



Universidad
de Cartagena
Fundada en 1827

**PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**



Facultad de
Ingeniería
Fundada en 1949

**PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS.**

CASO DE ESTUDIO: BALUARTE DE SAN FRANCISCO JAVIER



**Universidad
de Cartagena**
Fundada en 1827

LUIS MIGUEL MARTINEZ TORRENTE

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
CARTAGENA D. T. y C. 2019**



**PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS.**

CASO DE ESTUDIO: BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER

Autor:

LUIS MIGUEL MARTINEZ TORRENTE

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

Director:

ING. JORGE ALVAREZ.

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESTRUCTURAS, CONSTRUCCIONES Y
PATRIMONIO (ESCONPAT)**

Línea de investigación:

GESTION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

CARTAGENA D. T. y C. 2019



NOTA DE ACEPTACION

Firma del director
JORGE ALVAREZ CARRASCAL

Firma del jurado
WALBERTO RIVERA MARTINEZ

Firma del jurado
ARNOLDO BERROCAL OLAVE



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitirme formar en el ámbito profesional en esta carrera, sin su guía y fortaleza no podría culminar esta etapa. A mis padres Luis Alberto Martínez y Carmen Elena Torrente por creer en mi en todo momento, además de mis hermanos Kimberly, Jorge Luis y Luis Felipe por su apoyo.

A mis compañeros de equipo de baloncesto y amigos cercanos como Ricardo Moscote, Santiago Piña, Mateo Bonfante, Jesús Chica y su vez personas que me acompañaron desde lo personal como Liliana Álvarez, Daniela Herrera, Priscilla Diaz y Johaney Escobar, personas en las que siempre deposite mi confianza en todo momento. Luego la persona que me hace mejor todos los días Laura Valentina Robles. Al cuerpo docente por instruir en mi caminar y pensar de manera no ortodoxa para mi aprendizaje.

Agradezco profundamente a los ing. Jorge Álvarez, Walberto Rivera y Josef España por acompañarme en la realización del trabajo de grado. Por último, a la empresa PAYE ingeniería S.A.S. por los equipos para realización de los ensayos correspondientes.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	14
ABSTRACT	15
1. INTRODUCCION	16
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO TEORICO	18
2.1.1. Patología	18
2.1.2. Estudio patológico	18
2.1.3. Propiedades físico-mecánico de las rocas	18
2.1.3.1. Piedra caliza	18
2.1.3.2. Densidad	19
2.1.3.3. Porosidad	19
2.1.3.4. Resistencia a la abrasión (Desgaste)	20
2.1.3.5. Resistencia a la compresión	20
2.1.4. Ataques Físicos	21
2.1.4.1. El viento	21
2.1.4.2. El calor	22
2.1.4.3. La humedad	23
2.1.5. Ataques químicos	25
2.1.6. Ataques Biológicos	28
2.1.7. Agresividad Del Medio Ambiente	30
2.1.8. Cordón amurallado de Cartagena de indias	30
2.1.9. Baluarte	31
2.1.10. Cortinas	31
2.1.11. Sistema de posicionamiento global	32
2.1.12. Características generales de las ondas ultrasónicas	34
2.1.12.1. Métodos básicos de inspección	34
2.1.12.2. Método Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)	34
2.1.13. Ensayo termográfico	36
2.1.14. Normativa internacional para la intervención de patrimonios	39



2.1.14.1.	<i>Carta de Atenas (1933)</i>	39
2.1.14.2.	<i>Carta de Venecia (1964)</i>	39
2.1.14.3.	<i>Carta de Ámsterdam (1975)</i>	40
2.1.14.4.	<i>Convenio de Granada (1989)</i>	40
2.1.14.5.	<i>Carta del Patrimonio Vernáculo Construido (Charter on the Built Vernacular Heritage, 1999)</i>	41
2.1.14.6.	<i>Carta de Cracovia (2000)</i>	41
2.1.15.	<i>Tratamientos de limpieza</i>	42
2.2.	ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	43
2.2.1.	<i>Ámbito Internacional</i>	43
2.2.2.	<i>Ámbito local</i>	48
3.	OBJETIVOS	53
3.1	OBJETIVO GENERAL	53
3.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS	53
4.	ALCANCE	54
4.1.	DELIMITACION CONCEPTUAL	54
4.2.	DELIMITACION TEMPORAL	54
4.3.	DELIMITACION ESPACIAL	55
4.4.	LIMITACIONES	56
5.	METODOLOGIA	57
5.1.	PRIMERA FASE	57
5.2.	SEGUNDA FASE	57
5.3.	TERCERA FASE	59
6.	RESUTADOS	60
6.1.	ENTREVISTA DEL ARQUITECTO MARIO ZAPATEIRO ALTAMIRANDA 60	
6.2.	REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN OCTUBRE DEL 2018	62
6.3.	REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN ABRIL DEL 2019	96
6.4.	ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) 130	



6.5. ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE TERMOGRAFIA.....	132
6.6. PROPUESTA DE INTERVENCION PARA EL BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER	150
6.6.1. Tramo 1.....	150
6.6.2. Tramo 2.....	150
6.6.3. Tramo 3.....	151
6.6.4. Tramo 4.....	151
6.6.5. Tramo 5.....	151
7. CONCLUSIONES.....	153
8. RECOMENDACIONES	156
9. BIBLIOGRAFIA.....	158
10. ANEXOS.....	160



INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Desprendimiento de partículas por acción del viento.	22
Ilustración 2. Vaporización.	23
Ilustración 3. Concentraciones de humedad.	24
Ilustración 4. Cristalización de sales.	26
Ilustración 5. Desprendimiento de capas externas. (exfoliación)	27
Ilustración 6. Pulverulencias al desprenderse las partículas.	27
Ilustración 7. Degradación de la piedra.	28
Ilustración 8 Aplicación del ensayo UPV	36
Ilustración 9. Cámara termográfica.	37
Ilustración 10. Baluarte San Francisco Javier	55
Ilustración 11. Baluarte San Francisco Javier dividido por tramos de estudio.	58
Ilustración 12. Patología #1	63
Ilustración 13. Patología #2	64
Ilustración 14. Patología #3	65
Ilustración 15. Patología #4	66
Ilustración 16. Patología #5	67
Ilustración 17. Patología #6	68
Ilustración 18. Patología #7	69
Ilustración 19. Patología #8	70
Ilustración 20. Patología #9	71
Ilustración 21. Patología #10	72
Ilustración 22. Patología #11	73
Ilustración 23. Patología #12	74
Ilustración 24. Patología #13	75
Ilustración 25. Patología #14	76
Ilustración 26. Patología #15	77
Ilustración 27. Patología #16	78
Ilustración 28. Patología #17	79
Ilustración 29. Patología #18	80
Ilustración 30. Patología #19	81
Ilustración 31. Patología #20	82
Ilustración 32. Patología #21	83
Ilustración 33. Patología #22	84
Ilustración 34. Patología #23	85
Ilustración 35. Patología #24	86
Ilustración 36. Patología #25	87
Ilustración 37. Patología #26	88
Ilustración 38. Patología #27	89
Ilustración 39. Patología #28	90
Ilustración 40. Patología #29	91



Ilustración 41. Patología #30.....	92
Ilustración 42. Patología #31.....	93
Ilustración 43. Patología #1 después del Mantenimiento	97
Ilustración 44. Patología #2 después del mantenimiento.....	98
Ilustración 45. Patología #3 después del mantenimiento.....	99
Ilustración 46. Patología #4 después del mantenimiento.....	100
Ilustración 47. patología #5 después del mantenimiento.....	101
Ilustración 48. patología #6 después del mantenimiento.....	102
Ilustración 49. Patología #7 después del mantenimiento.....	103
Ilustración 50. Patología #8 después del mantenimiento.....	104
Ilustración 51. Patología #9 después del mantenimiento.....	105
Ilustración 52. Patología #10 después del mantenimiento.....	106
Ilustración 53. patología #11 después del mantenimiento.....	107
Ilustración 54. Patología #12 después del mantenimiento.....	108
Ilustración 55. Patología #13 después del mantenimiento.....	109
Ilustración 56. Patología #14 después del mantenimiento.....	110
Ilustración 57. Patología #15 después del mantenimiento.....	111
Ilustración 58. Patología #16 después del mantenimiento.....	112
Ilustración 59. Patología #17 después del mantenimiento.....	113
Ilustración 60. Patología #18 después del mantenimiento.....	114
Ilustración 61. Patología #19 después del mantenimiento.....	115
Ilustración 62. Patología #20 después del mantenimiento.....	116
Ilustración 63. Patología #21 después del mantenimiento.....	117
Ilustración 64. Patología #22 después del mantenimiento.....	118
Ilustración 65. Patología #23 después del mantenimiento.....	119
Ilustración 66. Patología #24 después del mantenimiento.....	120
Ilustración 67. Patología #25 después del mantenimiento.....	121
Ilustración 68. Patología #26 después del mantenimiento.....	122
Ilustración 69. Patología #27 después del mantenimiento.....	123
Ilustración 70. Patología #28 después del mantenimiento.....	124
Ilustración 71 Patología #29 después del mantenimiento.....	125
Ilustración 72. Patología #30 después del mantenimiento.....	126
Ilustración 73. Patología #31 después del mantenimiento.....	127
Ilustración 74. Termografía de la patología #5 con respecto a las piedras aladañas	132
Ilustración 75. Termografía de la patología #5 con respecto a la fisura	133
Ilustración 76. Termográfica de la patología #5 de manera superficial.....	134
Ilustración 77. Termográfica de la patología #5 con respecto a la piedra	135
Ilustración 78. Termográfica de la patología #9 con respecto a la flora invasiva	136
Ilustración 79. Termográfico de la patología #9 con respecto a la piedra	137
Ilustración 80. Termográfica de la patología #18 con respecto a las piedras aladañas.....	138
Ilustración 81. termográfico de la patología #18 con respecto a la piedra	139
Ilustración 82. Termográfico de la patología #18 con respecto a al concreto	140



Ilustración 83. Termográfica de la patología #20 con respecto a las piedras aledañas.....	141
Ilustración 84. Termográfica de la patología #22 con respecto a la piedra	142
Ilustración 85. Termográfica de la patología #22 con respecto a la flora invasiva	143
Ilustración 86. Termográfica de la patología #26 con respecto a la piedra	144
Ilustración 87. Termográfica de la patología #26 con respecto a la flora invasiva	145
Ilustración 88. Termográfica de la patología #27 con respecto a las piedras aledañas.....	146
Ilustración 89. Termográfica de la patología #27 con respecto a la flora invasiva	147
Ilustración 90. Termográfica de la patología #31 con respecto a la piedra	148
Ilustración 91. Termográfica de la patología #31 con respecto a la fisura	149
Ilustración 92. Datos termográficos de la patología #31 con respecto a la fisura	149
Ilustración 93. Ensayo termográfico 1.....	160
Ilustración 94. Ensayo termográfico 2.....	160

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de propiedades definitivas de los materiales Álvaro Covo Torres. 2012.....	52
Tabla 2. Diagnóstico de la patología #1	63
Tabla 3. Diagnóstico de la patología #2	64
Tabla 4. Diagnóstico de la patología #3	65
Tabla 5. Diagnóstico de la patología #4	66
Tabla 6. Diagnóstico de la patología #5	67
Tabla 7. Diagnóstico de la patología #6	68
Tabla 8. Diagnóstico de la patología #7	69
Tabla 9. Diagnóstico de la patología #8	70
Tabla 10. Diagnóstico de la patología #9	71
Tabla 11. Diagnóstico de la patología #10	72
Tabla 12. Diagnóstico de la patología #11	73
Tabla 13. Diagnóstico de la patología #12	74
Tabla 14. Diagnóstico de la patología #13	75
Tabla 15. Diagnóstico de la patología #14	76
Tabla 16. Diagnóstico de la patología #15	77
Tabla 17. Diagnóstico de la patología #16	78
Tabla 18. Diagnóstico de la patología #17	79
Tabla 19. Diagnóstico de la patología #18	80
Tabla 20. Diagnóstico de la patología #19	81
Tabla 21. Diagnóstico de la patología #20	82
Tabla 22. Diagnóstico de la patología #21	83
Tabla 23. Diagnóstico de la patología #22	84
Tabla 24. Diagnóstico de la patología #23	85
Tabla 25. Diagnóstico de la patología #24	86
Tabla 26. Diagnóstico de la patología #25	87
Tabla 27. Diagnóstico de la patología #26	88
Tabla 28. Diagnóstico de la patología #27	89
Tabla 29. Diagnóstico de la patología #28	90
Tabla 30. Diagnóstico de la patología #29	91
Tabla 31. Diagnóstico de la patología #30	92
Tabla 32. Diagnóstico de la patología #31	93
Tabla 33. Registro patológico total del baluarte San Francisco Javier	95
Tabla 34. Diagnóstico de la patología #1 después del mantenimiento.	97
Tabla 35. Diagnóstico de la patología #2 después del mantenimiento.	98
Tabla 36. Diagnóstico de la patología #3 después del mantenimiento.	99
Tabla 37. Diagnóstico de la patología #4 después del mantenimiento.	100
Tabla 38. Diagnóstico de la patología #5 después del mantenimiento.	101
Tabla 39. Diagnóstico de la patología #6 después del mantenimiento.	102
Tabla 40. Diagnóstico de la patología #7 después del mantenimiento.	103



Tabla 41. Diagnóstico de la patología #8 después del mantenimiento.	104
Tabla 42. Diagnóstico de la patología #9 después del mantenimiento.	105
Tabla 43. Diagnóstico de la patología #10 después del mantenimiento.	106
Tabla 44. Diagnóstico de la patología #11 después del mantenimiento.	107
Tabla 45. Diagnóstico de la patología #12 después del mantenimiento.	108
Tabla 46. Diagnóstico de la patología #13 después del mantenimiento.	109
Tabla 47. Diagnóstico de la patología #14 después del mantenimiento.	110
Tabla 48. Diagnóstico de la patología #15 después del mantenimiento.	111
Tabla 49. Diagnóstico de la patología #16 después del mantenimiento.	112
Tabla 50. Diagnóstico de la patología #17 después del mantenimiento.	113
Tabla 51. Diagnóstico de la patología #18 después del mantenimiento.	114
Tabla 52. Diagnóstico de la patología #19 después del mantenimiento.	115
Tabla 53. Diagnóstico de la patología #20 después del mantenimiento.	116
Tabla 54. Diagnóstico de la patología #21 después del mantenimiento.	117
Tabla 55. Diagnóstico de la patología #22 después del mantenimiento.	118
Tabla 56. Diagnóstico de la patología #23 después del mantenimiento.	119
Tabla 57. Diagnóstico de la patología #24 después del mantenimiento.	120
Tabla 58. Diagnóstico de la patología #25 después del mantenimiento.	121
Tabla 59. Diagnóstico de la patología #26 después del mantenimiento.	122
Tabla 60. Diagnóstico de la patología #27 después del mantenimiento.	123
Tabla 61. Diagnóstico de la patología #28 después del mantenimiento.	124
Tabla 62. Diagnóstico de la patología #29 después del mantenimiento.	125
Tabla 63. Diagnóstico de la patología #30 después del mantenimiento.	126
Tabla 64. Diagnóstico de la patología #31 después del mantenimiento.	127
Tabla 65. Registro patológico del baluarte San Francisco Javier, abril 2019.	129
Tabla 66. Lectura del equipo de ultrasonido para cada patología seleccionada.	130
Tabla 67. Resumen de los datos obtenidos.	131
Tabla 68. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a las piedras aledañas.	132
Tabla 69. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a la fisura.	133
Tabla 70. Datos termográficos de la patología #5 de manera superficial.	134
Tabla 71. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a la piedra.	135
Tabla 72. Datos termográficos de la patología #9 con respecto a la flora invasiva.	136
Tabla 73. Datos termográficos de la patología #9 con respecto a la piedra.	137
Tabla 74. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a las piedras aledañas.	138
Tabla 75. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a la piedra.	139
Tabla 76. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a al concreto.	140
Tabla 77. Datos termográficos de la patología #20 con respecto a las piedras aledañas.	141
Tabla 78. Datos termográficos de la patología #22 con respecto a la piedra.	142
Tabla 79. Datos termográficos de la patología #22 con respecto a la flora invasiva.	143
Tabla 80. Datos termográficos de la patología #26 con respecto a la piedra.	144
Tabla 81. Datos termográficos de la patología #26 con respecto a la flora invasiva.	145
Tabla 82. Datos termográficos de la patología #27 con respecto a las piedras aledañas.	146



Tabla 83. Datos termográficos de la patología #27 con respecto a la flora invasiva 147
Tabla 84. Datos termográficos de la patología #31 con respecto a la piedra 148



RESUMEN

El cordón amurallado de Cartagena de indias es una de las estructuras que muestra un ejemplo directo de lo que fue la arquitectura de la época colonial española en el país, remontándose al siglo XVI hasta el siglo XVIII. Son tan emblemáticos los monumentos de fortificación para la ciudad que son tomados como estandarte turístico y cultural alrededor del mundo. Por lo anterior, hoy en día la ciudad goza de la insignia de Patrimonio Histórico y Cultural de la Humanidad por la UNESCO en el año 1984 y, Distrito Turístico y Cultural mediante el Acto legislativo N°1 del 1987. Debido a su gran importancia se hace lo posible para poder conservar y preservar las estructuras, por ese motivo se realizó un estudio en el cual dictara el estado actual de ellas y así proporcionar una solución viable para cada patología encontrada. Estudio que lleva por nombre plan de intervención de las patologías del cordón amurallado de la ciudad de Cartagena de Indias. Tomando como caso de estudio el baluarte de San Francisco Javier. Para este estudio se tuvieron en cuenta dos ensayos no destructivos que es el ultrasonido y termográfico, con lo que se estimaron datos, los cuales se llegaron a la conclusión de una resistencia promedio de 204,9 Kg/cm², además de que se realizó un registro fotográfico y una ficha técnica de las patologías encontradas. También se busca con lo anterior que sea una base para futuras investigaciones con el fin de salvaguardar la estructura.



ABSTRACT

The walled cord of Cartagena de India's is one of the structures that shows a direct example of what was the architecture of the Spanish colonial era in the country, dating back to the 16th century until the 18th century. The monuments of fortification for the city are so emblematic that they are taken as a tourist and cultural banner around the world. Therefore, today the city enjoys the insignia of Historical and Cultural Heritage of Humanity by UNESCO in 1984 and, Tourist and Cultural District through Legislative Act No. 1 of 1987. Due to its great importance, it does everything possible to be able to preserve and preserve the structures, for that reason a study was conducted in which it would dictate the current state of them and thus provide a viable solution for each pathology found. Study called the intervention plan for the pathologies of the walled cord of the city of Cartagena de India's. Taking as a case study the bastion of San Francisco Javier. For this study, a two non-destructives test that is ultrasound and thermographic was taken into account, with which data were estimated, which concluded an average resistance of 204.9 Kg / cm², in addition to a photographic recording. and a technical sheet of the pathologies found. It is also sought with the above that is a basis for future research in order to safeguard the structure.



1. INTRODUCCION

Cartagena de Indias ha sido considerada desde un largo tiempo como una de las ciudades más representativas de Colombia, esto a causa de la virtuosa ubicación costera en el mar caribe. Tal es su importancia, que es un referente histórico por su denominación de puerto en la época colonial; de esta manera la corona española se vio obligada a defenderla de saqueadores, piratas o cualquier otro tipo de amenaza que quisiese hurtar las riquezas y los recursos de la ciudad. Lo anterior conllevó a que el dominio español de la época diseñará métodos de defensa que les permitiesen actuar de manera inmediata ante cualquier posible usurpación; de ahí que se procede a la construcción de las hoy emblemáticas murallas de la ciudad, capaces de hacerle frente a cualquier ataque con el fin de proteger la misma y mantener su bienestar.

Una de estas edificaciones que compone este cordón amurallado, es el denominado baluarte San Francisco Javier anteriormente llamado baluarte de los Cestones, por haberse empleado en su cimentación el sistema de grandes cestos de piedra, inicialmente construido por Cristóbal de Roda y reconstruido por Juan de Herrera y Sotomayor debido a que hubo una disputa con los religiosos y algunos daños sufridos durante el asedio de Pointis. (Rodrigo Alfaro)

En la actualidad estos espacios, los cuales sirvieron para hacerle frente a las batallas son usados como espacios públicos y turísticos con el fin de propiciar la cultura y exponer hechos de la época colonial de la ciudad de Cartagena de Indias; por tal motivo, hoy en día la ciudad goza de la insignia de Patrimonio Histórico y Cultural de la Humanidad por la UNESCO en el año 1984 y, Distrito Turístico y Cultural mediante el Acto legislativo N°1 del 1987.

