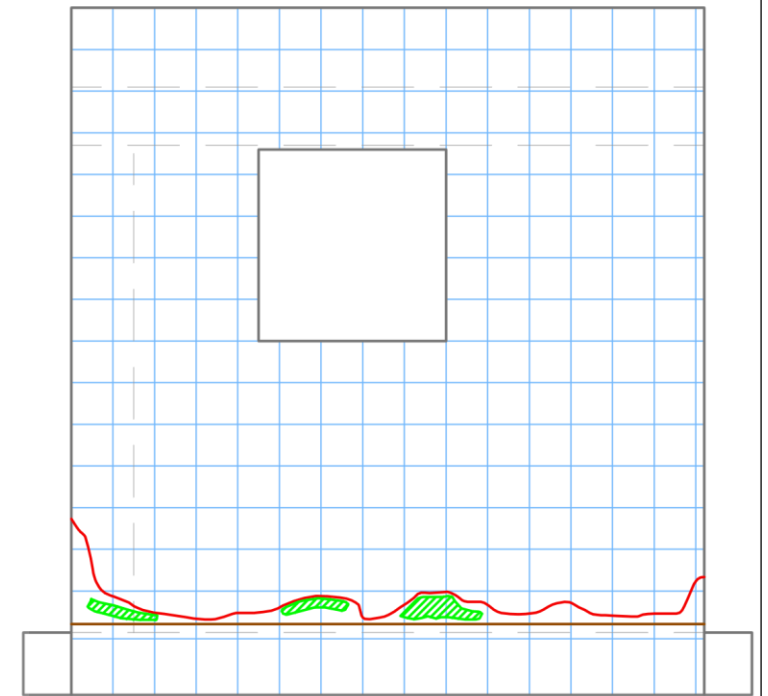
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



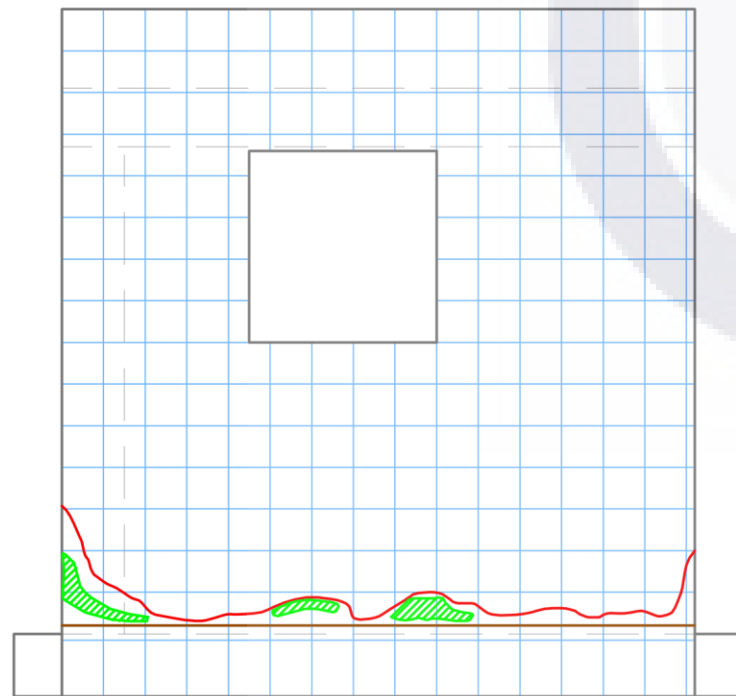
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 35 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



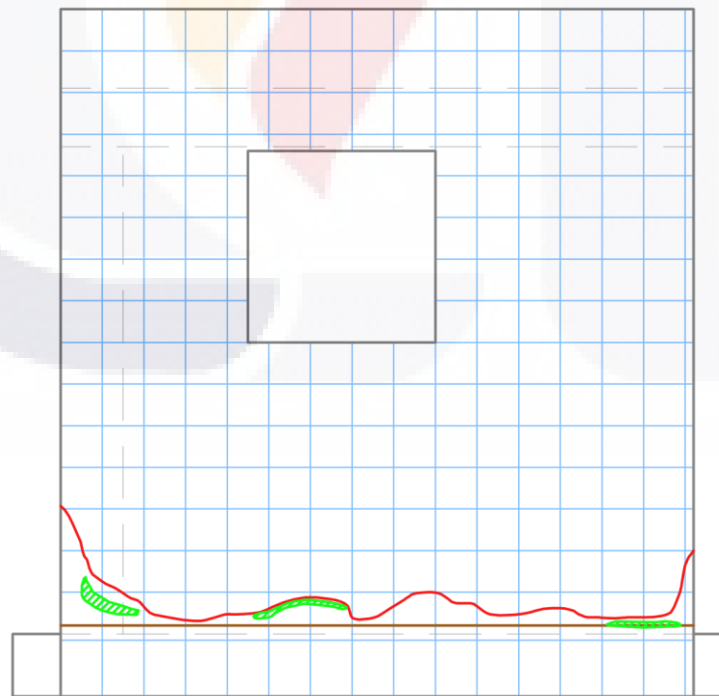
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