Para la Universidad de Cartagena y su grupo de investigación de Estructuras, Construcciones y Patrimonio (ESCONPAT) a través de la línea de investigación gestión y conservación del patrimonio, es primordial el dictaminar el estado en cual se encuentra el cordón amurallado de la ciudad de Cartagena de Indias debido a que es un distintivo de



esta. De esta manera surgen proyectos como los planes de intervención y monitoreo de las patologías de las murallas del centro histórico de la ciudad, las cuales consisten en dar un estudio que muestre como resultado un diagnóstico de las patologías y brindar soluciones a estas que se encuentran en los baluartes y cortinas de la muralla.

Con la finalidad de seguir diagnosticando los tramos restantes de la muralla se da la realización del proyecto que toma por título “**PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**”, esta investigación está planificada y limitada a realizarse en el baluarte San Francisco Javier por efectos de viabilidad; se tiene que este diagnóstico será una base para futuras investigaciones al cordón amurallado que tendrá la localización de las patologías con sistema de GPS y la identificación de estas.

2. MARCO REFERENCIAL.

2.1. MARCO TEORICO.

2.1.1. Patología.

Se define como el estudio sistemático de los procesos y características de las “enfermedades” o los “defectos y daños” que puede sufrir las estructuras, sus causas, sus consecuencias y remedios. La patología de las obras arquitectónicas y de ingeniería civil ha comenzado a tener en nuestro país la relevancia que corresponde ya que cada vez existe mayor conciencia sobre la importancia de entender y tratar las “enfermedades” que atacan a las estructuras. (Rivva L, 2006)

2.1.2. Estudio patológico.

La Patología de Estructuras puede considerarse como parte de la patología constructiva dedicada al estudio sistemático y ordenado de los daños y fallas que se presentan en las edificaciones, analizando el origen o las causas y consecuencias de ellos para que, mediante la formulación de procesos, se generen las medidas correctivas para lograr recuperar las condiciones de desempeño de la estructura. Entonces la Patología puede ser definida como parte de la Ingeniería que estudia los síntomas, los mecanismos, las causas y los orígenes de los defectos de las obras civiles, o sea, es el estudio de las partes que componen el diagnóstico del problema. (Puentes Cárdenas, 2007)

2.1.3. Propiedades físico-mecánico de las rocas.

2.1.3.1. Piedra caliza.

El principal material utilizados en la construcción de las murallas de Cartagena es la piedra caliza de origen coralino y sedimentario extraída de canteras y tallada hasta alcanzar un tamaño específico. Sus características petrográficas y físico-mecánicas le confieren una calidad técnica y durabilidad muy notables para su utilización como

material de construcción estructural y ornamental. Los principales parámetros que determinan estas cualidades son su mínima porosidad eficaz y asociado a ello sus excelentes propiedades hídricas, así como sus elevadas resistencias mecánicas y el bajo coeficiente de anisotropía textural, tanto elástico como mecánico. Este conjunto de características ha permitido su utilización en muy diversas funciones constructivas. (Sebastián Pardo, y otros, 2008)

2.1.3.2. Densidad

Es una propiedad elemental y fundamental de los materiales, relacionada con la naturaleza de sus constituyentes y la porosidad existente entre ellos. La densidad (ρ) se define como la masa (M) por unidad de volumen (V), y se expresa en Kg/m^3 . En los materiales porosos tanto la masa como el volumen admiten ciertas matizaciones y, en consecuencia, se pueden establecer distintos tipos de densidad. Fundamentalmente se distingue dos: densidad de los granos minerales y densidad de la roca seca.

2.1.3.3. Porosidad

La porosidad es una medida de la capacidad de almacenamiento de fluidos que posee una roca y se define como la fracción del volumen total de la roca que corresponde a espacios que pueden almacenar fluidos. Como el volumen de espacios disponibles para almacenar fluidos no puede ser mayor que el volumen total de la roca, la porosidad es una fracción y el máximo valor teórico que puede alcanzar es 1. Muchas veces la porosidad es expresada como un porcentaje.

2.1.3.4. Resistencia a la abrasión (Desgaste)

Es una propiedad que depende, principalmente, de las características de la roca madre. Este factor cobra importancia cuando las partículas van a estar sometidas a un roce continuo como es el caso de pisos y pavimentos, para lo cual los agregados que se utilizan deben estar duros. Para determinar la resistencia a la abrasión se utiliza un método indirecto cuyo procedimiento se encuentra descrito en la Norma INV E-219 (INVIAS, 2007) para los agregados gruesos. Dicho método más conocido como el de la Máquina de los Ángeles, consiste básicamente en colocar una cantidad especificada de agregado dentro de un tambor cilíndrico de acero que está montado horizontalmente. Se añade una carga de bolas de acero y se le aplica un número determinado de revoluciones. El choque entre el agregado y las bolas da por resultado la abrasión y los efectos se miden por la diferencia entre la masa inicial de la muestra seca y la masa del material desgastado expresándolo como porcentaje inicial.

2.1.3.5. Resistencia a la compresión.

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. (Rhenal & Santos, 2012)

2.1.4. Ataques Físicos.

Las acciones físicas se refieren a los cambios volumétricos que experimenta la estructura, como consecuencia de cambios de humedad, y/o de temperatura. También hacen referencia a las variaciones que el concreto puede tener en su masa y que afectan el peso unitario, la porosidad, y la permeabilidad. El concreto es muy resistente a la compresión, pero su capacidad de soportar esfuerzos de tracción es relativamente débil; y por ello, los movimientos que él experimenta y que se manifiestan mediante deformaciones, pueden desarrollar micro fisuras, fisuras y grietas a través de las cuales penetran las sales. Grandes esfuerzos y roturas pueden ser prevenidos o minimizados mediante el control de las variables que afectan los cambios de volumen; y la comprensión de la naturaleza de esos cambios, es útil para el análisis y prevención de planos de falla y agrietamientos. (Rodríguez Polito)

2.1.4.1. El viento.

El viento, un agente que altera y destruye los materiales pétreos, es quizá el que más inadvertido pasa y muy poco se le toma en cuenta. Sin embargo, desgasta la piedra por erosión. En piezas altamente expuestas a vientos de alta velocidad o que arrastran gran cantidad de partículas de arena, hollines u otros sólidos, se llegan a disgregar piedras de poca dureza. Además, la acción eólica por evaporación favorece la cristalización de sales.

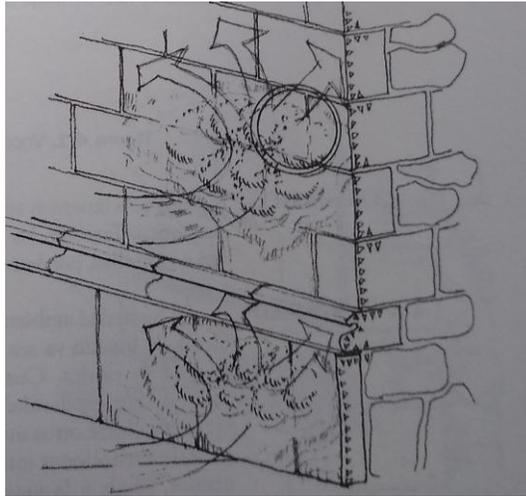


Ilustración 1. Desprendimiento de partículas por acción del viento.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

2.1.4.2. El calor.

Por su parte, el calor directo producido por fuego o inducidos transforma los componentes de los materiales. El calor indirecto, el asoleamiento o las variaciones bruscas de temperatura producen dilataciones y contracciones en el material, las cuales son directamente proporcionales a los daños en las juntas y el cuerpo mismo de la piedra. Esto es más notorio en los climas extremos. En la ciudad de México, en la cual la variación ,axina promedio es de cerca de 20 °C entre una media mínima en las madrugadas de 6 a 8 °C y una media máxima en las primeras horas de la tarde de 25 a 27 °C, según las estaciones, no son tan comunes las grietas por temperatura, pero esta influye en los contenidos de humedad, lo que acelera la solubilidad de sales y su cristalización, y hace que la humedad misma sea mayor o menor dentro del poro de la piedra al acelerar la evaporación.

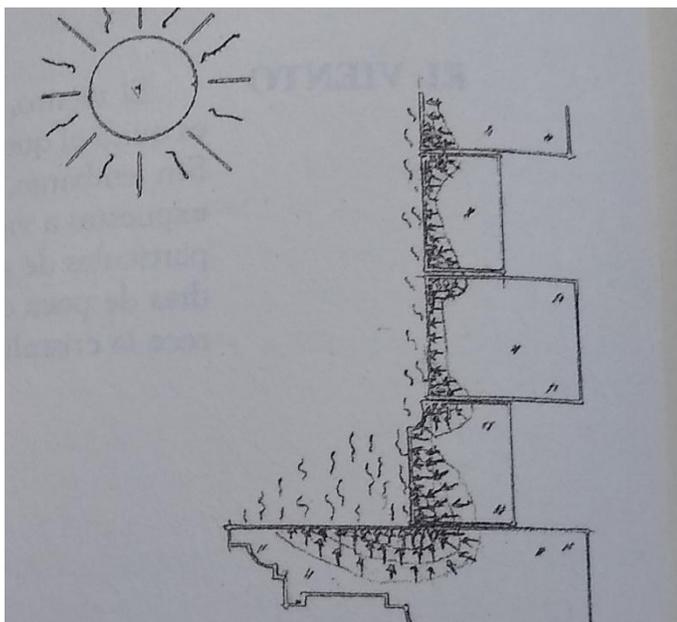


Ilustración 2. Vaporización.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

2.1.4.3. La humedad

La humedad ambiente, el vapor, la neblina y sobre todo el agua en forma de líquido ya sea por lluvia, escurrimientos o impacto directo, afectan la piedra. Cuando el nivel freático es muy alto, el agua asciende por capilaridad y transporta las sales solubles contenidas en la piedra. Entre otros muchos daños a la piedra, hidrata sales, produce y cataliza reacciones internas, favorece la reproducción de microorganismos, ayuda a la vegetación parasita a desarrollarse, desgasta mecánicamente, y climas muy fríos produce congelación dentro de los poros de la piedra.

El agua como agente de deterioro quizá sea el más daño causa a los materiales pétreos:

- Cuando es absorbida por medio de la capilaridad.
- Cuando es agua directa, ya sea en forma de lluvia o cuando proviene de fugas de instalaciones, lavados continuos, etcétera.
- Cuando el aire interior del edificio se enfría por abajo del punto de rocío.



El fenómeno de la absorción por capilaridad consiste en la circulación del agua a través de los poros de la piedra, por los culés asciende de acuerdo el diámetro de estos conductos capilares, de las características del líquido que absorbe, de la temperatura y otras como la altura de ascensión del agua, que es la variable y va en relación con la cantidad de líquido que se evapora. Por tanto, en un material de iguales características absorbentes, cuanto más grueso sea un muro, mayor será la altura que alcance el agua. Las fuentes de absorción de agua pueden ser varias, pero la más común son los niveles de agua freática. El agua directa como la de lluvia empujada por el viento, independientemente de la saturación que causa en los paños de los muros, penetre por junteo desprendido, o por vías abiertas por desprendimientos o canalizaciones defectuosas. En los edificios históricos con instalaciones viejas o en mal estado es común que se presenten fugas que empapan los muros y entrepisos. Otra causa frecuente son los lavados de pisos gran cantidad de agua, la cual permanece un tiempo considerable sin secarse.

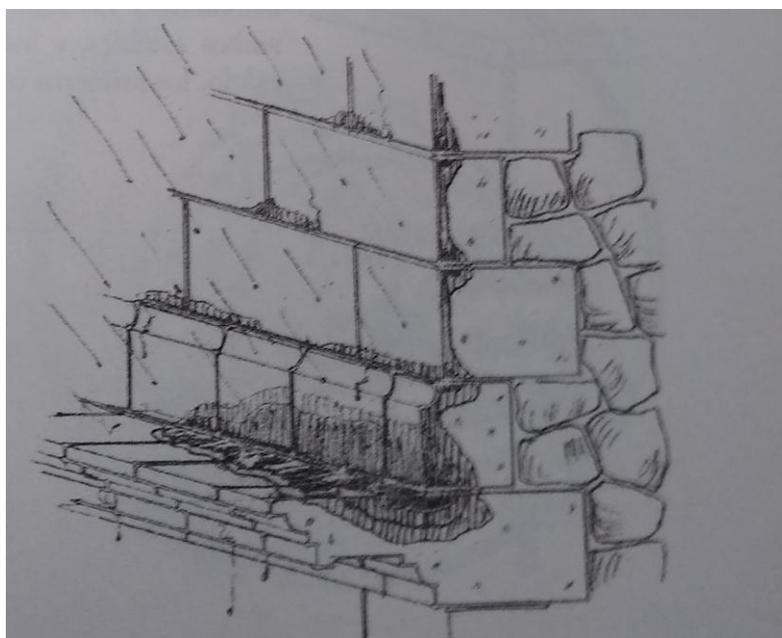


Ilustración 3. Concentraciones de humedad.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

2.1.5. Ataques químicos.

Los factores químicos como la sulfatación, carbonatación y la oxidación afectan la piedra. La arenización es la hidrólisis de los feldspatos. La laterización consiste en la descomposición de los silicatos. La disolución y sulfatación de las calizas se produce por la combinación del agua con el anhídrido carbónico o los anhídridos sulfurosos y sulfúricos, respectivamente.

Las sales, entre las que se encuentran los sulfatos, los cloruros, nitratos, nitritos, fosfatos, carbonatos y bicarbonatos, se presentan en la piedra en forma de concreciones, costras internas y eflorescencia. Algunas sales son solubles y otras insolubles. El análisis químico revela el tipo de sal y sus características.

Como hemos visto, las sales contenidas en el cuerpo de la piedra, al ser transportadas por el agua aflora hasta la superficie, donde por efecto de gases como el dióxido de carbono se cristalizan y se convierten en sales insolubles como carbonatos, y se manifiestan como eflorescencias. Hay algunas sales que provocan estas eflorescencias en los estratos más profundos de la piedra, lo que se conoce como subeflorescencias, y disuelven los medios cementantes creando pulverulencias y exfoliaciones. De acuerdo con su composición, las sales toman diversas apariencias, que puede ser una capa blanquecina con brillos cristalinos o simplemente un polvillo blanco, como una especie de talco; también las hay con una coloración verdosa, amarillenta, marrón o ligeramente azulada, coloración que depende, como ya se ha dicho, de su composición. La forma de conocer esta con exactitud es el examen de laboratorio o, en ciertos casos, con reactivos locales. Las sales más comunes son los cloruros, los cuales son relativamente solubles, excepto el calcio; los carbonatos y los bicarbonatos, los primeros de los cuales son insolubles y los segundos solubles; los fosfatos y los nitratos alcalinos, ambos solubles y los sulfatos de sodio, de magnesio, de hierro y de calcio, los primeros tres solubles y el último insoluble.

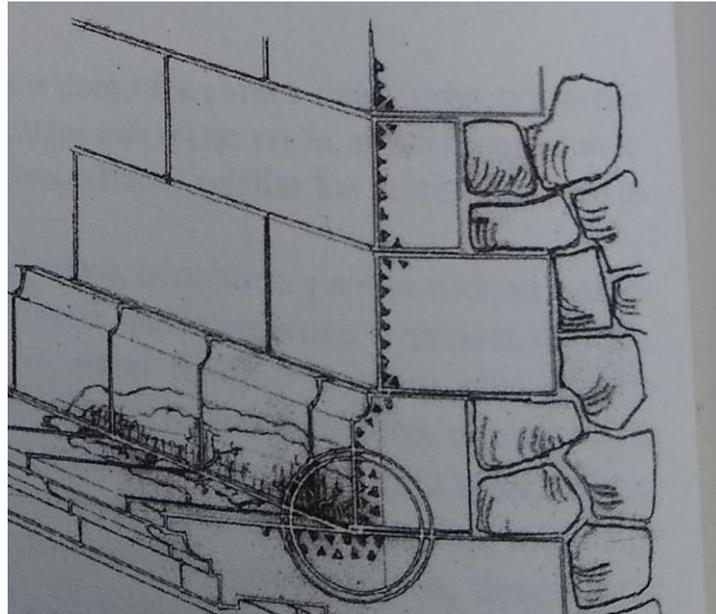


Ilustración 4. Cristalización de sales.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

Las alteraciones más frecuentes en los materiales pétreos son las exfoliaciones, que consisten en desprendimientos de estratos de la piedra en forma de laminillas, que varían en espesor. Primero aparecen sobre la superficie de la piedra pequeñas grietas y luego esta se escama en laminillas, que se desprenden dejando ver bajo ellas capas pulverulentas. También se presentan las estrías y las concreciones. La pulverulencias, como su nombre lo indica, se da cuando la piedra desintegra en forma de polvo; puede ser interna o externa. Por último, cabe reiterar la aparición de las sales, que se manifiestan en forma de manchas de diversas características; y en otras ocasiones toman distintas coloraciones de acuerdo con su composición.

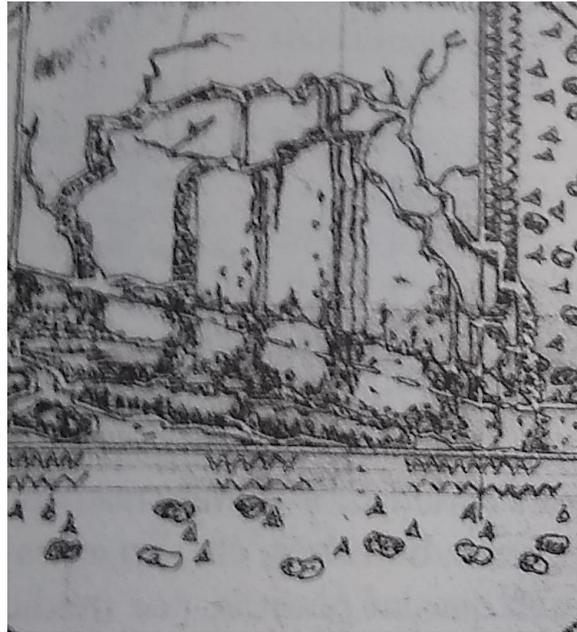


Ilustración 5. Desprendimiento de capas externas. (exfoliación)

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

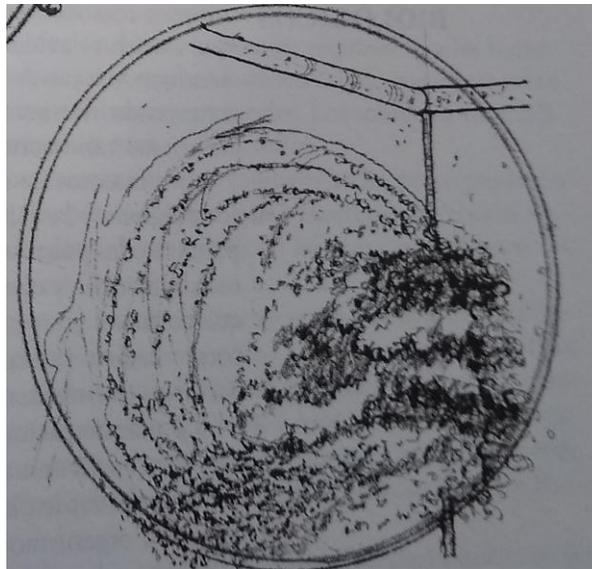


Ilustración 6. Pulverulencias al desprenderse las partículas.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

Muchos de estos factores aparecen en forma simultánea o son producto unos de otros; por ejemplo, algunos tipos de exfoliación se deben a que las sales bloquean los huecos o poros de la superficie y el desprendimiento de esta se produce por esfuerzos entre las capas de superficie y los estratos internos.

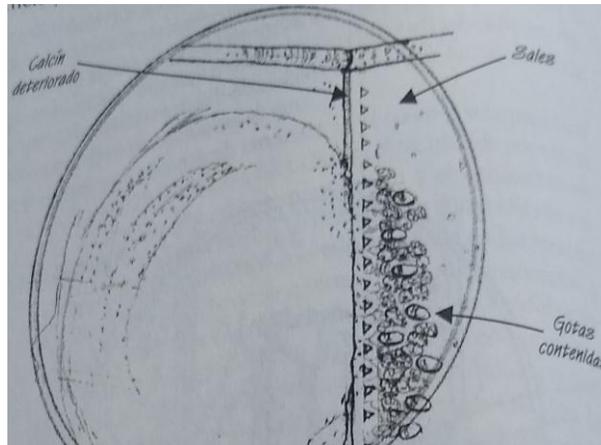


Ilustración 7. Degradación de la piedra.