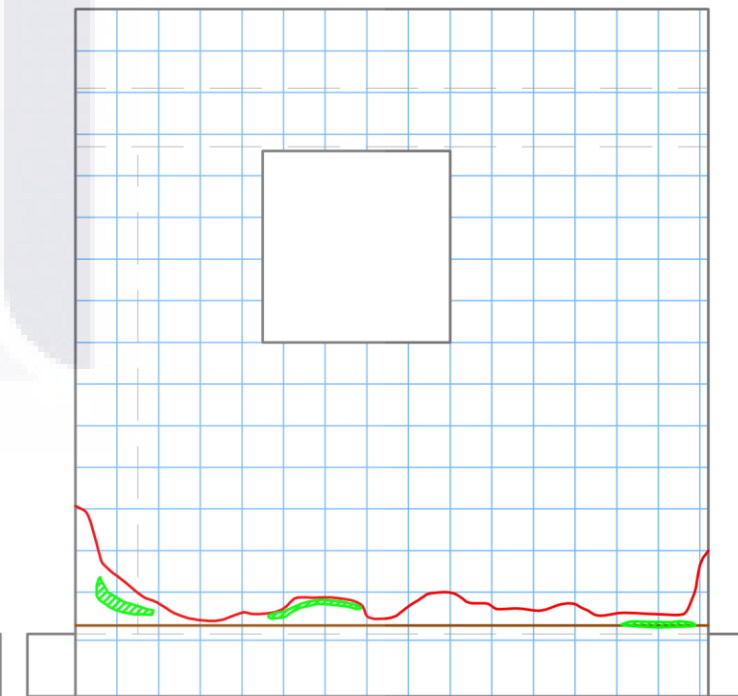
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 138 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



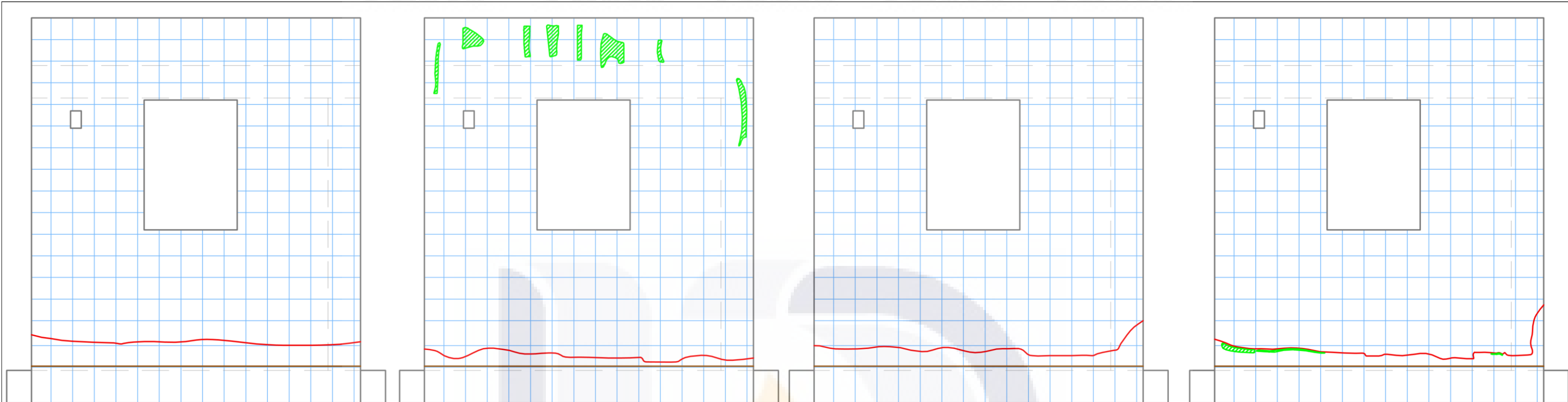
MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 186 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 78 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