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

2.1.6. Ataques Biológicos.

Aunque la contaminación atmosférica es un importante factor de deterioro de las estructuras, la actividad biológica juega un importante papel debido a sus interacciones con el material. La presencia de organismos y microorganismos de origen vegetal o animal sobre las estructuras, no solamente puede afectar el confort ambiental y la estética de las construcciones, sino que también puede producir una gran variedad de daños y defectos de carácter físico, mecánico, químico o biológico. Lo anterior permite identificar cuatro tipos de procesos de degradación ambiental: biofísico, biomecánico, bioquímico, y biológico propiamente dicho. Los dos primeros, afectan principalmente la permeabilidad, la resistencia y la rigidez del concreto; mientras que los dos segundos, provocan la transformación de los compuestos del cemento endurecido y/o los agregados del concreto. A manera de ejemplo, la vegetación situada sobre una



estructura puede retener agua sobre la superficie del concreto, conduciendo a la saturación del material y por lo tanto a causar daños físicos por acción de ciclos de humedecimiento y secado o daños por congelación y deshielo. Esa misma vegetación, también puede causar daños mecánicos por penetración de las raíces de plantas arbustos y árboles, a través de juntas, fisuras y puntos débiles, que al crecer generan fuerzas de expansión que incrementan la fisuración y deterioro. Además, durante el cumplimiento del ciclo de vida de esa vegetación se producen sustancias que pueden causar ataques químicos al concreto (pe. ácidos tánicos, ácidos húmicos, sales, u otros). Pero también, puede ocurrir un deterioro del concreto por acciones biológicas o microbiológicas como consecuencia de la asimilación de compuestos del propio material o por la excreción de productos agresivos (metabolitos ácidos), que causan la disolución de la pasta. Del mismo modo los organismos y microorganismos de origen animal, pueden afectar la superficie y el interior de la masa de concreto, por acciones físicas (p.e. cambios de humedad que causan manchas y cambios de color); por acciones mecánicas (sobrecargas por la presencia de incrustaciones y capas de colonias establecidas); por acciones químicas (agresión química por fluidos orgánicos como la sangre, los jugos gástricos, los lixiviados de descomposición, u otros; o materiales excretados como el estiércol o la orina); o por acciones biológicas o microbiológicas (p.e. bacterias que consumen algunos compuestos del concreto). Por lo anterior, el deterioro de origen biológico debe ser identificado, estudiado, prevenido y tratado, con la misma importancia que cualquiera de los otros mecanismos de daño que se han estudiado hasta el momento. Sin embargo, la patología moderna del concreto tiende a asociar este tipo de deterioro más con la acción de los microorganismos que de los organismos. Por ello se definirán algunos conceptos básicos como biorreceptividad, biocapa, biodeterioro y biocorrosión. Se clasificarán los microorganismos según su origen, y finalmente, se hará referencia a los diferentes tipos de ataque biológico; mecanismos de acción, ciclo de azufre, biocorrosión de materiales metálicos y biodegradación de hidrocarburos. (Rivva L, 2006)

2.1.7. Agresividad Del Medio Ambiente.

El medio ambiente que rodea una estructura tiene una incidencia directa sobre los procesos de deterioro de la misma, debiendo tenerse en cuenta el macro clima, el clima local y el microclima. La presencia de aire poluto y lluvias ácidas puede tener fuerte impacto sobre la durabilidad. El clima local, que rodea a la estructura hasta pocos metros de distancia; y el microclima próximo a la superficie de la estructura ejercen una influencia decisiva en la durabilidad de ésta. La clasificación de la agresividad del medio ambiente debe tener en cuenta el macro clima, el clima, el microclima, y la durabilidad de la piedra. Se define como ambiente ligero o débil a aquellos ambientes interiores secos y ambientes exteriores con humedad relativa menor al 60%. Se define como ambiente moderado al interior de edificaciones los ambientes húmedos y cambiantes con humedad relativa entre 60% y 98%. Ello incluye riesgo temporal de vapores de agua; condensaciones de agua; exposición a ciclos de humedecimiento y secado; contacto con agua dulce en movimiento; ambientes rurales lluviosos; ambientes urbanos sin alta concentración de gases agresivos; estructuras en contacto con suelos ordinarios. Se define como ambiente severo a aquellos ambientes húmedos con hielo de agua dulce y agentes de deshielo; ambientes marinos o con macro clima industrial y humedad relativa entre el 60% y el 98%: ambientes urbanos con alta condensación de gases agresivos; y estructuras en contacto. (Rivva L, 2006)

2.1.8. Cordón amurallado de Cartagena de indias

El cordón de murallas de Cartagena de Indias forma parte del sistema defensivo de la ciudad y está conformado por cortinas y baluartes construidos entre principios del siglo XVII y principios del XIX. El cordón amurallado se erigió alrededor de la ciudad en función de sus particularidades urbanas y aprovechando al máximo las características estratégicas que la geomorfología de su entorno ofrecía para su protección y defensa,

sobre la base de un proyecto realizado por el ingeniero militar Bautista Antonelli. Los elementos que conforman la muralla son producto de una larga tradición constructiva basada en los conceptos defensivos del Renacimiento italiano, y en la construcción se utilizó la materia prima que se encontraba disponible en el entorno inmediato de la ciudad. (Sociedad de mejoras públicas de Cartagena., 2014)

2.1.9. Baluarte.

Son pequeños fuertes armados, generalmente antecidos por una plaza baja en la que se localiza una rampa de acceso a su plataforma superior, poternas y almacenes de pertrechos. En su plataforma superior hay elementos como tendales y garitas.

2.1.10. Cortinas.

Son muros de cierre. En su parte superior, o adarve, se constituyen en elementos de enlace entre los baluartes. Se trata de muros escarpados y rectos que unen dos baluartes para formar un frente defensivo o abaluartado muy dinámico, pues allí se establecían los fuegos directos y cruzados. En las cortinas se encuentran unas puertas que comunican el recinto interior con el exterior de las murallas, así como bóvedas que servían como sitios de almacenamiento y para otras actividades (por ejemplo, eran los baños de la época).

Componentes del sistema constructivo

Los elementos que conforman la muralla, en función del sistema constructivo utilizado, se pueden clasificar así:

- Escarpa: Muro exterior inclinado.
- Contramuralla o Contraescarpa: Muro interior recto.
- Plataforma: Superficie superior del acabado de relleno que se dispone entre la escarpa y la contraescarpa.

- Relleno: Material con que se llena el espacio que media entre la escarpa y la contraescarpa. (Sociedad de mejoras públicas de Cartagena., 2014)

2.1.11. Sistema de posicionamiento global.

Para llevar a cabo levantamientos de alta precisión geodésico-topográficos es necesario utilizar equipos de medición de la tecnología más avanzada, tales como el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), con él es posible determinar las coordenadas que permiten ubicar puntos sobre la superficie de la Tierra.

El GPS es un sistema de posicionamiento por satélites desarrollado por el Departamento de la Defensa de los E.U., diseñado para apoyar los requerimientos de navegación y posicionamiento precisos con fines militares. En la actualidad es una herramienta importante para aplicaciones de navegación, posicionamientos de puntos en tierra, mar y aire.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una constelación de satélites de navegación que orbitan la Tierra a una altitud de cerca de 12.000 millas (20.000 kilómetros). A esta altitud, los satélites completan dos órbitas en un poco menos de un día. Aunque originalmente diseñado por el Departamento de Defensa de EE.UU. para aplicaciones militares, su gobierno federal hizo el sistema disponible para usos civiles y levantó las medidas de seguridad diseñadas para restringir la precisión hasta 10 metros.

La constelación óptima consiste en 21 satélites operativos con 3 de "repuesto". A partir de julio de 2006, había 29 satélites operacionales de la constelación. Los satélites del GPS transmiten dos señales de radio de baja potencia, llamadas "L1" y "L2". Cada señal GPS contiene tres componentes de información: un código pseudoaleatorio, los datos de efemérides de satélite y datos de almanaque. El código pseudoaleatorio identifica al satélite que transmite su señal. Los datos de efemérides de satélite proporcionan información sobre la ubicación del satélite en cualquier momento. El almanaque contiene información sobre el estado del satélite y la fecha y hora actuales.



Para cada satélite, el tiempo es controlado por los relojes atómicos a bordo que son cruciales para conocer su posición exacta.

Las posiciones se obtienen mediante la determinación de las distancias a los satélites visibles. Este proceso se conoce como "trilateración". El momento de la transmisión de la señal en el satélite se compara con el momento de la recepción en el receptor. La diferencia de estos dos tiempos nos dice cuánto tiempo tomó para que la señal viajara desde el satélite al receptor. Si se multiplica el tiempo de viaje por la velocidad de la luz, podemos obtener el rango, o de distancia, con el satélite. La repetición del proceso desde tres satélites permite determinar una posición de dos dimensiones en la Tierra (es decir, la longitud y latitud). Un cuarto satélite es necesario para determinar la tercera dimensión, es decir la altura. Cuantos más satélites son visibles, más precisa es la posición del punto a determinar. Las órbitas de los satélites GPS están inclinadas respecto al ecuador de la Tierra en alrededor de 55°. La distribución espacial de la constelación de satélites permite al usuario disponer de 5 a 8 satélites visibles en cualquier momento. El sistema está diseñado para asegurar que al menos cuatro satélites estarán visibles con una recepción configurada de la señal de 15 ° sobre el horizonte en un momento dado, en cualquier parte del mundo.

Aunque el GPS puede dar posiciones muy precisas, aún hay fuentes de error. Estos incluyen los errores del reloj, los retrasos atmosféricos, sin saber exactamente dónde están los satélites en sus órbitas, las señales que se refleja de los objetos en la superficie de la Tierra, e incluso la degradación intencionada de la señal del satélite.

En su segmento de control es una serie de estaciones de rastreo, distribuidas en la superficie terrestre que continuamente monitorea a cada satélite analizando las señales emitidas por estos y a su vez, actualiza los datos de los elementos y mensajes de navegación, así como las correcciones de reloj de los satélites. Las estaciones se ubican estratégicamente cercanas al plano ecuatorial y en todas se cuenta con receptores con relojes de muy alta precisión.



2.1.12. Características generales de las ondas ultrasónicas.

Las ondas ultrasónicas son ondas mecánicas (en contraste por ejemplo con los rayos x que son ondas electromagnéticas) que consisten en vibraciones oscilatorias de partículas atómicas o moleculares de una sustancia. Las ondas de ultrasonido se comportan igual que las ondas de sonido audible. Se pueden propagar a través de un medio elástico, ya sea sólido, líquido o gaseoso, pero no al vacío. En varios aspectos, un haz de ultrasonido es similar a un haz de luz, ambos son ondas y obedecen a la ecuación general de ondas. Cada onda viaja con características diferentes las cuales dependen del medio en el que se propaguen no de las características de la onda. Como un haz de luz, un haz de ultrasonido es reflejado de las superficies, refractado cuando cruza las fronteras entre dos sustancias que tienen diferentes características de velocidades y difractados en los bordes o alrededor de los obstáculos.

2.1.12.1. Métodos básicos de inspección.

Los dos métodos más importantes para la inspección por ultrasonido son el método de transmisión y el método eco-pulsado. La principal diferencia entre estos dos métodos es que el método de transmisión involucra solo la medición de la atenuación de la señal, mientras que el método eco-pulsado puede ser utilizado para medir el tiempo de tránsito y la atenuación o disminución de la señal.

2.1.12.2. Método Ultrasonic Pulse Velocity (UPV).

Los sistemas están diseñados para identificar y mapear huecos, nidos de abeja, grietas, delaminaciones y otros daños en concreto, madera, mampostería, piedra,



cerámica y materiales metálicos. Las pruebas de UPV también se realizan para predecir la fuerza del hormigón a una edad temprana. La metodología UPV se basa en la llegada directa de ondas compresionales, que son generadas por fuentes con frecuencias de resonancia que van desde 50 hasta 150 kHz. Las fuentes / receptores de frecuencia de resonancia más alta se usan típicamente con elementos estructurales más delgados para una resolución más alta y una identificación de anomalías más pequeña. La prueba se realiza colocando la fuente y el receptor en cualquier lado del área en cuestión, luego la fuente envía una onda de compresión a través de la región, y el receptor registra la forma de onda completa en el otro lado. La posición de los dos transductores puede variarse de forma que se puedan realizar pruebas directas, semidirectas e indirectas, lo que ayuda a mapear el volumen del defecto. Se pueden realizar más pruebas si el usuario desea generar una representación tridimensional del volumen en cuestión. Esto se hace probando muchas "rutas" diferentes a través del medio y luego usando un programa de inversión tomográfica para generar un modelo.

La prueba de UPV convencional requiere acceso a dos superficies, preferiblemente dos superficies paralelas tales como las superficies superior e inferior de una losa o las superficies interior y exterior de una pared. Sin embargo, esta prueba se puede realizar utilizando el método indirecto que no requiere acceso a dos superficies. En las áreas de defectos, la velocidad de la onda de compresión es más lenta que en las áreas de sonido y la amplitud de la señal es a menudo menor. Para miembros estructurales que contienen vacíos grandes y severos, la transmisión de señal puede perderse por completo. En algunas áreas defectuosas, como los pañales, la velocidad de la onda de compresión puede ser casi la misma que en las áreas de sonido, pero la distorsión de la señal (filtrado de altas frecuencias) puede usarse como una indicación de un defecto de nido de abeja.



Ilustración 8 Aplicación del ensayo UPV

Fuente equipos Olson

2.1.13. Ensayo termográfico

En este sentido la termografía infrarroja tiene la capacidad de aportar imágenes visibles del estado energético de cualquier objeto que, además, se verá influenciado por la humedad que contiene, la presencia de aislamiento, la composición del material y su estado, si hay instalaciones en su interior o no, etc.



Ilustración 9. Cámara termográfica

Fuente: FLUKE

Su posibilidad para ver transiciones de energía y de medición de temperaturas a distancia aporta datos fiables para evaluar extensión de una anomalía, su origen, causas, etc. A estas capacidades sólo se le saca el mayor partido con la experiencia y la formación adecuadas pudiendo establecer parámetros de medición correctos y sabiendo elegir los puntos e imágenes adecuadas además de realizar un análisis correcto de las imágenes.

Estos son algunos ejemplos de utilidades de la termografía infrarroja para los fines descritos:

- Humedades: Sin ni siquiera tener que medir temperaturas, una imagen térmica puede desvelar zonas que, aun con poquísima diferencia de temperatura, están en un estado energético distinto debido a su contenido en agua, pudiendo apreciar la extensión total de los daños por humedades.

- Se pueden aportar datos sobre:

1. Extensión real de daños producidos por humedades, inundaciones, etc.
2. Zona de donde procede una fuga, humedad e incluso su origen o causa.

3. Elementos afectados por la humedad para valoración e incluso seguridad (cuadros eléctricos, lámparas, etc.).
4. Localización de filtraciones de agua o humedad.
5. Localización de moho
6. Ensayo de estado de impermeabilización.

- Mantenimiento, ensayos y riesgo de incendio: Puesto que la termografía es una herramienta capaz de dar datos para poder localizar humedades, esto mismo sirve para abordar un punto del mantenimiento de la edificación como es el estado de los elementos constructivos, localización de instalaciones ocultas en ellos, estructuras ocultas tras reformas, estado de cuadros eléctricos, instalaciones, etc. Por otra parte, ya hay aseguradoras que recomiendan una inspección termográfica para la prevención de incendios.

- Se pueden aportar datos sobre:

1. Estado de aplacados en fachadas para prevenir desprendimientos.
2. Estado de instalaciones eléctricas, motores, calderas, etc., para mantenimiento y prevención de incendios.
3. Estado de impermeabilizaciones y aislamientos.
4. Localización de grietas no visibles.
5. Localización de instalaciones en el interior de la obra.
6. Localización de zonas reformadas o estructuras ocultas.

- Otras aplicaciones posibles: Las aplicaciones de la termografía son innumerables ya que el calor suele ser un síntoma de anomalía y en muchos casos la comparación de patrones térmicos con sistemas que operan adecuadamente permite comprobar el comportamiento inadecuado de uno de ellos.

- Algunos ejemplos son:

1. Apoyo para detección de anomalías en impermeabilizaciones y aislamientos, localización de grietas, estado de instalaciones, humedades, etc.
2. Estado de aljibes, acumuladores y depósitos: existencia de depósitos, aislamientos cuando es necesario, circulación correcta, llenado, etc.
3. Instalaciones de refrigeración y climatización: elementos del sistema (compresores, válvulas, conducciones de líquido refrigerante), cámaras frigoríficas (funcionamiento, fugas de frío, aislamientos, etc.), comportamiento de rejillas y conductos, calorifugado de conducciones, etc.
4. Otras instalaciones: geotermia, torres de refrigeración, suelos radiantes, etc.
5. Comprobación de instalaciones, reparaciones o sustituciones.
6. Peritación de anomalías, averías o situaciones fuera de lo esperado.

2.1.14. Normativa internacional para la intervención de patrimonios

2.1.14.1. Carta de Atenas (1933).

Carta para la Restauración de Monumentos Históricos, adoptada por el Primer Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos en Monumentos Históricas. Deudora del restauro científico propuesto por G. Giovanni, recomienda respetar “el carácter y fisonomía de la ciudad, especialmente en la cercanía de monumentos antiguos donde el ambiente debe ser objeto de un cuidado especial”. Es considerado un documento clave. Como reconocería posteriormente la Carta de Venecia, la Carta de Atenas contribuyó al desarrollo de un vasto movimiento internacional para la defensa y conservación de los bienes culturales.

2.1.14.2. Carta de Venecia (1964).

Carta Internacional sobre la Conservación y Restauración de los Monumentos y los Sitios Histórico-Artísticos propuesta tras el II Congreso Internacional de Arquitectos y

Técnicos en Monumentos Históricos. Estuvieron inspirada en los presupuestos teóricos del restauro crítico de C. Brandi y R. Pane que priorizaban los valores artísticos y formales frente a los históricos y documentales. 1965. Creación del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios Históricos (ICOMOS), que adoptará la Carta de Venecia. 1972. Adopción por parte de la UNESCO del Convenio para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural. Recientemente ha celebrado su trigésimo aniversario con una nueva convención (Budapest, 24-29 de junio de 2002)

2.1.14.3. Carta de Ámsterdam (1975).

Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico. Importante documento surgido del Congreso sobre Patrimonio Arquitectónico Europeo en el que se enfatizan los conceptos de restauración integral e intervención mínima frente a los excesos de quienes actuaban siguiendo criterios básicamente de reutilización y funcionalidad, excesos que condujeron a intervenciones muy duras que hicieron desaparecer de forma irreversible los valores históricos de los edificios modificados. Este funcionalismo será, desgraciadamente, uno de los rasgos que caracterizará durante algún tiempo muchas de las intervenciones de las distintas administraciones autónomas necesitadas de nuevos espacios de representación y que, recurriendo para tal fin a viejos edificios históricos, acabaron cayendo en un puro fachadismo y en la destrucción de la memoria histórica que todavía conservaban. Al año siguiente (1976) el Consejo de Europa emite una Resolución relativa a la adaptación de los sistemas legislativos y reglamentarios a los requisitos de la conservación integrada del patrimonio arquitectónico.

2.1.14.4. Convenio de Granada (1989).

“Convenio para la salvaguarda del patrimonio arquitectónico de Europa”. Este documento, junto con el Convenio de La Valette de 1992 (Convenio Europeo para la protección del patrimonio arqueológico) y el Convenio de Florencia de 2000 (Convenio

europeo del Paisaje), conforma la normativa actual del Consejo de Europa relativa al Patrimonio Cultural. 1987. Carta Internacional para la Conservación de las Poblaciones y Áreas Urbanas Históricas. Concierno a los núcleos de carácter histórico - grandes o pequeños- amenazados por la degradación, deterioro o destrucción provocados por una forma de desarrollo urbano surgida de la era industrial que afecta, en mayor o menor medida, a todas las sociedades.

2.1.14.5. Carta del Patrimonio Vernáculo Construido (Charter on the Built Vernacular Heritage, 1999).

Importante documento en el que el Patrimonio Vernáculo, definido como “el modo natural y tradicional en que las comunidades han producido su propio hábitat” es reivindicado y protegido ante la creciente homogeneización de la cultura y la globalización socioeconómica, que ponen en riesgo este tipo de estructuras extremadamente vulnerables. Esta Carta ratifica los principios generales de conservación que habían sido propuestos por la Carta de Patrimonio Vernáculo Construido, de Jerusalén (1996).

2.1.14.6. Carta de Cracovia (2000).

Importantísimo documento, tanto por su contenido como por ser el más reciente de cuantos hacen referencia explícita al Patrimonio Arquitectónico. Reivindica la recuperación de la memoria histórica que contiene el patrimonio edificado (vuelve a potenciar, por tanto, sus valores documentales), defiende los distintos valores que ha ido acumulando con los siglos (se opone, por tanto, a la recuperación selectiva de supuestos estados originales) y concibe el acto de la restauración como un proceso de conocimiento.

2.1.15. Tratamientos de limpieza

Sobre esto existe por parte del público en general y en la mayoría de los profesionales de la construcción, la idea de que las fachadas de los edificios históricos, después de ser sometidas a un tratamiento de limpieza, deben presentar un aspecto como si la piedra acabara de ser colocada, es decir, como si estuviera nueva. Este criterio erróneo ha llevado a cometer el error de someter a las superficies pétreas de las fachadas, esculturas o elementos ornamentales, a la acción de tratamientos abrasivos o por medio de lijas, esmeriles, cuñas, raspadores, cepillos de alambre de acero, buzardas o sand blast comercial. Este tipo de procedimientos lo único que consigue es degradar la superficie de la piedra, acelerando su deterioro y no es admisible por ningún concepto.

Hay que hacer conciencia en el cliente que encarga el trabajo, en el público en general y sobre todo en autoridades y profesionales de la construcción que los edificios históricos, son precisamente eso: edificios que por su edad y calidad artística intrínseca no pueden presentar el aspecto de nuevos. Al respecto, en los textos internacionales de restauración se recomienda evitar la limpieza de monumentos, como desgraciadamente se ha hecho en tantas ciudades de Europa y América. Al respecto transcribimos un fragmento de la *Carta italiana de restauración*, de 1972:

“**Art. 6.** En general en los casos en los que según el artículo 4 deben realizarse operaciones de salvaguarda y restauración para las obras de arte mencionadas en artículos 1,2,3, se prohíben las operaciones siguientes (inciso 5 del mismo artículo): alteración o supresión de las patinas.”

De este mismo documento leemos más adelante, en la parte relativa a instrucciones para la dirección de restauraciones arquitectónicas:

“La patina de la piedra debe ser conservada por evidentes razones históricas y también técnicas, ya que en general desempeña funciones proyectivas como lo conforman las corrosiones que se inician en las lagunas de la pátina. Se pueden quitar las materias acumuladas sobre las piedras detritus, polvos, hollín, guano de palomas, etc., usando

solo cepillos vegetales o aire a presión moderada. Por tanto, denaria evitarse el uso de cepillos metálicos o raspadores, deben excluirse los tratamientos con arena, agua a presión y no son aconsejables los lavados de cualquier naturaleza.”

Sin embargo, aunque la carta citada dice que “no son aconsejables los lavados de cualquier naturaleza”, no los prohíbe categóricamente como los otros procedimientos. Esto se debe a varios factores el tipo y la edad de la piedra, el excremento de las aves o el hollín, ambos ingresados de manera corrosiva, se han adherido en tal forma a la piedra que esta no puede limpiarse simplemente con acción de sacudir en seco.

Por consiguiente, a nuestro juicio y aplicando este criterio en forma casuística, sobre todo en exteriores, se debe permitir, y aun es recomendable el lavado con agua, con cepillos de fibra vegetales y detergentes neutros, pero siempre de acuerdo con rigurosas normas de aplicación y vigencia técnica y científica.

2.2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.

2.2.1. Ámbito Internacional.

ESTUDIO DE LAS MURALLAS DE TALAVERA DE LA REINA DETERIORO Y RESTAURACION, realizado en España en el municipio de Talavera de la Reina provincia de Toledo, en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha en el año 2002 por María José Torres Montealegre y Luis B. López Vázquez, en el cual se documenta la importancia histórica de las murallas de talavera la reina, los materiales y técnicas empleadas durante su construcción y el proceso de transformación y deterioro que el hombre le ha propiciado.

Este estudio evidenció problemas en la muralla de talavera producto del proceso de urbanismo del siglo XX, debido a que muchas de las casas cercanas a la muralla tomaron esta como pared medianera anclando vigas y tejados que le sumaban cargas que no fueron consideradas en su diseño original, lo cual amenazaba la estabilidad de esta. Para solucionar este problema se adquirió un verdadero compromiso institucional

que fortaleció una ley que data desde el 1978 la cual permite realizar expropiaciones de los predios ilegales para su posterior derribo y así convertir estas zonas en jardines y paseos peatonales. La limitación que tuvieron en la implementación de esta ley es que algunos predios pertenecían a personas influyentes en la ciudad las cuales utilizaron cierto tipo de argucias jurídicas para frenar la restauración.

Otro problema que se evidencio durante este estudio fue la contaminación de la roca; Lo que consiste en una degradación que provoca la pérdida parcial o total de esta como consecuencia de la acumulación de sustancias tóxicas en unas concentraciones que superan el poder de amortiguación natural de la piedra y que modifican negativamente sus propiedades. La solución que se dio fue la de implementar tratamientos de biorrecuperación, pero para que la efectividad de estos tratamientos en rocas sean los esperados y no se vean limitados no sólo hay que tener en cuenta factores biológicos, como la existencia de poblaciones microbianas susceptibles de transformar los contaminantes, la presencia de nutrientes y oxígeno, sino también factores ambientales como el tipo de roca, la temperatura y el pH. Sin embargo, la eficacia de los tratamientos de biorrecuperación está todavía en general por comprobarse, debido a que otra limitación es que las estrategias de biorrecuperación que funcionan en un lugar determinado no tienen por qué funcionar en otro, y los procesos de biorrecuperación que se llevan a cabo en el laboratorio puede que no tengan el mismo éxito cuando se extrapolan a los estudios de campo. En cualquier caso, un factor limitante para la biorrecuperación es que todavía no se conocen en profundidad los mecanismos que controlan el crecimiento y la actividad de los microorganismos en ambientes contaminados. (MARIA JOSE TORRES MONTEALEGRE, 2002)

ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LOS PARAMENTOS DE LA MURALLA ALMOHADE DE SEVILLA TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA PUERTA DE LA MACARENA Y EL JARDÍN DEL VALLE (Calama & Canivell, 2006) En este estudio se sintetiza un trabajo de investigación que se realiza en el seno del Grupo de Investigación: Construcción Patrimonial, adscrito al Departamento de Construcciones Arquitectónicas 2 de la Universidad de Sevilla, y en el que se analiza la patología causal



de lesiones presentes en el tramo de la muralla Almorávide-Almohade de Sevilla, construida en tapial, y que se extiende desde la Puerta de la Macarena hasta el Jardín del Valle. Esta estructura se trata de una parte de la cerca mandada construir por el sultán almorávide Alí Ibn.Yusuf, que gobernara e Sevilla desde 1109 a 1143. Y aunque fueron precisamente los almorávides los que generalizaron en Al Ándalus el uso del tapial para la construcción de las fortificaciones, este sistema constructivo ya venía siendo utilizado en muchos tipos de edificaciones desde la época romana, e incluso tenemos excelentes construcciones de la época Califal mandadas a levantar por Abd al-Rahman III o al-Hakam II, como la fortaleza de El Vacar, en Córdoba, o la de Baños de la Encina en Jaén. En este estudio se realizó un análisis patológico completo de la estructura, exponiendo que la estructura estaba siendo atacada por factores químicos y biológicos que la estaban deteriorando lentamente. En este estudio la limitante es que no exponen la ubicación exacta donde se presentan las patologías para un posible tratamiento posterior, así como tampoco proveen posibles soluciones a las patologías presentadas.

Recomendaciones técnicas para la georreferenciación de entidades patrimoniales: realizado en el 2011 por el ISNTITUTO ANDALUZ DEL PATRIMONIO HISTORICO.CONSEJERIA DE CULTURA. Este proyecto consistió en demostrar el papel relevante que hoy día juega el uso de la información geográfica en los procesos de restauración como herramienta para conocer y documentar el patrimonio cultural en el marco del Instituto del Patrimonio Histórico, así como fuente de información para su estudio, arrojando como resultado un protocolo normalizado para los procesos de tratamiento de la documentación cartográfica sobre el patrimonio, definiendo las fases del proceso, las técnicas a utilizar en cada fase, los datos y metadatos a obtener y los estándares oficiales aplicables en el ámbito de la realización de registros de inventarios. Entre las limitaciones que presenta este estudio se tiene que el error máximo tolerable que arrojan estos sistemas de georreferenciación está relacionado con la escala de producción de los datos y el límite de percepción visual del ojo humano (estandarizado en 0,2 mm), por tanto, la precisión requerida debe equivaler a la dimensión espacial en



la realidad (metros) que tenga un objeto representado en la cartografía a escala con una dimensión menor o igual a 0,2 mm.

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA DISOLUCIÓN KÁRSTICA Y LA EROSIÓN, EN LAS OBRAS PATRIMONIALES DE LA “VILLA DE SAN CRISTÓBAL DE LA HABANA”. INTRODUCCIÓN A UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LAS CONSTRUCCIONES REALIZADAS CON ROCAS CARBONATADAS. (Balado Piedra & Flores Valdes, 2004)

En este trabajo se realizó un análisis “in situ” preliminar de las formas de alteración que más inciden en los muros, paredes y techos de una serie de construcciones consideradas como patrimoniales de la ciudad de La Habana, se evaluó el grado de afectación de dichas construcciones a partir de la distancia de la línea costera (influencia de los aerosoles marinos y en algunos casos de las salpicaduras y acción directa del oleaje marino). También se ejecutó un análisis del grado de afectación de cada roca en dependencia de la formación geológica a la que pertenecen (Vedado, Jaimanitas, Morro u otras). Mediante este trabajo se elaboró una metodología para la evaluación del estado constructivo en que se encuentran los muros construidos con bloques de roca caliza o recubrimientos de estas rocas aplicadas a sus muros.

CURRENT METHODS AND FUTURE TRENDS IN TESTING, DURABILITY ANALYSES AND PROVENANCE STUDIES OF NATURAL STONES USED IN HISTORICAL MONUMENTS. (Torok & Prikryl, 2010)

Esta investigación resumió las técnicas disponibles para desarrollar ensayos, en el sitio y en el laboratorio, de las piedras naturales utilizadas en monumentos históricos mediante la combinación de los resultados de estudios previos. Utilizaron estudios de diagnóstico no destructivos a bajo-destructivos en el sitio de prueba para comprender el comportamiento de las piedras en condiciones ambientales. Enfatizaron el uso adecuado de las fuentes de datos y los resultados de las pruebas en la evaluación del comportamiento a largo plazo de las piedras. La correcta combinación de los análisis tanto de campo como de laboratorio permitió la identificación de los litotipos y las



debilidades asociadas a la mineralogía y estructura de las piedras. Aseguraron que las propiedades físicas que influyen la durabilidad de las piedras están gobernadas por las piedras mismas, pero también están influenciadas por factores externos como la exposición a diversas condiciones ambientales. Tales condiciones, podrían invocar nuevos enfoques en la conservación de las rocas y en los cuidados que se deben tener en los análisis y experimentos tanto en el laboratorio como en el sitio los cuales estimulan procesos de meteorización y mecanismos de deterioro. La necesidad para realizar este estudio fue debido a los requerimientos de la restauración sostenible y la determinación de la intervención necesaria a los monumentos de piedra naturales. En otras palabras, fue necesario generar información clara para quienes toman las decisiones, para juzgar la velocidad y el tipo de intervenciones. Desde el concepto de la restauración lo mejor sería la salvaguardar las piedras históricas, pero hay casos, cuando la preservación de la construcción requiere el uso de nuevos materiales y piedras de repuesto. Con el principio de la conservación de la piedra original en muchos casos las intervenciones estales como la limpieza y la consolidación es necesaria. Estos métodos pueden prolongar la vida útil de una estructura, pero su uso es a menudo ambiguo.

Mencionan que es muy difícil predecir el futuro de los estudios de las rocas en monumentos, pero que las técnicas que han sido desarrolladas en otros campos como en la medicina o tecnología espacial serán importantes herramientas que se usarán diariamente para los diagnósticos de los monumentos en el futuro.

2.2.2. Ámbito local.

“EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA Y VIBRACIONAL DE LAS MURALLAS DEL SECTOR QUE COMPRENDE EL HOTEL SANTA CLARA HASTA EL CLAUSTRO DE LA MERCED DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS”

Llevado a cabo en el año 2011 por Oliveros Jiménez estudiante de Ingeniería Civil. Este proyecto evaluó los parámetros que garantizan la estabilidad estructural de la muralla, se determinaron los coeficientes de reducción de resistencia por estado y por la calidad del diseño y construcción de la misma, con base a estos coeficientes y a las sollicitaciones de presión del relleno, efectos de sismo sobre el relleno y efectos de vibración producidos por los buses de transporte público se obtuvo como resultado que este tramo de muralla se afectara poco por la combinación de esfuerzos existentes con ondas emitidas por los buses de transporte público y ante un eventual sismo. (OLIVEROS JIMENEZ, 2011) La limitación de este estudio es que se les da mayor ponderación a los posibles daños producidos por inestabilidad estructural debido a las ondas vibraciones emitidas al paso de vehículos, dejando de lado los daños que las patologías ocasionan en la estructura y por eso no elaboran un plan de intervención y monitoreo de las áreas afectadas por las patologías existentes.

“EVALUACIÓN PATOLÓGICA Y DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL FUERTEBATERÍA DE SAN JOSÉ DE BOCACHICA”.

Este estudio fue realizado por los ingenieros Lozano, F. & Gonzales, K. Esta investigación tuvo como objetivo la determinación del estado actual del Fuerte-batería de San José de Boca chica mediante una valoración patológica y un estudio de vulnerabilidad sísmica de su estructura, con el fin de identificar la estrategia de intervención más adecuada. Inicialmente los autores hicieron una breve recolección de información primaria: datos históricos, planos arquitectónicos, y propiedades de los materiales y del suelo. Posteriormente realizaron diversas visitas de campo, para registrar las lesiones que afectan la estructura, identificando su naturaleza y gravedad.



Finalmente se construyó un modelo del fuerte en el software de análisis estructural SAP2000, cuyo algoritmo se basa en el Método de los Elementos Finitos. Se ejecutaron diversos análisis para diferentes hipótesis de carga (peso propio, empuje lateral del suelo y del oleaje, y movimientos sísmicos) y de condiciones de apoyo (empotramiento e interacción suelo estructura). Por medio de la investigación se observó que la edificación está afectada por varias lesiones que se extienden por la mayor parte de la estructura, y que abarcan desde degradación y pérdida del pañete hasta grietas de varios metros de longitud, la mayoría de los deterioros de los materiales no son consecuencia de deficiencias en el comportamiento mecánico de la estructura, sino que fueron causados por agentes de daños externos tales como exposición al ambiente agresivo, ciclos de mojado y secado, y erosión por acción del oleaje y el viento. Cabe resaltar que dicho estudio patológico se realizó de manera descriptiva ya que no se realizó la evaluación, diagnóstico y ensayos-físico mecánicos con el objetivo de darle soluciones a estos daños. Los resultados hallados dieron lugar al planteamiento de las siguientes intervenciones:

- Los merlones de la batería bajan y la bóveda de la polvorera no requieren reforzamiento alguno.
- será necesario reparar las grietas en la rampa y en el muro externo y reforzar algunos sectores en las bóvedas cañoneras y la escarpa.
- el reforzamiento sea a base de tejido de fibra de carbono y resina epoxi. En particular, se sugiere utilizar SIKAWRAP-103C. (Lozano & González, 2012)

“EVALUACIÓN PATOLÓGICA Y DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL FUERTE SAN FERNANDO DE BOCACHICA”

Se realizó el 13 de junio de 2014 por parte de los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad de Cartagena Jeiner Luis Navarro Oyola y Gustavo Andrés Trujillo Ordoñez. Este proyecto determino el estado actual del fuerte de San Fernando de Boca chica mediante estudios patológicos que muestran la presencia de fisuras, perdidas de elementos utilizados en la construcción como ladrillos, caries en la piedra coralina de la



escarpa, lo cual no es de consideración. Y estudios de vulnerabilidad sísmica que determinaron que a pesar de encontrarse en buen estado el fuerte debe ser reforzado estructuralmente con fibra de carbono y no con acero para así evitar que ocurra un posterior debilitamiento de las propiedades mecánicas de este debido a la carbonatación. (JEINER NAVARRO, 2014) Las limitaciones de este estudio es que los problemas patológicos encontrados al no afectar la estabilidad estructural del fuerte no se les plantean posibles intervenciones, además no se realiza un plan de monitoreo de las áreas afectadas ni se georreferenciar las patologías.

“PLAN PARA INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS CASO DE ESTUDIO: TRAMO COMPRENDIDO DESDE EL BALUARTE SAN PEDRO MARTIR HASTA EL BALUARTE DE LA MERCED”

El estudio tuvo por objetivo identificar y georreferenciar los problemas patológicos presentes en el cordón amurallado de la ciudad de Cartagena específicamente en el tramo comprendido entre el baluarte san pedro mártir y el baluarte de la merced. Se dividió el tramo de muralla en estudio en tramos más pequeños, lo cual hizo más fácil la localización de los problemas presentes, a cada tramo de muralla se le realizaron ensayos no destructivos con esclerómetro lo que permitió ver en estado del material constitutivo de la muralla. Luego se realizó un registro fotográfico y una ficha técnica de cada patología encontrada en la cual se especificó el tipo de problema encontrado, localización y recomendación de este Para su posterior intervención lo cual ayudara a preservar esta invaluable edificación que nos recuerda el importante papel que tuvo esta ciudad en la historia de América.

“PLAN PARA INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS CASO DE ESTUDIO: TRAMO COMPRENDIDO DESDE EL BALUARTE DE LA MERCED HASTA EL BALUARTE DE SAN FRANSISCO JAVIER”



Debido a su herencia arquitectónica de la ciudad de Cartagena se hizo necesaria su conservación y protección, por este motivo se realizó un estudio en el cual se elaboró un plan de intervención y monitoreo, que consta de una inspección visual, un registro patológico, georreferenciación y ensayos físico mecánicos de las patologías que afectan significativamente el cordón amurallado. Con este estudio se observó que la estructura presenta daños en buena parte de su extensión, razón de más para preocuparnos por este bien cultural mundial. En este estudio se propusieron algunos tipos de tratamiento correctivos, para mejorar tanto el aspecto como la integridad del cordón amurallado y de esta forma garantizar su protección, para que todas las personas sigan disfrutando de este patrimonio cultural de la humanidad.

“ESTUDIO TÉCNICO: BATERÍA SAN JOSÉ DE BOCACHICA EN CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA”

El desarrollo de esta investigación se enmarcó dentro del ámbito cuantitativo y explorativo, por lo que comprende datos obtenidos en campo y además se utilizó el software estructural SA P2000 en su versión V.15, con el fin de realizar una evaluación de vulnerabilidad sísmica del Fuerte- Batería de San José para posteriormente plasmar los planeamientos de alternativas de mejoramiento. La necesidad de conocer las condiciones actuales del fuerte, objeto de estudio, conlleva al desarrollo de un inventario de daños de la zona, el cual registra el listado de deterioros presentes, para lo cual se desarrolló una metodología experimental que se fundamenta en una revisión en campo, resumida en el presente documento. El fuerte-batería San José presenta lesiones que pueden considerarse graves, como la existencia de grietas de espesor considerable y asentamientos diferenciales evidentes. Adicionalmente, la fortificación se encuentra afectada por lesiones de menor gravedad, tales como la separación parcial de juntas de mortero, elevados índices de humedad que han llevado al deterioro y desprendimiento del pañete y material pétreo, eflorescencias, entre otros. Una inspección visual (tal fue el objeto de las visitas de campo aquí documentadas) permitió establecer las patologías presentes en esta edificación histórica. De manera general, la estructura carece de un adecuado programa de mantenimiento sostenible. Tanto es así, que se registra infiltración del agua de mar, la cual



está lavando las juntas y los núcleos constituidos de tierra, quedando sin material de aglomeración, por lo que el trabajo de mampostería se está degradando, poniendo en riesgo la estabilidad e integridad estructural.