MTR 2-B-MCEM
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 78 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

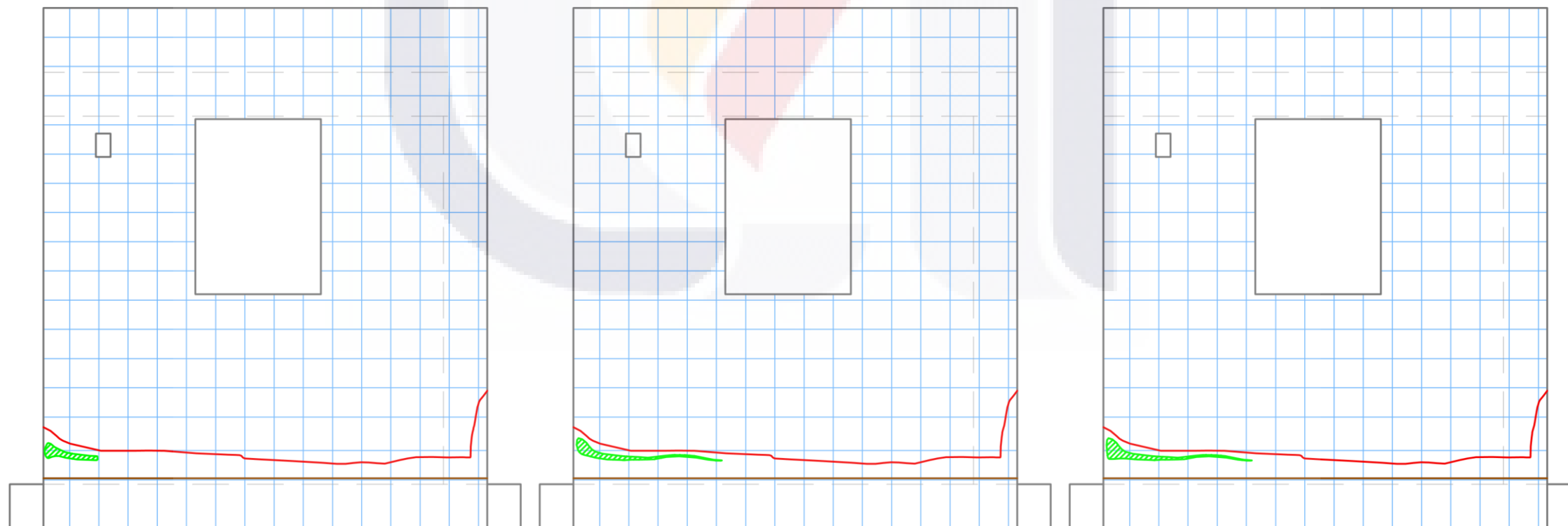


MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 403 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

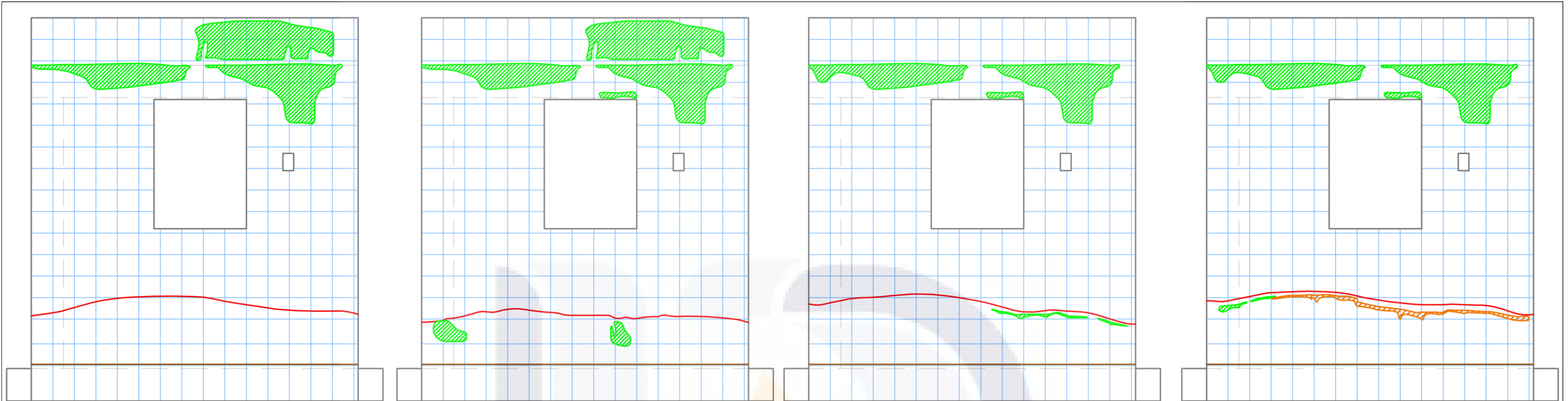
MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 44 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 41 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 60 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-A-MCEM
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 68 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