Material	Módulo de Elasticidad (PSI)	Resistencia Compresión (Ton/m ²)	Factor de reducción de resistencia	Resistencia Efectiva (Ton/m ²)		
				Compresión	Tracción	Cortante
Piedra Coralina	1085520	664	0.8	531	53.1	15.5
Mampostería Mixta	892876	1000	0.8	800	80	19
Concreto a Base de Cal	1510000	989	0.8	791	79.1	18.9
Mezcla Concreto/coralina	1200742	649	0.8	520	52	15.4
Ladrillo	870226	264	0.8	211	21.1	17

Tabla 1. Tabla de propiedades definitivas de los materiales Álvaro Covo Torres. 2012

Fuente: Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prada

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de intervención de las patologías existentes en el cordón amurallado del centro histórico de la ciudad de Cartagena de Indias específicamente en el baluarte San Francisco Javier, por medio de la realización de visitas al lugar mencionado donde se harán ensayos no destructivos y estudios visuales, de esta manera se proponga una solución viable de forma específica para cada una de las áreas afectadas.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar, registrar y geo referenciar las distintas patologías que se presentan en el cordón amurallado en los tramos de estudio.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del material constitutivo alrededor de los sitios donde se identifiquen las patologías.
- Proveer diagnóstico y soluciones las posibles patologías encontradas en el cordón amurallado (baluarte) definiendo el tipo de intervención.

4. ALCANCE

4.1. DELIMITACION CONCEPTUAL.

Se realizaron visitas al cordón amurallado comprendido en el baluarte San Francisco Javier, para la descripción, registro y georreferencia de los daños que tenga la estructura. Además, se elaborarán ensayos físico-mecánicos no destructivos por medio de las pruebas de ultrasonido (UPV) en las áreas donde se presenta las patologías para determinar las condiciones de esta; esperando alcanzar un criterio que defina la resistencia a la compresión del cordón amurallado contiguo al baluarte, con el cual se procederá a establecer comparaciones con estudios de extracción de núcleos con el fin de saber su discrepancia y así obtener un dictamen actual.

4.2. DELIMITACION TEMPORAL.

Este proyecto estuvo planeado para realizarse entre los meses de julio y noviembre del 2018 teniendo así una duración de 4 meses, el cual es el segundo periodo académico del 2018. Para definir las fechas en las cuales se realizaron los estudios, se implementó el uso de un cronograma de actividades, anexo posteriormente en el proyecto. Los ensayos y recorridos de campo se realizaron únicamente de lunes a viernes en los días estipulados en el cronograma, puesto que la concurrencia de visitantes a los monumentos turísticos los fines de semana, dificultarían el correcto desarrollo de los ensayos. Posteriormente se realizaron comparaciones con estudios de extracción de núcleos para determinar su discrepancia.

4.3. DELIMITACION ESPACIAL.

Este estudio se hizo en el centro histórico de la ciudad de Cartagena de indias, específicamente en el baluarte San Francisco Javier con coordenadas de **10°26'18" N, 75°33'08" W**. Con una extensión de 298.44 mts

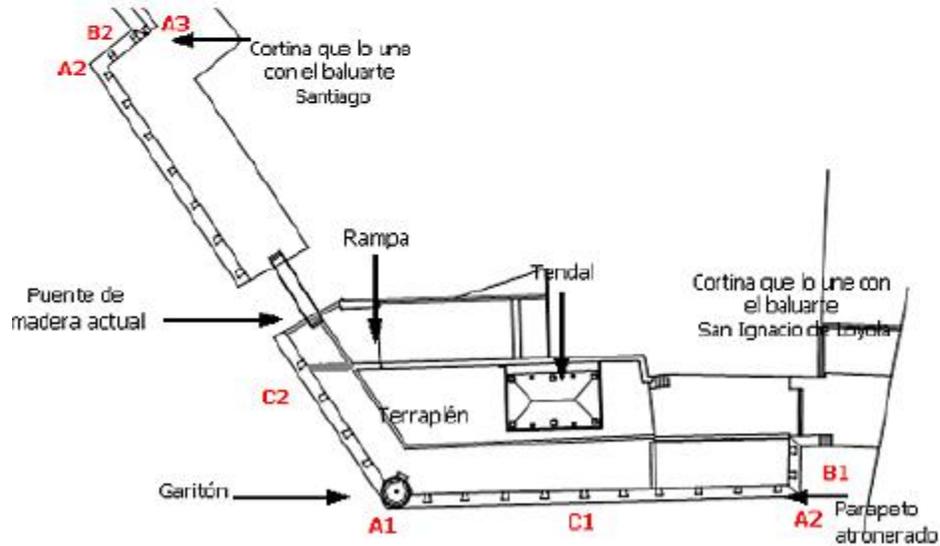


Ilustración 10. Baluarte San Francisco Javier

Fuente: Fortificaciones de Cartagena de indias, Rodrigo Alfaro



4.4. LIMITACIONES.

El estudio se limita a la descripción y ubicación geográfica de las patologías que se encontrarán en el material constitutivo de la muralla, tomando como referencia las diferentes bibliografías, asesoría de los docentes y resultados de los ensayos no destructivos los cuales serán comparados con estudios de extracción de núcleos. No se hará estudios de vulnerabilidad sísmo resistente, ni modelación en software, además para el planteamiento de las posibles soluciones de las patologías no se tendrá en cuenta estudio de pre factibilidad económica.

5. METODOLOGIA

Este es un proyecto de carácter descriptivo debido a que el análisis que se realizó está establecido por estudios previos los cuales sirvieron como base para poder identificar y describir las patologías que se encontraron en el baluarte escogido. Este estudio se elaborará en diferentes tramos del cordón amurallado de la ciudad de Cartagena específicamente en el baluarte San Francisco Javier. La investigación se llevó a cabo entre los meses de julio y noviembre del 2018 teniendo así una duración de 4 meses. La metodología constará de 3 fases.

5.1. PRIMERA FASE.

Durante esta fase se realizó una recopilación del material bibliográfico necesario y pertinente a los tramos escogidos, de esta manera permitirá lucidez en la conceptualización del objetivo. Esta documentación será tomada de las múltiples bases de datos que provee la Universidad de Cartagena, documentos del IPCC y de la escuela de taller, además una entrevista con el Arquitecto Mario Zapateiro funcionario de esta. Se efectuaron visitas de campo con el fin de inspeccionar visualmente los sitios de investigación, identificar los problemas que son superficiales y la definición de equipos e instrumentos necesarios para recopilar la información.

5.2. SEGUNDA FASE.

Debido a la longitud de 298.44 metros en el sitio a estudiar, se dividió en tramos más pequeños para obtener una mejor percepción de la ubicación de los diferentes problemas y así más precisión e identificación en su georreferenciación.

Esta división se hizo en cinco tramos principales debido a sus longitudes y dificultad de acceso, los cuales se dividieron de la siguiente manera:

TRAMO 1: 62 mts con una duración de 17 días (Amarillo)

TRAMO 2: 51 mts con una duración de 14 días (Azul)

TRAMO 3: 44 mts con una duración de 12 días (Rojo)

TRAMO 4: 69 mts con una duración de 19 días (Verde)

TRAMO 5: 73 mts con una duración de 20 días (Marrón)



Ilustración 11. Baluarte San Francisco Javier dividido por tramos de estudio.

Fuente: Autor



Se procedió a realizar un registro fotográfico de cada tramo, la cual se determinaron los tipos de patologías que se puedan presentar. Estas fotografías se lograrán con una cámara fotográfica digital canon Powershot Elph 180, de las fotografías obtenidas se pretende escoger las de mayor gravedad para el diagnóstico.

Se ejecutaron ensayos físico-mecánicos no destructivo con el ultrasonido y termográfico en los diferentes tramos de la muralla, precisamente en las rocas donde se presente el problema, después se verificara con una roca de buen estado para así determinar el estado actual del material constitutivo de la muralla, a continuación se realizó una comparación con estudios previos de extracción de núcleos ejecutados por el Ing. Arnoldo Berrocal para determinar la discrepancia de los datos obtenidos con el ultrasonido (UVP), además de que se tendrá un mejor esquema con el ensayo termográfico. Posteriormente se hará un registro técnico con las características del problema y su georreferenciación mediante el sistema de GPS.

5.3. TERCERA FASE.

En esta fase del estudio se analizó todos los datos obtenidos en el campo, fotografía de patologías, resistencia a la compresión de la roca y la georreferencia de cada patología. De esa manera se determinó las cantidades de patologías existentes en cada tramo, el deterioro del material constitutivo y el lugar exacto de donde se encuentre, a su vez con la documentación bibliográfica del tema. Lo cual permitió a realizar un diagnóstico del estado actual y permitirá emitir en estudios posteriores un plan de monitoreo e intervención.

6. RESULTADOS.

Con la metodología expuesta en el anterior inciso se pudo obtener los resultados, en donde se muestra la resistencia y el estado de la muralla de Cartagena de indias para el caso de estudio del baluarte San Francisco Javier, con la finalidad de preservar su integridad y ser beneficiario de futuras intervenciones.

6.1. ENTREVISTA DEL ARQUITECTO MARIO ZAPATEIRO ALTAMIRANDA.

El director de la Escuela de taller, Mario Zapateiro Altamiranda rindió entrevista, mediante la cual se abarco la temática de las fortificaciones de la ciudad de Cartagena de Indias y la participación de la Escuela de taller sobre ellas, y en consecuencia se formularon las siguientes preguntas:

1. ¿La escuela de taller alguna vez ha realizado ensayos destructivos?
2. ¿Qué énfasis le da la escuela de taller a las fortificaciones de Cartagena de Indias?
3. ¿qué tan perjudicial son las manchas negras tanto para la estructura como para las personas, cuál es su origen y que solución sería la más conveniente?
4. Para el baluarte San Francisco Javier, ¿Qué tipo de intervenciones se le han hecho?
5. En cuanto a la resistencia a la compresión, ¿cómo la catalogaría?
6. Con respecto a los materiales de construcción ¿de dónde y cómo los obtenían?
7. ¿ha que se debe su uso actual y por qué?

, las cuales fueron resueltas de manera conjunta en el siguiente escrito.

En primera instancia se precisó que la escuela de taller de Cartagena en el área de fortificaciones no tienen datos referentes a ensayos destructivos ya que su énfasis radica en mantenerla, protegerla, limpiarla, curar juntas cuyas normativas están avaladas por el ministerio hasta el momento en lo que competen a lavado en seco y húmedo en algunas partes, también tienen consideraciones para la consolidación de juntas, resanes de adarves,



entre otras operaciones dependiendo del sitio específico. En el caso de los baluartes se hace un estudio fotográfico, posteriormente se hace un lavado de la muralla retirando los elementos que estén levemente adheridos con un cepillado suave con celdas plásticas para sí hacer un resane con mortero de cal en las partes vulnerables. Lo anterior a razón de una bacteria que causa manchas de negruras, esta tiene origen en unas poblaciones de hongos que se alojan en los orificios de las piedras. Al tener condiciones de humedad, vientos y ambiente salino por su cercanía al mar, crea el ambiente para que se proliferen de manera vercosa y en capas que con el tiempo y los factores actuales de la muralla hacen que terminen pereciendo lo cual genera la capa negra. No obstante, el deterioro de la piedra no es profundo afirmando que es solo superficial y a su vez no es perjudicialmente severa para la piedra y para los humanos es tolerable en temas de salubridad. Ahora, no se considera que sea tan problemático el tema debido a que contemplan la posibilidad de un inhibidor de humedad u otro elemento que sirva de barrera que repela las impurezas.

Particularmente el baluarte de san francisco Javier ha sido intervenido más que todo en el tratamiento de juntas para que no haya una percolación de material interno de todo el terraplén. Lo anterior se debe a que la muralla es como un contenedor en la que la escarpa y la contra escarpa, esto ocasiona que, si no está protegido el adarve y las juntas, la muralla en si podría quedar hueca en su interior. Ahora en el adarve está compuesta con una plantilla de solado la cual era resistente a la abrasión porque en su uso transitaban carga pesada de artillería y no hay mucha discrepancia en términos de resistencia a la abrasión entre el concreto de cal natural comparado con las cal procesadas del concreto hidráulico actual.

En cuanto a la resistencia de la muralla se podría considerar que es alta como un concreto actual, solo que la resistencia se da por el tratamiento distinto del material cementante que era cal en su momento y como material le hacían todos los tratamientos pertinentes para ganar rigidez lo cual se evidencia en que soporto el asedio del barón de Pointis. Ahora fundamenta su alta resistencia en los espesores que manejaban en la época de modo que eran enormes a comparaciones con los espesores actuales. En cuanto a la contra escarpa si se podrían encontrar resistencias pobres debido a que tenían morteros de cal cuya función



eran mantener las piedras en su lugar, la geometría de la piedra y su sillar la fijaban. Se evidencia más que todo en murallas al descubierto donde solo está la piedra simplemente apoyada por su propio peso.

Correspondiente a los materiales las canteras estaban lo más cerca posible por la dificultad de su transporte debido al gran tamaño que tenían y el manejo de las piedras se efectuaban en las canteras para que el ingeniero militar pudiese dar las especificaciones de cada piedra en su acople. Las piedras eran fabricadas en su momento, pero dependían más que todo de las dimensiones en cuanto al ángulo de inclinación y alto para a terraplenar parejo y generar un mayor agarre.

En la actualidad el cambio de uso se debe al aprovechamiento económico debido a los costos altos de mantenimiento. “Ahora no lo tienen discriminados por baluartes porque el mantenimiento es parejo. Un ejemplo de esto es que el presupuesto del presente año fue de 1’220’000.000 pesos (mil doscientos veinte millones de pesos) y es un mantenimiento parcial de jardinería o mantenimiento de juntas.” (Mario Zapateiro Altamiranda, director de la Escuela de taller)

6.2. REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN OCTUBRE DEL 2018.

Para obtener un registro fotográfico y la georreferencia con el fin de identificar las patologías se realizó una inspección en el cordón amurallado de Cartagena de Indias para el caso de estudio del baluarte San Francisco Javier, además de que se escogieron 8 puntos en los cuales se realizó el ensayo de ultrasonido para conocer la resistencia del material constitutivo que compete alrededor de la patología escogida. A continuación, presentamos el registro de las patologías encontradas:



Ilustración 12. Patología #1

Fuente: Autor

PATOLOGIA #1		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.27"	75°33'08.19"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO		
ACCION DE MITIGACION		
NEUTRALIZACION		

Tabla 2. Diagnóstico de la patología #1

Fuente: Autor



Ilustración 13. Patología #2

Fuente: Autor

PATOLOGIA #2		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 3. Diagnóstico de la patología #2

Fuente: Autor



Ilustración 14. Patología #3

Fuente: Autor

PATOLOGIA #3		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS-CARIES SUPERFICIALES		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 4. Diagnóstico de la patología #3

Fuente: Autor



Ilustración 15. Patología #4

Fuente: Autor

PATOLOGIA #4		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.10"	75°33'08.33"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIALES		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 5. Diagnóstico de la patología #4

Fuente: Autor



Ilustración 16. Patología #5

Fuente: Autor

PATOLOGIA #5		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.09"	75°33'08.34"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
FISURA LONGITUDINAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA Y CONSOLIDAR LA FISURA		

Tabla 6. Diagnóstico de la patología #5

Fuente: Autor



Ilustración 17. Patología #6

Fuente: Autor

PATOLOGIA #6		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.12"	75°33'08.50"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIALES		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 7. Diagnóstico de la patología #6

Fuente: Autor



Ilustración 18. Patología #7

Fuente: Autor

PATOLOGIA #7		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZAEN SECO		

Tabla 8. Diagnóstico de la patología #7

Fuente: Autor



Ilustración 19. Patología #8

Fuente: Autor

PATOLOGIA #8		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 9. Diagnóstico de la patología #8

Fuente: Autor



Ilustración 20. Patología #9

Fuente: Autor

PATOLOGIA #9		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 10. Diagnóstico de la patología #9

Fuente: Autor



Ilustración 21. Patología #10

Fuente: Autor

PATOLOGIA #10		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCAS -FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 11. Diagnostico de la patología #10

Fuente: Autor



Ilustración 22. Patología #11

Fuente: Autor

PATOLOGIA #11		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 12. Diagnóstico de la patología #11

Fuente: Autor



Ilustración 23. Patología #12

Fuente: Autor

PATOLOGIA #12		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.30"	75°33'08.49"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 13. Diagnóstico de la patología #12

Fuente: Autor



Ilustración 24. Patología #13

Fuente: Autor

PATOLOGIA #13		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.33"	75°33'09.35"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 14. Diagnóstico de la patología #13

Fuente: Autor



Ilustración 25. Patología #14

Fuente: Autor

PATOLOGIA #14		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.70"	75°33'10.30"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 15. Diagnóstico de la patología #14

Fuente: Autor



Ilustración 26. Patología #15

Fuente: Autor

PATOLOGIA #15		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'10.35"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCAS -PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 16. Diagnóstico de la patología #15

Fuente: Autor



Ilustración 27. Patología #16

Fuente: Autor

PATOLOGIA #16		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.86"	75°33'10.87"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE		
ACCION DE MITIGACION		
MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE- LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 17. Diagnóstico de la patología #16

Fuente: Autor



Ilustración 28. Patología #17

Fuente: Autor

PATOLOGIA #17		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.15"	75°33'10.94"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCAS -FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 18. Diagnóstico de la patología #17

Fuente: Autor



Ilustración 29. Patología #18

Fuente: Autor

PATOLOGIA #18		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.50"	75°33'11.11"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 19. Diagnóstico de la patología #18

Fuente: Autor



Ilustración 30. Patología #19

Fuente: Autor

PATOLOGIA #19		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.57"	75°33'11.36"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE		
ACCION DE MITIGACION		
MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE- LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 20. Diagnóstico de la patología #19

Fuente: Autor



Ilustración 31. Patología #20

Fuente: Autor

PATOLOGIA #20		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'20.11"	75°33'11.08"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 21. Diagnóstico de la patología #20

Fuente: Autor



Ilustración 32. Patología #21

Fuente: Autor

PATOLOGIA #21		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.57"	75°33'10.17"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS -PERDIDA DE PAÑETE		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-INTEGRAR Y COLOCAR PAÑETE		

Tabla 22. Diagnóstico de la patología #21

Fuente: Autor



Ilustración 33. Patología #22

Fuente: Autor

PATOLOGIA #22		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.99"	75°33'09.08"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS -PERDIDA DE JUNTAS-SOCAVACION DEBIDO AL AGUA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS		

Tabla 23. Diagnóstico de la patología #22

Fuente: Autor



Ilustración 34. Patología #23

Fuente: Autor

PATOLOGIA #23		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS - FISURAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA		

Tabla 24. Diagnóstico de la patología #23

Fuente: Autor



Ilustración 35. Patología #24

Fuente: Autor

PATOLOGIA #24		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS-BASURAS PLASTICAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA		

Tabla 25. Diagnóstico de la patología #24

Fuente: Autor



Ilustración 36. Patología #25

Fuente: Autor

PATOLOGIA #25		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE		
ACCION DE MITIGACION		
MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 26. Diagnóstico de la patología #25

Fuente: Autor



Ilustración 37. Patología #26

Fuente: Autor

PATOLOGIA #26		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.80"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS VERDES-PERDIDA DE JUNTAS-SOCAVACION DEBIDO AL AGUA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS		

Tabla 27. Diagnóstico de la patología #26

Fuente: Autor



Ilustración 38. Patología #27

Fuente: Autor

PATOLOGIA #27		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.26"	75°33'10.27"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES PROFUNDAS-DEGRADACION DE LA ROCA		
ACCION DE MITIGACION		
DEVASTAR-CAMBIAR BLOQUES		

Tabla 28. Diagnóstico de la patología #27

Fuente: Autor



Ilustración 39. Patología #28

Fuente: Autor

PATOLOGIA #28		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.11"	75°33'10.76"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DESPRENDIMIENTO		
ACCION DE MITIGACION		
DEVASTAR E INTEGRAR		

Tabla 29. Diagnóstico de la patología #28

Fuente: Autor



Ilustración 40. Patología #29

Fuente: Autor

PATOLOGIA #29		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO		
ACCION DE MITIGACION		
NEUTRALIZAR		

Tabla 30. Diagnóstico de la patología #29

Fuente: Autor



Ilustración 41. Patología #30

Fuente: Autor

PATOLOGIA #30		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.43"	75°33'10.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 31. Diagnóstico de la patología #30

Fuente: Autor



Ilustración 42. Patología #31

Fuente: Autor

PATOLOGIA #31		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DESPRENDIMIENTO		
ACCION DE MITIGACION		
DEVASTAR E INTEGRAR		