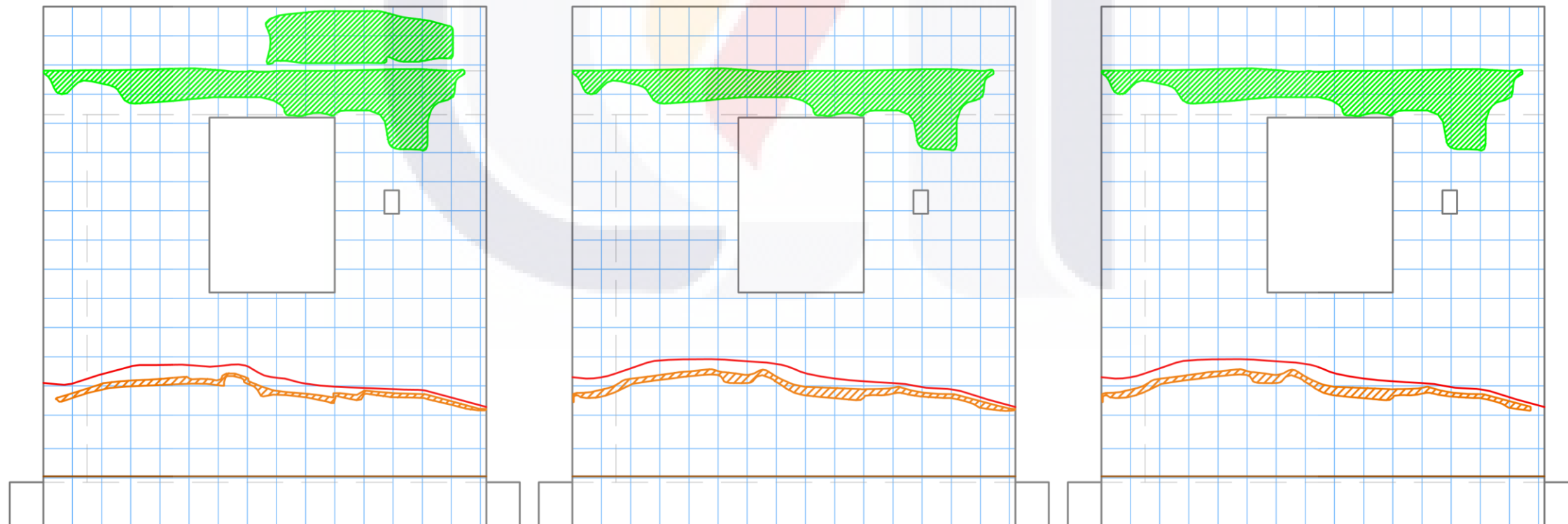


MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 2263 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 179 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 2301 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 41 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 1391 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

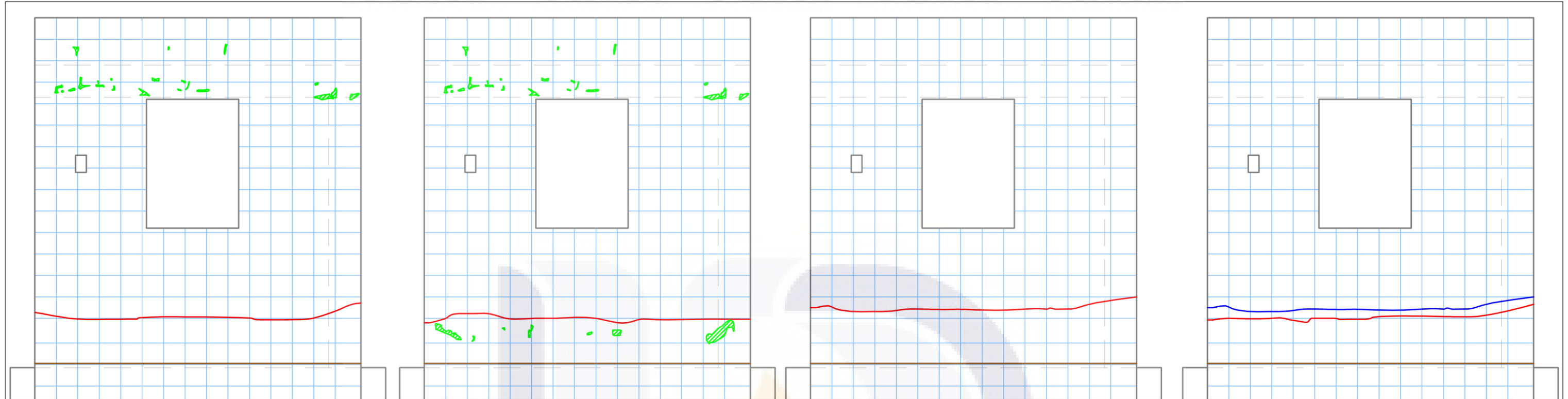
MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 27 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 1391 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 159 CM2



MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 2726 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 232 CM2

MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 1713 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 322 CM2

MBC 1-B-MCPA
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 1713 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 318 CM2

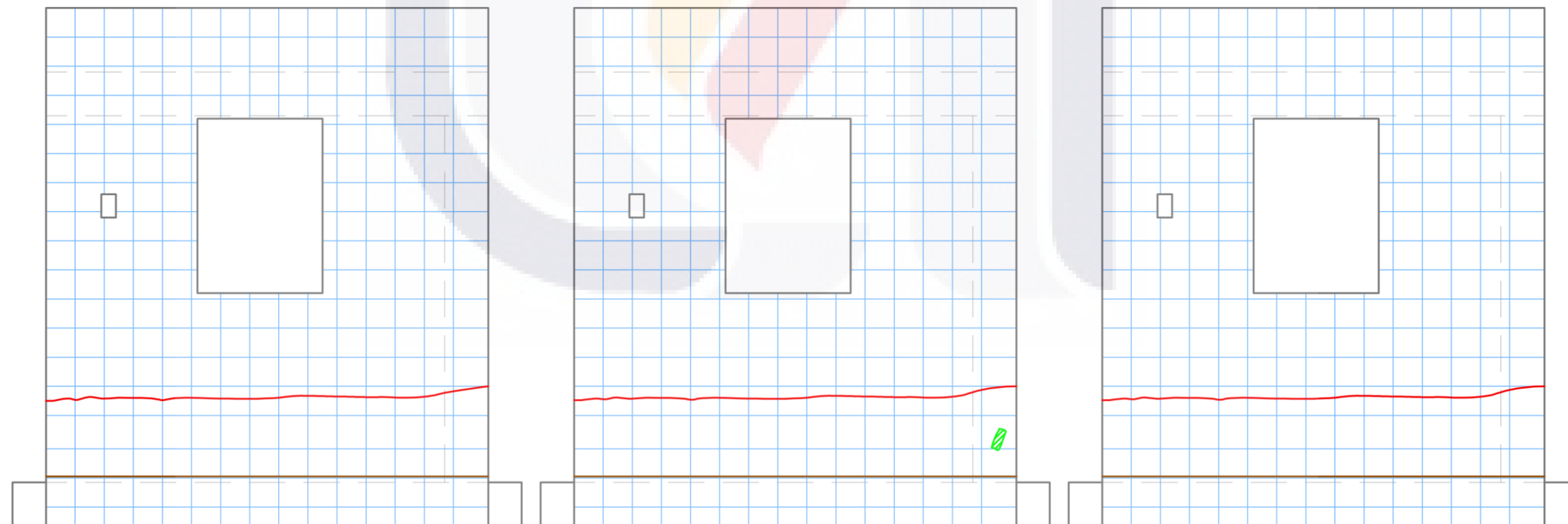


MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 62 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 95 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 62 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