Tabla 32. Diagnóstico de la patología #31

Fuente: Autor



PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN OCTUBRE DEL 2018

#	PATOLOGIA ENCONTRADA	UBICACIÓN DE LA MURALLA	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE	ERROR	TRAMO	ACCION DE MITIGACION
1	DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO	ESCARPA	10°25'17.27"	75°33'08.19"	+/- 3m	1	NEUTRALIZAR
2	PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA
3	MANCHAS NEGRUZCAS-CARIES SUPERFICIALES	ESCARPA	10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m	1	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
4	CARIES SUPERFICIALES	ESCARPA	10°25'17.10"	75°33'08.33"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA
5	FISURA LONGITUDINAL	ESCARPA	10°25'17.09"	75°33'08.34"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA Y CONSOLIDAR LA FISURA
6	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'17.12"	75°33'08.50"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA
7	MANCHAS NEGRUZCAS	ESCARPA	10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO
8	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m	2	SELLAR CON ARGAMASA
9	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	SELLAR CON ARGAMASA
10	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
11	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	SELLAR CON ARGAMASA
12	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA	ESCARPA	10°25'17.30"	75°33'08.49"	+/- 3m	3	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
13	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA	ESCARPA	10°25'17.33"	75°33'09.35"	+/- 3m	3	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
14	MANCHAS NEGRUZCA	ESCARPA	10°25'17.70"	75°33'10.30"	+/- 3m	3	LIMPIEZA EN SECO
15	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA-PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.74"	75°33'10.35"	+/- 3m	3	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA



PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS

16	CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE	ESCARPA	10°25'18.86"	75°33'10.87"	+/- 3m	4	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO
17	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'19.15"	75°33'10.94"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
18	MANCHAS NEGRUZCA	ESCARPA	10°25'19.50"	75°33'11.11"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
19	CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE	ESCARPA	10°25'19.97"	75°33'11.36"	+/- 3m	4	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO
20	MANCHAS NEGRUZCA	ESCARPA	10°25'20.11"	75°33'11.08"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO
21	MANCHAS NEGRUZCA-PERDIDA DE PAÑETE	GARITA	10°25'17.57"	75°33'10.17"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO-INTEGRAR Y COLOCAR PAÑETE
22	MANCHAS VERDES-PERDIDA DE JUNTAS-SOCAVACION DEBIDO AL AGUA	CONTRAESCARPA	10°25'17.99"	75°33'09.08"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS
23	PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	SELLAR CON ARGAMAZA-CONSOLIDAR FISURA
24	PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS-BASURAS PLASTICAS	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMAZA-CONSOLIDAR FISURA
25	CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO
26	MANCHAS VERDES-PERDIDA DE JUNTAS-SOCAVACION DEBIDO AL AGUA	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.80"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS
27	CARIES PROFUNDAS-DEGRADACION DE LA ROCA	CONTRAESCARPA	10°25'18.26"	75°33'10.27"	+/- 3m	5	DEVASTAR-CAMBIAR BLOQUES
28	DESPRENDIMIENTO	CONTRAESCARPA	10°25'19.11"	75°33'10.76"	+/- 3m	5	DEVASTAR E INTEGRAR
29	DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO	CONTRAESCARPA	10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m	5	NEUTRALIZAR
30	MANCHAS NEGRUZCA	CONTRAESCARPA	10°25'19.43"	75°33'10.57"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO
31	DESPRENDIMIENTO	CONTRAESCARPA	10°25'19.88"	75°33'10.53"	+/- 3m	5	DEVASTAR E INTEGRAR

Tabla 33. Registro patológico total del baluarte San Francisco Javier

Fuente: Autor



6.3. REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN ABRIL DEL 2019.

Para obtener un registro fotográfico y la georreferencia más preciso, con el fin de identificar las patologías se realizó una inspección en el cordón amurallado de Cartagena de Indias para el caso de estudio del baluarte San Francisco Javier se realizó una segunda inspección debido a al mantenimiento que tuvo ejecución el mes de marzo, además de que permanecieron los 8 puntos en los cuales se realizó el ensayo de ultrasonido y termográfico para conocer la resistencia del material constitutivo que compete alrededor de la patología escogida. A continuación, presentamos el registro de las patologías encontradas:



Ilustración 43. Patología #1 después del Mantenimiento

Fuente: Autor

PATOLOGIA #1 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.27"	75°33'08.19"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO		
ACCION DE MITIGACION		
NEUTRALIZACION		

Tabla 34. Diagnóstico de la patología #1 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 44. Patología #2 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #2 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 35. Diagnóstico de la patología #2 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 45. Patología #3 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #3 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS-CARIES SUPERFICIALES		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 36. Diagnóstico de la patología #3 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 46. Patología #4 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #4 DESPUES DEL MANTENIMIENTO.		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.10"	75°33'08.33"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIALES		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 37. Diagnóstico de la patología #4 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 47. patología #5 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #5		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.09"	75°33'08.34"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
FISURA LONGITUDINAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA Y CONSOLIDAR LA FISURA		

Tabla 38. Diagnóstico de la patología #5 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 48. patología #6 después del mantenimiento

Fuente: Autor

PATOLOGIA #6 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.12"	75°33'08.50"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIALES-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 39. Diagnóstico de la patología #6 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 49. Patología #7 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #7 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 40. Diagnóstico de la patología #7 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 50. Patología #8 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #8 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 41. Diagnóstico de la patología #8 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 51. Patología #9 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #9 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 42. Diagnóstico de la patología #9 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 52. Patología #10 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #10 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS VERDUZCA-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 43. Diagnóstico de la patología #10 después del mantenimiento.

Fuente: Auto



Ilustración 53. patología #11 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #11 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 44. Diagnóstico de la patología #11 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 54. Patología #12 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #12 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.30"	75°33'08.49"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 45. Diagnóstico de la patología #12 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 55. Patología #13 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #13 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.33"	75°33'09.35"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 46. Diagnóstico de la patología #13 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 56. Patología #14 después del mantenimiento

Fuente: Autor

PATOLOGIA #14		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.70"	75°33'10.30"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMAZA		

Tabla 47. Diagnóstico de la patología #14 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 57. Patología #15 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #15		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.14"	75°33'10.35"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 48. Diagnóstico de la patología #15 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 58. Patología #16 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #16 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.86"	75°33'10.87"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE- LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 49. Diagnóstico de la patología #16 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 59. Patología #17 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #17 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.15"	75°33'10.94"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMASA		

Tabla 50. Diagnóstico de la patología #17 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 60. Patología #18 después del mantenimiento

Fuente: Autor

PATOLOGIA #18 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.50"	75°33'11.11"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-CONCRETO CICLOPEO		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMAZA		

Tabla 51. Diagnóstico de la patología #18 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 61. Patología #19 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #19 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.57"	75°33'11.36"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE		
ACCION DE MITIGACION		
MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE- LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 52. Diagnóstico de la patología #19 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 62. Patología #20 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #20 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'20.11"	75°33'11.08"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMAZA		

Tabla 53. Diagnóstico de la patología #20 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 63. Patología #21 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #21 DESPUES DEL MANTENIMIENTO.		
UBICACIÓN		
ESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.57"	75°33'10.17"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE PAÑETE		
ACCION DE MITIGACION		
INTEGRAR Y COLOCAR PAÑETE		

Tabla 54. Diagnóstico de la patología #21 después del mantenimiento

Fuente: Autor



Ilustración 64. Patología #22 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #22 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'17.99"	75°33'09.08"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS NEGRZUCA-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA- SOCAVACION DEBIDO AL AGUA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS		

Tabla 55 Diagnóstico de la patología #22 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 65. Patología #23 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #23 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS		
ACCION DE MITIGACION		
SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA		

Tabla 56. Diagnóstico de la patología #23 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 66. Patología #24 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #24 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS-BASURAS PLASTICAS		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA		

Tabla 57. Diagnóstico de la patología #24 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 67. Patología #25 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #25		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE SALOBRE		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 58. Diagnóstico de la patología #25 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 68. Patología #26 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #26 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.13"	75°33'09.80"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
MANCHAS VERDES-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA- SOCAVACION DEBIDO AL AGUA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-RECALZAR TODAS LAS ROCAS		

Tabla 59. Diagnóstico de la patología #26 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 69. Patología #27 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #27 DESPUES DE LA PATOLOGIA		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'18.26"	75°33'10.27"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
CARIES PROFUNDAS-DEGRADACION DE LA ROCA-FLORA INVASIVA-MANCHA NARANJA Y VERDUZCA		
ACCION DE MITIGACION		
DEVASTAR-CAMBIAR BLOQUES		

Tabla 60. Diagnóstico de la patología #27 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 70. Patología #28 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #28		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.11"	75°33'10.76"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DESPRENDIMIENTO-FLORA INVASIVA		
ACCION DE MITIGACION		
LIMPIEZA EN SECO-DEVASTAR E INTEGRAR		

Tabla 61. Diagnóstico de la patología #28 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 71 Patología #29 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #29 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO- ESTANCAMIENTO DE AGUA LLUVIA		
ACCION DE MITIGACION		
NEUTRALIZAR-MEJORAR DECLIVE		

Tabla 62. Diagnóstico de la patología #29 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 72. Patología #30 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGÍA #30		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.43"	75°33'10.57"	+/- 3m
PATOLOGÍA PRESENTE		
MANCHAS NEGRUZCA		
ACCIÓN DE MITIGACIÓN		
LIMPIEZA EN SECO		

Tabla 63. Diagnóstico de la patología #30 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



Ilustración 73. Patología #31 después del mantenimiento.

Fuente: Autor

PATOLOGIA #31 DESPUES DEL MANTENIMIENTO		
UBICACIÓN		
CONTRAESCARPA-BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER		
COORDENADAS		
NORTE	OESTE	ERROR
10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m
PATOLOGIA PRESENTE		
DESPRENDIMIENTO		
ACCION DE MITIGACION		
DEVASTAR E INTEGRAR		

Tabla 64. Diagnóstico de la patología #31 después del mantenimiento.

Fuente: Autor



PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



REGISTRO PATOLOGICO DE LA INSPECCION REALIZADA EN ABRIL DEL 2019

#	PATOLOGIA ENCONTRADA	UBICACIÓN DE LA MURALLA	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE	ERROR	TRAMO	ACCION DE MITIGACION
1	DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO	ESCARPA	10°25'17.27"	75°33'08.19"	+/- 3m	1	NEUTRALIZAR
2	PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA
3	MANCHAS NEGRUZCAS-CARIES SUPERFICIALES	ESCARPA	10°25'17.19"	75°33'08.22"	+/- 3m	1	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
4	CARIES SUPERFICIALES	ESCARPA	10°25'17.10"	75°33'08.33"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA
5	FISURA LONGITUDINAL	ESCARPA	10°25'17.09"	75°33'08.34"	+/- 3m	1	SELLAR CON ARGAMASA Y CONSOLIDAR LA FISURA
6	CARIES SUPERFICIAL-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'17.12"	75°33'08.50"	+/- 3m	1	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
7	MANCHAS NEGRUZCAS	ESCARPA	10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO
8	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'17.14"	75°33'08.55"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
9	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
10	CARIES SUPERFICIAL-MANCHAS NEGRUZCA-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMASA
11	CARIES SUPERFICIAL-PERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.21"	75°33'08.95"	+/- 3m	2	SELLAR CON ARGAMASA
12	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'17.30"	75°33'08.49"	+/- 3m	3	SELLAR CON ARGAMASA
13	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'17.33"	75°33'09.35"	+/- 3m	3	SELLAR CON ARGAMASA
14	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'17.70"	75°33'10.30"	+/- 3m	3	SELLAR CON ARGAMASA
15	CARIES SUPERFICIALPERDIDA DE JUNTAS	ESCARPA	10°25'17.74"	75°33'10.35"	+/- 3m	3	SELLAR CON ARGAMASA
16	CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE-FLORA INVASIVA	ESCARPA	10°25'18.86"	75°33'10.87"	+/- 3m	4	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO
17	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'19.15"	75°33'10.94"	+/- 3m	4	SELLAR CON ARGAMASA



PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS

18	CARIES SUPERFICIAL-CONCRETO CICLOPEO	ESCARPA	10°25'19.50"	75°33'11.11"	+/- 3m	4	SELLAR CON ARGAMASA
19	CARIES SUPERFICIAL-ESTANCAMIENTO DE AGUA SALOBRE	ESCARPA	10°25'19.97"	75°33'11.36"	+/- 3m	4	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE-LIMPIEZA EN SECO
20	CARIES SUPERFICIAL	ESCARPA	10°25'20.11"	75°33'11.08"	+/- 3m	4	SELLAR CON ARGAMASA
21	PERDIDA DE PAÑETE	GARITA	10°25'17.57"	75°33'10.17"	+/- 3m	4	INTEGRAR Y COLOCAR PAÑETE
22	MANCHAS VERDES- PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA- SOCAVACION DEBIDO AL AGUA	CONTRAESCARPA	10°25'17.99"	75°33'09.08"	+/- 3m	4	LIMPIEZA EN SECO- RECALZAR TODAS LAS ROCAS
23	PERDIDA DE JUNTAS-FISURAS	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA
24	PERDIDA DE JUNTAS- FISURAS- BASURAS PLASTICAS	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO-SELLAR CON ARGAMAZA- CONSOLIDAR FISURA
25	CARIES SUPERFICIAL- ESTANCAMIENTO DE SALOBRE	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.57"	+/- 3m	5	MEJORAR DECLIVE DE DESAGUE- LIMPIEZA EN SECO
26	MANCHAS VERDES- PERDIDA DE JUNTAS-FLORA INVASIVA- SOCAVACION DEBIDO AL AGUA	CONTRAESCARPA	10°25'18.13"	75°33'09.80"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO- RECALZAR TODAS LAS ROCAS
27	CARIES PROFUNDAS- DEGRADACION DE LA ROCA- FLORA INVASIVA- MANCHA NARANJA Y VERDUZCA	CONTRAESCARPA	10°25'18.26"	75°33'10.27"	+/- 3m	5	DEVASTAR- CAMBIAR BLOQUES
28	DESPRENDIMIENTO -FLORA INVASIVA	CONTRAESCARPA	10°25'19.11"	75°33'10.76"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO- DEVASTAR E INTEGRAR
29	DEGRADACION DE LAS ROCAS EN LA JUNTA PRODUCTO DE ORIN HUMANO- ESTANCAMIENTO DE AGUA LLUVIA	CONTRAESCARPA	10°25'19.83"	75°33'11.12"	+/- 3m	5	NEUTRALIZAR- MEJORAR DECLIVE
30	MANCHAS NEGRUZCA	CONTRAESCARPA	10°25'19.43"	75°33'10.57"	+/- 3m	5	LIMPIEZA EN SECO
31	DESPRENDIMIENTO	CONTRAESCARPA	10°25'19.88"	75°33'10.53"	+/- 3m	5	DEVASTAR E INTEGRAR

Tabla 65. Registro patológico del baluarte San Francisco Javier, abril 2019.

Fuente: Autor

6.4. ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV)

A consideración del autor se realizaron 8 ensayos no destructivos e indirecto en puntos del baluarte San Francisco Javier, en donde se estima visualmente que pueden ser los daños más severos y de cuidado del cordón amurallado para este caso de estudio. Los puntos seleccionados son donde se encuentran las patologías 5, 9, 18, 20, 22, 26, 27 y 31. A continuación se da a conocer las lecturas tomadas:

PATOLOGÍA	LECTURA 1 (PSI)	LECTURA 2 (PSI)	LECTURA 3 (PSI)	LECTURA PROMEDIO (PSI)	LECTURA PROMEDIO (Kg/cm²)
5	2715	2721	2724	2720	191,2
9	2703	2703	2676	2694	189,4
18	3238	3180	3284	3234	227,4
20	3122	3142	3213	3159	222,1
22	2632	2665	2630	2642,3	185,8
26	2851	2901	2970	2907,3	204,4
27	2363	2472	2336	2390,3	168,1
31	3560	3545	3584	3563	250,5

Tabla 66. Lectura del equipo de ultrasonido para cada patología seleccionada



Con las anteriores lecturas se procede con la siguiente tabla, esta dará un resumen sobre la resistencia de cada una de las patologías escogidas y su clasificación de la roca.

PATOLOGÍA	LECTURA PROMEDIO (Kg/cm²)	CLASIFICACION DE LA ROCA (ISRM)
5	191,2	DEBIL
9	189,4	DEBIL
18	227,4	MODERADEMENTE RESISTENTE
20	222,1	MODERADEMENTE RESISTENTE
22	185,8	DEBIL
26	204,4	MODERADEMENTE RESISTENTE
27	168,1	DEBIL
31	250,5	MODERADEMENTE RESISTENTE
PROMEDIO	204,9	MODERADEMENTE RESISTENTE

Tabla 67. Resumen de los datos obtenidos

6.5. ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE TERMOGRAFIA

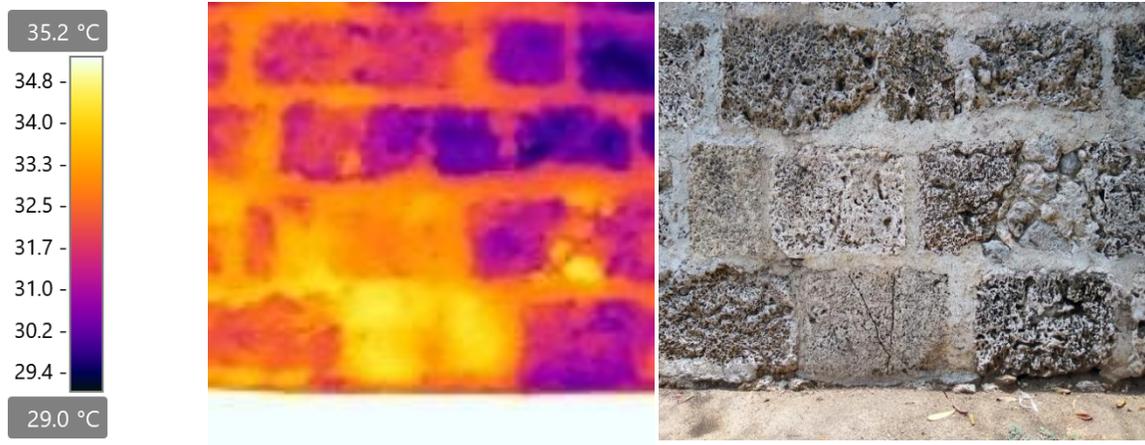


Ilustración 74. Termografía de la patología #5 con respecto a las piedras aledañas

IR_0356.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.8	File name	IR_0356.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	45 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	29.3 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	49.3 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	32.9°C	Coordinates	10°25'17.09" N 75°33'08.34" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 68. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a las piedras aledañas

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura superficial que tenían las piedras aledañas debido a la radiación solar con las que ellas entran en contacto en el día. Se puede observar que la piedra de estudio difiere en temperatura debido a que esta puede que tenga menos edad a comparación de las que se encuentran a su alrededor.



Ilustración 75. Termografía de la patología #5 con respecto a la fisura

IR_0357.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.8	File name	IR_0357.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	39 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	31.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	35.4 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	33.4°C	Coordinates	10°25'17.09" N 75°33'08.34" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 69. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a la fisura

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura interna que presentaba la fisura. Se puede apreciar que hay poco desplazamiento en ella debido al poco espacio de penetración que tiene la radiación solar. Esta fisura crea el ambiente propicio para un agente invasivo ya sea flora o un vector que afecte el saneamiento en ese sector de la muralla.

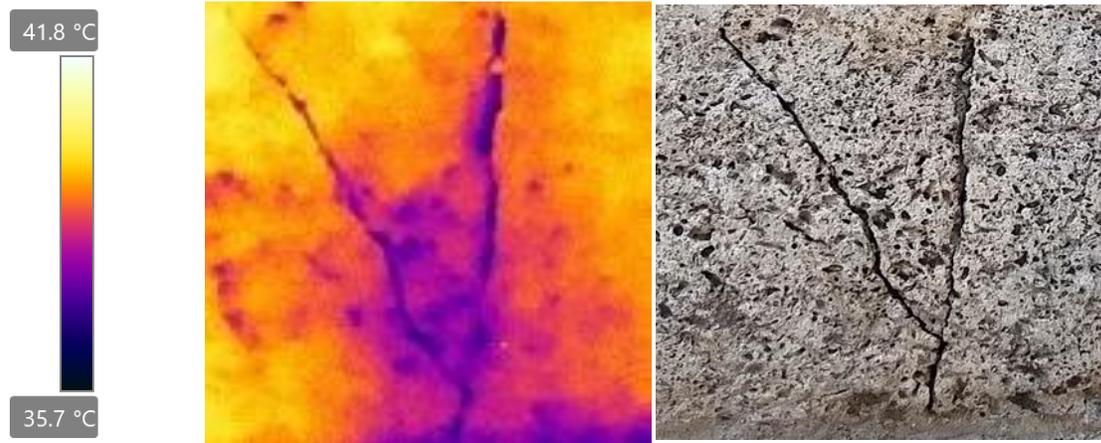


Ilustración 76. Termográfica de la patología #5 de manera superficial

IR_0358.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0358.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	40 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	36.2 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	40.7 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	38.4°C	Coordinates	10°25'17.09" N 75°33'08.34" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 70. Datos termográficos de la patología #5 de manera superficial

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura que emitía la piedra superficialmente. Con el fin de comprobar el diferencial de temperatura obtenido de la imagen termográfica anterior, cabe destacar que de manera superficial se pudo apreciar más los orificios en donde se abrió camino la fisura de la piedra de estudio, además de hallar otros orificios de igual temperatura que la fisura.

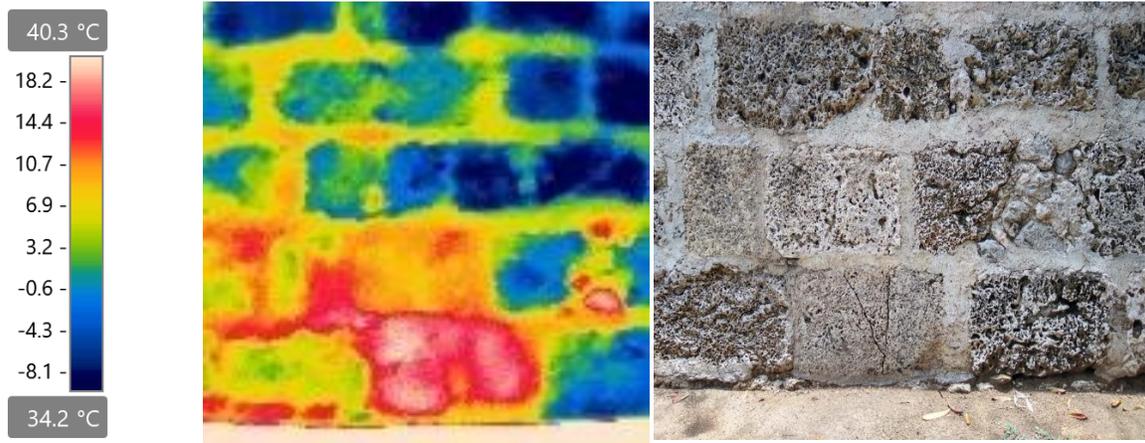


Ilustración 77. Termográfica de la patología #5 con respecto a la piedra

IR_0359.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0359.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	49 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	33.4 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	54.7 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	37.9°C	Coordinates	10°25'17.09" N 75°33'08.34" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 71. Datos termográficos de la patología #5 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura de la piedra, con la finalidad de encontrar piedras aledañas de igual característica que la piedra de estudio en base a su capacidad de recepción de la radiación solar. No se halló alguna parecida salvo la argamasa que era de similares características.

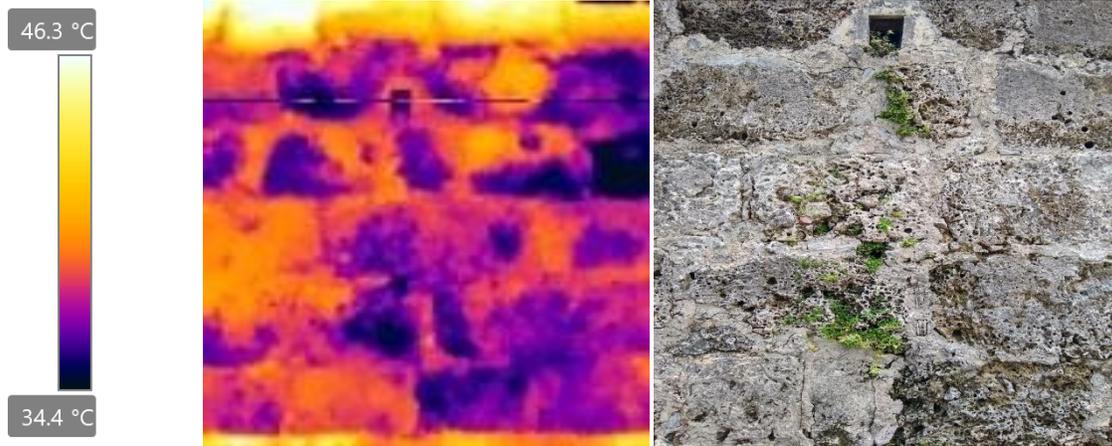


Ilustración 78. Termográfica de la patología #9 con respecto a la flora invasiva

IR_0361.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0361.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	48 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	-40.0 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	49.0 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	38.4°C	Coordinates	10°25'17.21" N 75°33'08.95" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 72. datos termográficos de la patología #9 con respecto a la flora invasiva.

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura que emitía la flora invasiva, se destacó que en las piedras aledañas se puede expandir la flora debido a la temperatura similar que se encontraban con respecto a la piedra de estudio.

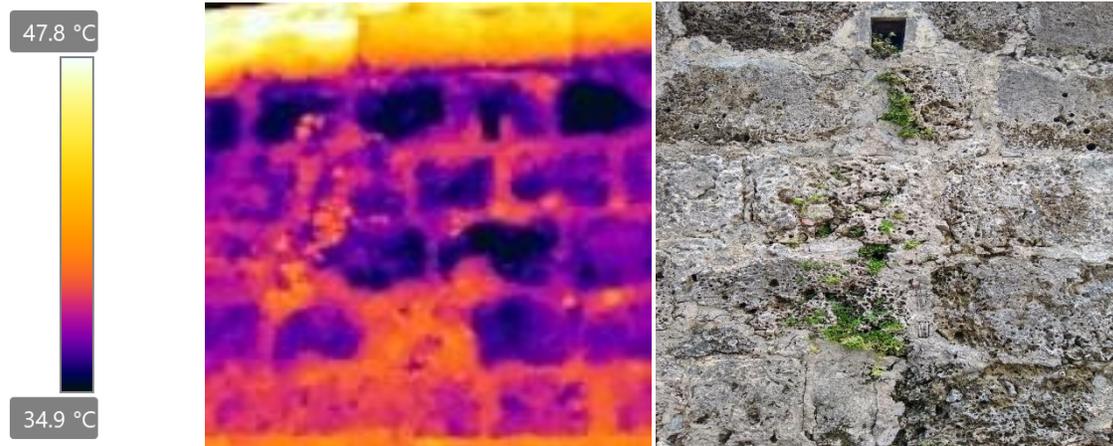


Ilustración 79. Termográfico de la patología #9 con respecto a la piedra

IR_0362.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0362.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	48 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	26.2 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	50.5°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	37.3°C	Coordinates	10°25'17.21" N 75°33'08.95" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 73. Datos termográficos de la patología #9 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la piedra, aquí se evidencia más el hecho que la roca de estudio propicia el ambiente para la flora invasiva. Esta flora invasiva se podría expandir al lado derecho de la piedra más que el lado izquierdo, esto se debe a que la temperatura más baja similar a la flora se encuentra en el lado derecho. Lo anterior puede darse explicación por la duración de la exposición a la radiación solar.

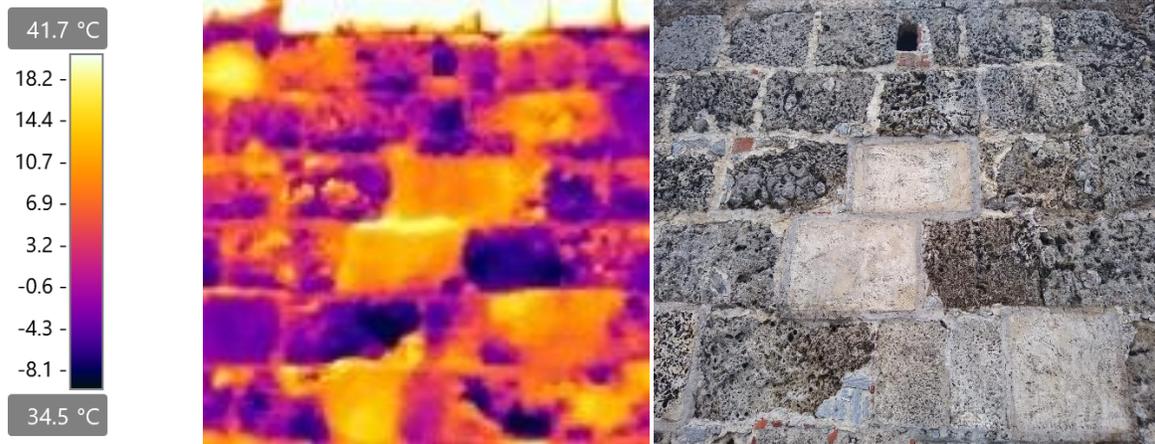


Ilustración 80. Termográfica de la patología #18 con respecto a las piedras aledañas

IR_0366.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0366.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	50 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	34.3 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	47.1°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	41.3°C	Coordinates	10°25'19.50" N 75°33'11.11" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 74. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a las piedras aledañas

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura de las piedras aledañas a las piedras de estudio. Se identifica que son de edad más joven a comparación de las demás lo que hace destacar su diferencial de temperatura alta con respecto a las demás.



Ilustración 81. termográfico de la patología #18 con respecto a la piedra

IR_0367.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0367.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	50 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	34.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	47.5 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	39.4°C	Coordinates	10°25'19.50" N 75°33'11.11" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 75. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a las piedras de estudio contra las piedras aledañas. Debido a su joven edad se puede apreciar la baja porosidad que presentan con respecto a las aledañas, haciendo que tengan más superficie para la absorción de radiación solar.

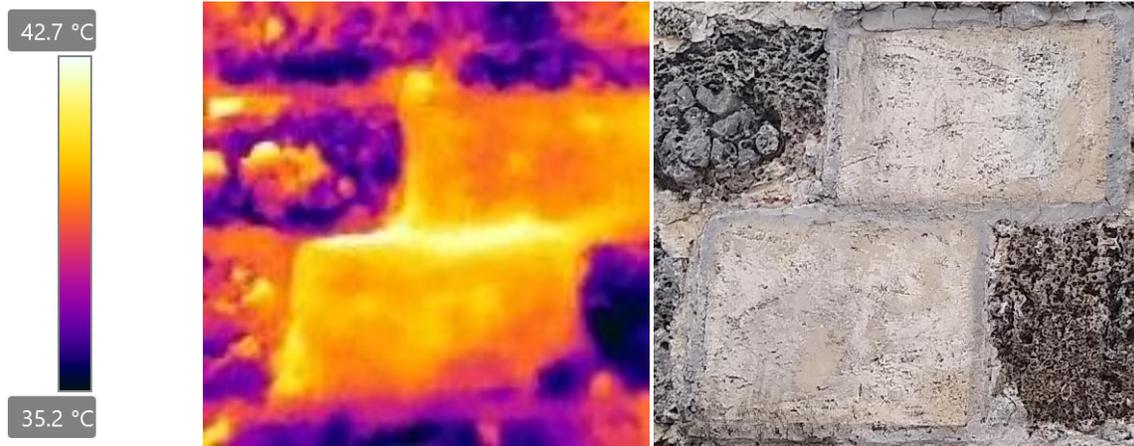


Ilustración 82. Termográfico de la patología #18 con respecto al concreto

IR_0369.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0369.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	45 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	34.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	43.9 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	41.0°C	Coordinates	10°25'19.50" N 75°33'11.11" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 76. Datos termográficos de la patología #18 con respecto a al concreto

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto al concreto usado como argamasa. Se aprecia de manera contundente que es mucho más compacto que la piedra de estudio y que la argamasa usada en las piedras aledañas haciendo que tenga más capacidad de recibir radiación solar con respecto a los otros materiales.



Ilustración 83. Termográfica de la patología #20 con respecto a las piedras aledañas

IR_0371.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0370.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	50 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	34.5 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	58.2 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	36.7°C	Coordinates	10°25'20.11" N 75°33'11.08" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 77. Datos termográficos de la patología #20 con respecto a las piedras aledañas

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura que presentan las piedras aledañas. Se presenta el mismo caso que la patología anterior debido a que la piedra de estudio y las de su alrededor tienen el mismo diferencial de temperatura, además de que presentan que su argamasa es de concreto.

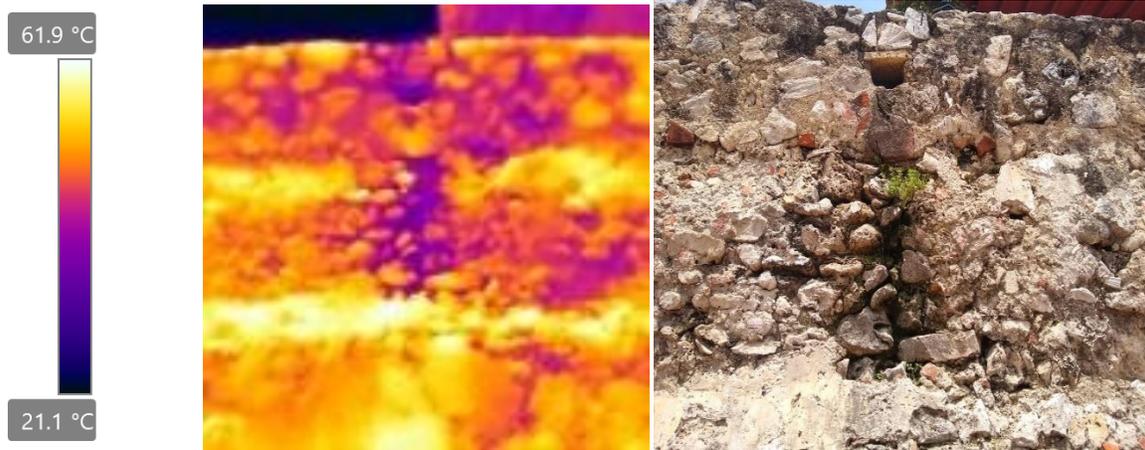


Ilustración 84. Termográfica de la patología #22 con respecto a la piedra

IR_0373.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0373.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	52 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	20.8 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	65.0°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	48.5°C	Coordinates	10°25'17.99" N 75°33'09.08" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 78. Datos termográficos de la patología #22 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura de la piedra. Este diferencial es el más alto que hay por la constante presencia de humedad provocada por las constantes descargas de aguas producida por la cocina que está presente en el baluarte. Además de eso las piedras aledañas son muy similares con respecto a la piedra de estudio.

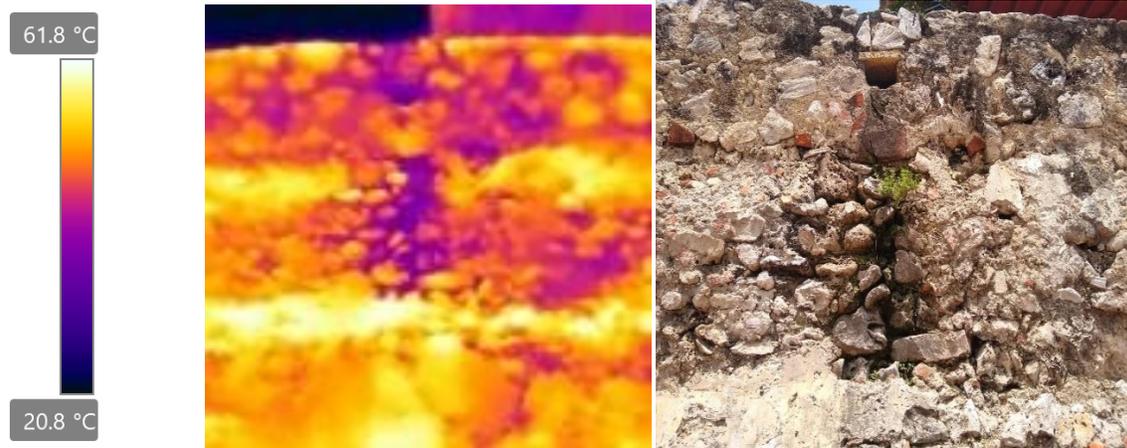


Ilustración 85. Termográfica de la patología #22 con respecto a la flora invasiva.

IR_0374.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0374.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	52 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	20.6 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	64.7°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	49.7°C	Coordinates	10°25'17.99" N 75°33'09.08" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 79. Datos termográficos de la patología #22 con respecto a la flora invasiva

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura de la flora invasiva, esto incremento la baja temperatura. La humedad presente en la patología ha provocado una cierta erosión producida por el caudal de agua producida por el restaurante. El diferencial de temperatura se debe a que la mayor cantidad de radiación solar es recibida en ese punto geográfico con respecto a los otros puntos del baluarte.

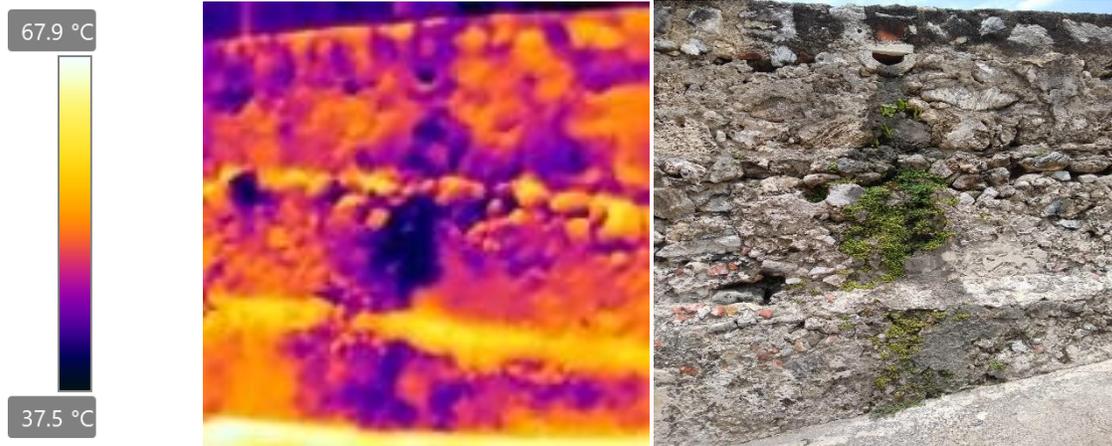


Ilustración 86. Termográfica de la patología #26 con respecto a la piedra

IR_0376.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0376.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	53 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	33.6 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	69.3°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	40.5°C	Coordinates	10°25'18.13" N 75°33'09.80" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 80. Datos termográficos de la patología #26 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la roca de estudio. Este es el segundo de los diferenciales más altos de temperatura debido a la cantidad de humedad que presenta debido al caudal de agua producido en menor cantidad con respecto a la patología anterior teniendo la particularidad que se presenta más flora invasiva.

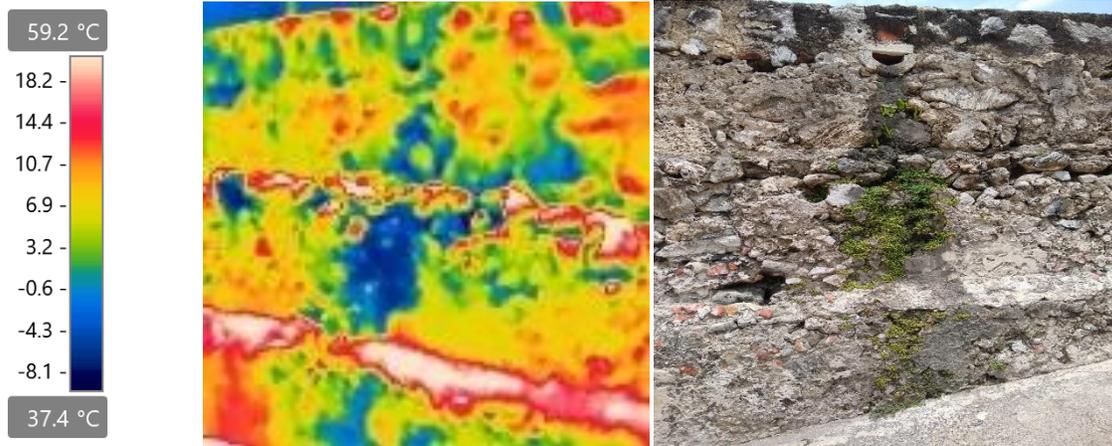


Ilustración 87. Termográfica de la patología #26 con respecto a la flora invasiva

IR_0377.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0377.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	58 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	38.2 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	67.2°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	39.1°C	Coordinates	10°25'18.13" N 75°33'09.80" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 81. Datos termográficos de la patología #26 con respecto a la flora invasiva

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la flora invasiva, se denota las diferentes características de los materiales aledaños debido a los muchos variables de temperatura que tiene. Se resalta la erosión de iguales características de la patología anterior con la salvedad de presentar desprendimiento transversal al recorrido del caudal del agua, pero en este se recibe alta radiación que posiblemente evite la proliferación de flora en el lugar.