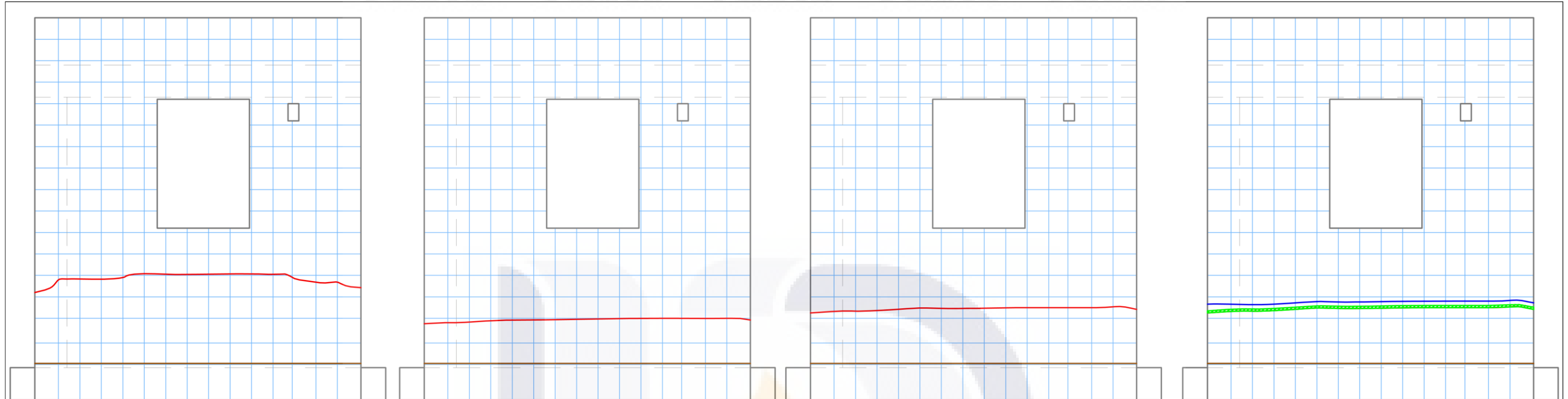
MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 19 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-A-MCCA
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

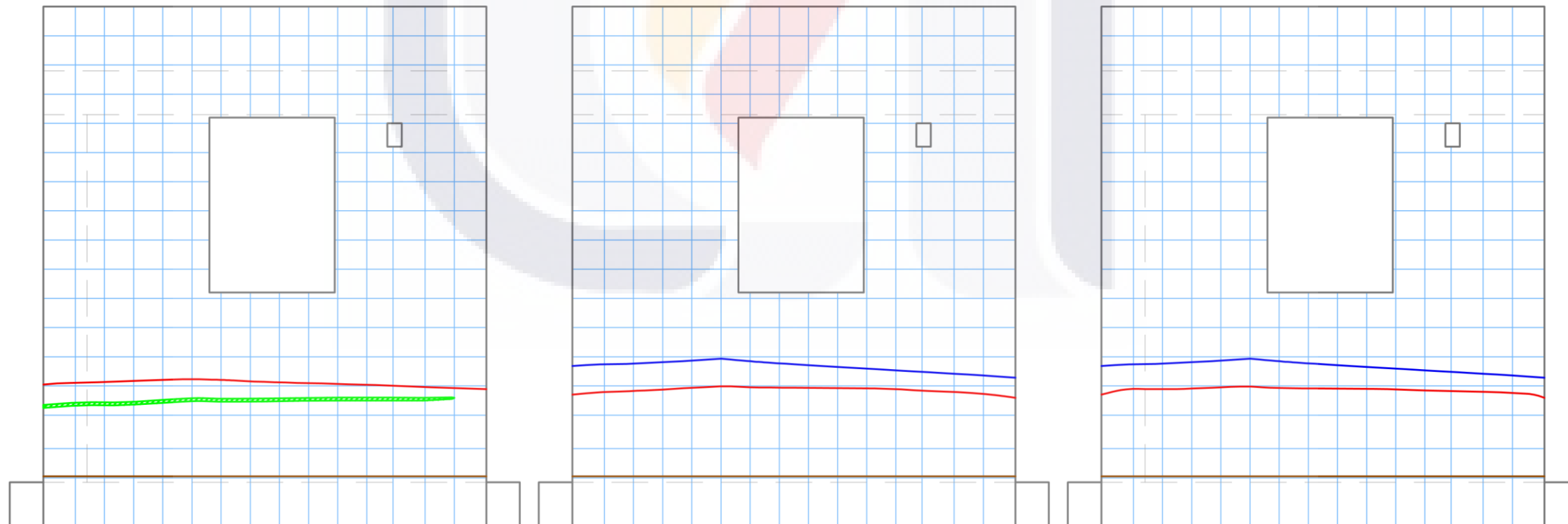


MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 1
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 3
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 4
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 152 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2



MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 5
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 139 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 6
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2

MBC 2-B-MCAL
REGISTRO 7
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN BASE= 0.0 CM2
SUPERFICIE EFLORESCENCIAS EN PARTE ALTA= 0.0 CM2
SUPERFICIE CRIPTOEFLORESCENCIAS= 0.0 CM2