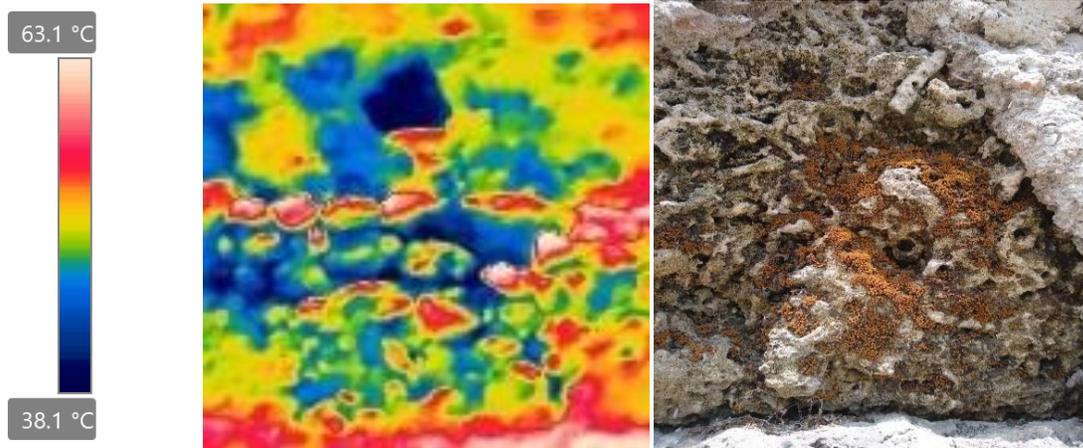


Ilustración 88. Termográfica de la patología #27 con respecto a las piedras aledañas

IR_0378.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0378.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	58 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	37.3 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	67.3°C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	38.6°C	Coordinates	10°25'18.26" N 75°33'10.27" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 82. Datos termográficos de la patología #27 con respecto a las piedras aledañas

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a las piedras aledañas. Este termográfico, es el tercer diferencial más alto a comparación de las patologías estudiadas. Lo anterior se debe a que la piedra de estudio estaba en estado de humedad constante además de que tenía el hongo en estado de muerte prematura lo cual tenía color naranja. La humedad posiblemente era debido a la cercanía de una canaleta del restaurante.

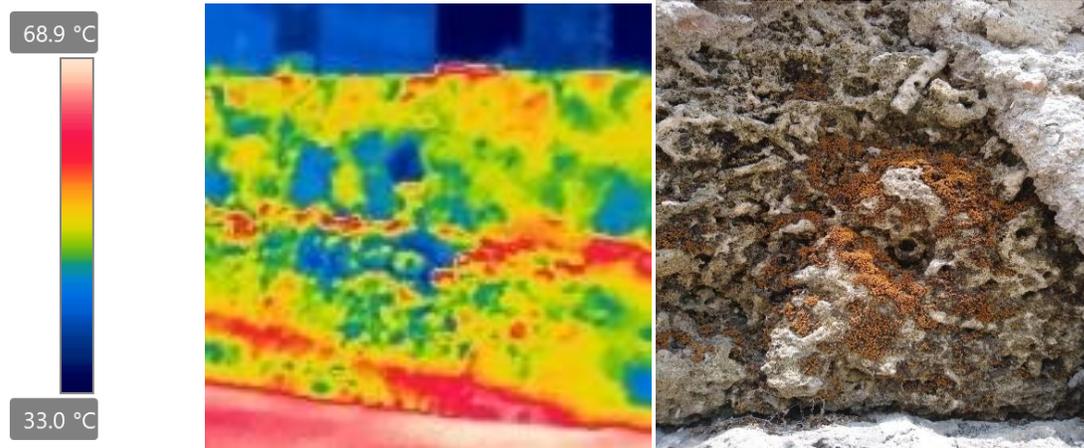


Ilustración 89. Termográfica de la patología #27 con respecto a la flora invasiva

IR_0379.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0379.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	55 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	32.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	69.5 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	55.1°C	Coordinates	10°25'18.26" N 75°33'10.27" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 83. Datos termográficos de la patología #27 con respecto a la flora invasiva

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la flora invasiva que presentaba la roca. Se puede apreciar aún más el estado de humedad que esta presenta, la piedra de estudio además de su cercanía a la canaleta, se destaca que estaba incrustada y era poca sobresaliente superficialmente con respecto a las piedras aledañas.

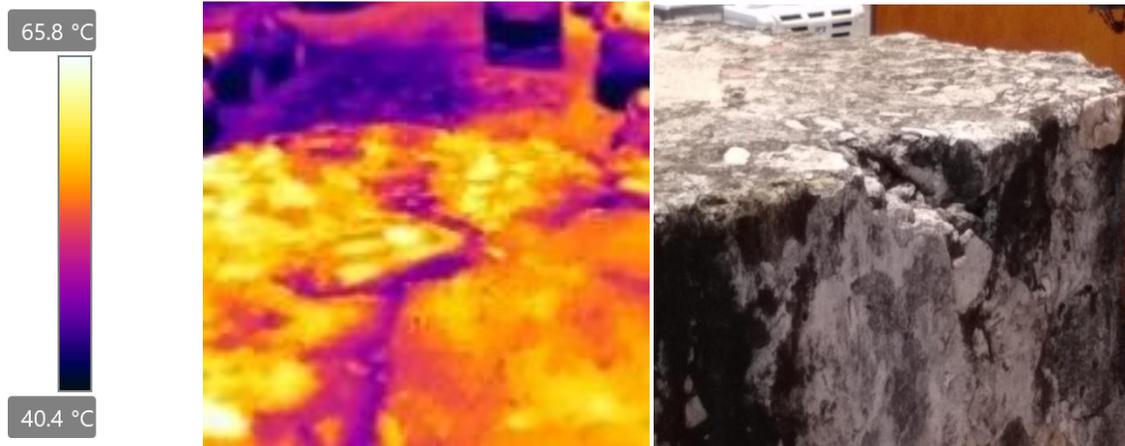


Ilustración 90. Termográfica de la patología #31 con respecto a la piedra

IR_0380.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0380.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	51 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	37.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	67.1 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	58.2°C	Coordinates	10°25'19.88" N 75°33'10.53" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Tabla 84. Datos termográficos de la patología #31 con respecto a la piedra

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la piedra, se puede apreciar que es más factible que pueda recibir más radiación solar de una parte debido a la forma cóncava que tiene. Puede proliferar flora invasiva en la piedra de estudio debido a su cercanía de la mancha negruzca.

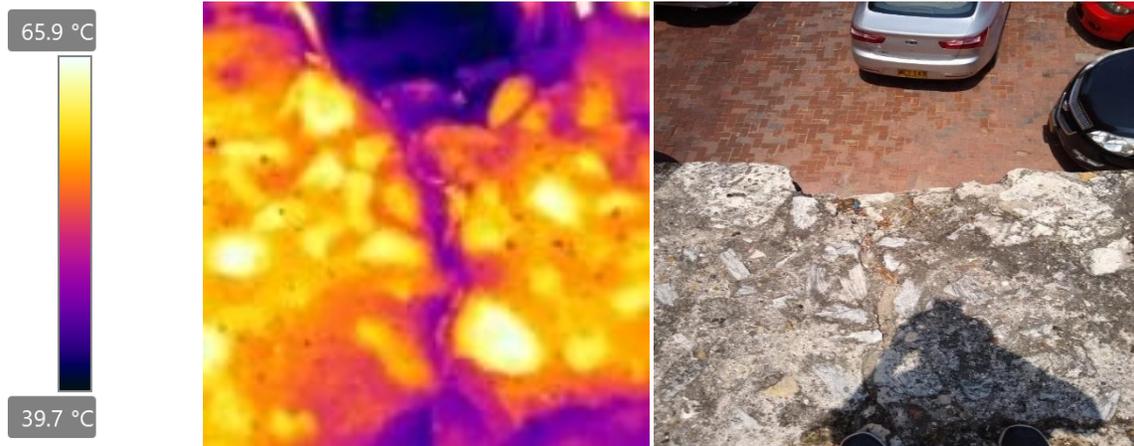


Ilustración 91. Termográfica de la patología #31 con respecto a la fisura

IR_0381.jpg

601036431

Parameters		File information		Camara information	
Emissivity	0.6	File name	IR_0381.jpg	Camera model	FLIR_i7
Distance	1.0m	File size	50 KB	Lens	FOL7
Reflected temp.	20.0°C	Width	140	Camera serial	601036431
Atmospheric temp	20.0°C	Height	140	Filter	-
Relative humidity	50.0%	Minimum temp.	38.9 °C	Range max.	250.0 °C
Ext. optics temp.	20.0°C	Maximum temp.	71.6 °C	Range min.	0.0 °C
Ext. optics trans.	1.00			Field of view	29.78
Measurements		Geolocation			
Sp1	52.6°C	Coordinates	10°25'19.88" N 75°33'10.53" O		
		Compass degrees	+/- 3m		

Ilustración 92. Datos termográficos de la patología #31 con respecto a la fisura

TEST ANNOTATIONS

La imagen termográfica fue tomada en base a la temperatura con respecto a la fisura que presenta la patología. Esta imagen revelo que la fisura se detenía en la forma cóncava de la patología. Se presume que a partir de la fisura se presentó el desprendimiento del material. Esta presenta una profundidad considerable.

6.6. PROPUESTA DE INTERVENCION PARA EL BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER

Según el estudio anterior y su análisis se proponen las siguientes medidas de mitigación para las patologías que presenta el baluarte de san Francisco Javier.

6.6.1. Tramo 1.

Para el tramo 1 cuya longitud de estudio es de 62 mts lineales, escarpa, en su gran mayoría se evidencia la patología de caries superficial, además de esto se denota una fisura longitudinal y a pesar del mantenimiento de limpieza que hicieron en el mes de abril aún persiste la degradación por segregación humana en forma de orín. Para este caso lo se recomienda la limpieza en seco con cepillo de celdas naturales, el sellado con argamasa propiciando así una acción de mitigación para los ataques naturales a la roca misma, se recomienda mayor vigilancia en la zona en horas nocturnas debido a la poca luz que se presenta y sobre todo la instalación de un baño público y usar neutralizadores de orín para mejorar el ambiente de la cocina del baluarte san Francisco Javier.

6.6.2. Tramo 2.

Para el tramo 2 cuya longitud de estudio es de 51 mts lineales, escarpa, en su gran mayoría se evidencia la patología de caries superficial, además de esto se denota la abundancia de flora invasiva verde y a pesar del mantenimiento de limpieza que hicieron en el mes de abril aún persiste la flora invasiva pero esta se prolifera a mayor ritmo debido a que tiene el ambiente propicio para expandirse. Para este caso lo se recomienda la limpieza en seco, de manera manual para devastar la flora y luego con cepillo de celdas naturales, después el sellado con argamasa propiciando así una acción de mitigación para los ataques naturales a la roca misma.

6.6.3. Tramo 3.

Para el tramo 3 cuya longitud de estudio es de 44 mts lineales, escarpa, en su gran mayoría se evidencia la patología de caries superficial, además de esto se denota perdidas de juntas de las piedras y con el mantenimiento de limpieza que hicieron en el mes de abril se evidencia una mejoría debido a la remoción de manchas negras. Para este caso lo se recomienda el sellado con argamasa propiciando así una acción de mitigación para los ataques naturales a la roca misma y evitando la proliferación de manchas negras.

6.6.4. Tramo 4.

Para el tramo 4 cuya longitud de estudio es de 69 mts lineales, escarpa e inicio de la contraescarpa, se evidencia la patología de caries superficial y socavación por agua, además de esto se denota la abundancia de flora invasiva verde y esta se prolifera a mayor ritmo debido a que tiene el ambiente propicio además de húmedo para expandirse. Para este caso lo se recomienda la limpieza en seco, de manera manual para devastar la flora y luego con cepillo de cerdas naturales, después el sellado con argamasa propiciando así una acción de mitigación para los ataques naturales a la roca misma y alargar el desagüe de la cocina para evitar la socavación y la perdida de juntas por caída del agua., y mejorar el declive con más pendiente del desagüe y su limpieza para evitar el estancamiento. Para la garita, se indica la perdida de pañete en la parte superior, a este caso se recomienda integrar y colocar el pañete apropiado.

6.6.5. Tramo 5.

Para el tramo 5 cuya longitud de estudio es de 73 mts lineales, contraescarpa, se evidencia la patología de caries superficial, fisuras, manchas negras, naranjas y verdes, desprendimiento socavación por agua, además de esto se denota la abundancia de flora invasiva verde y esta se prolifera a mayor ritmo debido a que tiene el ambiente propicio



además de húmedo para expandirse. Para este caso lo se recomienda la limpieza en seco, de manera manual para devastar la flora y luego con cepillo de cerdas naturales, después el sellado con argamasa propiciando así una acción de mitigación para los ataques naturales a la roca misma y alargar el desagüe de la cocina para evitar la socavación y la pérdida de juntas por caída del agua., y mejorar el declive con más pendiente del desagüe y su limpieza para evitar el estancamiento. Además, se recomienda mayor vigilancia en la zona en horas nocturnas debido a la poca luz que se presenta y sobre todo la instalación de un baño público y usar neutralizadores de orín y en ciertos puntos que son las patologías 26,27,28 y 31 se tiene que devastar la roca e integrar nuevo material para apaciguar el daño.

7. CONCLUSIONES

Luego de realizado el estudio del baluarte San Francisco Javier se tiene las siguientes conclusiones:

- Para el estudio anterior se identificó las patologías que competen al baluarte San Francisco Javier del cordón amuralla. De esta manera se denota que la zona del restaurante, específicamente donde se encuentra la parte de la cocina del caso de estudio es más propensas al deterioro avanzado debido a que se obtuvo valores de resistencia bajos y de connotación de débil, además de que el proceso de desgaste es evidente de manera visual.
- Se logró distinguir que, entre las patologías del baluarte, la que tiene más frecuencia a manifestarse sobre todo en la escarpa es la caries superficial de la roca, lo cual se debe al desgaste natural de la roca, los efectos que tiene el clima sobre ella y los contaminantes que están en el medio ambiente de ella.
- La caries superficial da paso a la segunda patología de mayor frecuencia que son las manchas negruzcas, estas se presentan debido a que esta tiene origen en unas poblaciones de hongos que se alojan en los orificios de las piedras. Al tener condiciones de humedad, vientos y ambiente salino por su cercanía al mar, crea el ambiente para que se proliferen de manera verdosa y en capas que con el tiempo y los factores actuales de la muralla hacen que terminen pereciendo lo cual genera la capa negra.
- Para la implementación del ensayo no destructivo de ultrasonido presenta un estimado de resistencia promedio de 204,9 Kg/cm², de esta manera se clasifica como moderadamente resistente. Este ensayo a consideración del autor resulta ser poco confiable debido a la discontinuidad del material y su porosidad propia haciendo que la onda emitida por el equipo se dispersada, además de esto se realizó de manera semidirecta sobre el material.
- También se hizo una comparación con el resultado de ultrasonido y el estudio que tiene por título “CONVENIENCIA DEL USO DE LA PIEDRA CALIZA Y LA

ARGAMASA EN LOS PROCESOS DE RESTAURACION DE LA ESCARPA EN LAS MURALLAS DE CARTAGENA DE INDIAS.” (Adalberto Rafael Coronado Reyes y José Daniel Cogollo Galindo, 2015), en el cual tuvieron una resistencia promedio de 108,63 Kg/cm², estos resultados son tomados del tramo que comprende el baluarte San Pedro Mártir y las bóvedas; con lo anterior y los resultados promedio del presente estudio que son de 204,9 Kg/cm², se expone una gran discrepancia entre los resultados realizados de ultrasonido de ambos estudios.

- Se hizo una comparación mas precisa con el articulo que lleva por titulo “ESTUDIO TÉCNICO: BATERÍA SAN JOSÉ DE BOCACHICA EN CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA” (ARNOLDO BERROCAL OLAVE), en e cual tuvieron una resistencia de 53,1 Kg/cm² a la compresión de piedra coralina, 80 Kg/cm² para la mampostería mixta, 79,1 Kg/cm² para el concreto a base de cal, 52 Kg/cm² para la mezcla entre el concreto y la coralina y para el ladrillo obtuvieron 21,1 Kg/cm². Esto magnifica la discrepancia del aparato debido a que el fuerte de san José es por mucho una fortificación que tiene mucha similitud con el baluarte debido a su antigüedad y persona encargada de construirla, Juan de Herrera y Sotomayor. Se denota mas que todo que los resultados por el método de ultrasonido arroja valores del orden que duplican y superan por mucho los 204,9 Kg/cm² del baluarte san Francisco Javier.
- Las piedras de menos edad estás son capaces de recibir más radiación solar, esto se debe a que la superficie del material es mucho más compacta lo cual hace que no tenga mucha porosidad, brindándole mucha más área superficial en la que llegan los rayos del sol, se evidencia más que todo en su capacidad de tener más temperatura que las piedras con presencia de caries superficial.
- Después del mantenimiento, se produjo una alta proliferación de flora invasiva en puntos geográficos donde hay mucho caudal del agua y abundantes caires superficial. Se debe a que el mantenimiento que se hizo solo fue un cepillado con celdas artificiales a la superficie de la muralla, esto hace que se remueva la mancha



negruzca y por no tener un bloqueador de humedad se pueda expandir la flora a esos puntos donde tiene libre espacio.

- En base al estudio termográfico se denoto diferenciales de temperatura con respecto al caso de estudio, haciendo posible identificar a los diferentes materiales que tiene esta parte de la muralla, más específicamente distinguiendo material moderno con antiguo. Esto adquiere relevancia por el contraste que causa el concreto usado como argamasa y las piedras nuevas a comparación de las piedras antiguas y su argamasa.

8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que por lo menos en la zona del restaurante, en la parte de los comensales y en el lugar donde reside la cocina, hacer de manera inmediata la limpieza en seco y húmeda. Con el fin de tener una mejor salubridad y brindarle mejor uso al baluarte de manera turística. Luego aplicar bloqueadores de humedad que no reaccionen con la roca, de esta manera se dará más longevidad al material y no propiciar el ambiente que desarrolle la mancha negra. Después Sellar con argamasa para dificultar la proliferación de flora invasiva y locación de hongos que producen la mancha negruzca.
- Se sugiere la implementación de un baño público portátil y aumentar la actividad de vigilancia para evitar en su gran mayoría la de degradación de las rocas en la junta producto de orín humano.
- Se aconseja mejorar el declive de los desagües de la escarpa ya que en temporada de lluvias proporciona un lugar de estancamiento de agua salubre haciendo que se prolifere población bacteriana.
- Se propone usar la implementación del ensayo de pistola Windsor, para la obtención de resultados más confiables de la resistencia a la compresión, esto se debe a que la prueba de designación de calidad de la roca (RQD) es muy invasiva y destructiva, además después de su implementación se requieren reparaciones. Por su parte la pistola de Windsor es poco invasiva y se puede sellar con argamasa después de retirado el espécimen que esta dispara.
- Se plantea el seguir realizando los ensayos termográficos en el cordón amurallado, con la finalidad de tener muchos puntos de comparación en la muralla ya que no hay muchos precedentes de este ensayo con respecto al cordón amurallado y de esta manera identificar materiales que la componen y los posibles vacíos que se puedan obtener.



PLAN DE INTERVENCIÓN DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS



- Se recomienda devastar la flora invasiva localizada a tres cuartos de altura de la muralla con respecto al piso, con el fin de que no se siga propagando en las piedras aledañas a las piedras de estudio ya que esto afectaría directamente en la integridad de las piedras.
- Se sugiere un mejor mantenimiento e implantación de piedras, debido a que se está realizando con concreto ciclópeo y el contraste de lo moderno y antiguo es muy evidente en el baluarte de estudio. Además, que el mantenimiento debe ser realizado con cepillo de cerdas naturales de esta manera se evita la erosión por fricción entre el cepillo y la piedra de limpieza.

9. BIBLIOGRAFIA

- Rivva L, E. (2006). Durabilidad y Patología.
- Puentes Cardenas, G. S. (junio de 2007). Patología de la construcción en mampostería y hormigón. Patología de la construcción en mampostería y hormigón. Sangolqui, Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Sebastián Pardo, E. M., Cultrone, G., Garibaldi, V., Rodríguez Navarro, C., Valverde, I., & De La Torre, M. J. (enero-junio de 2008). La Caliza de Sierra Elvira: comportamiento petrofísico de una piedra significativa del Patrimonio Arquitectónico Andaluz. *Materiales de construcción*, 58, 51 a la 63. Recuperado el 26 de Oct de 2014, de DIALNET PLUS (<http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/articulo?codigo=2593857>)
- Sociedad de mejoras públicas de Cartagena. (2014). Manual de uso temporal y aprovechamiento económico... CARTAGENA.
- Rhenal, L., & Santos, L. (2012). ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL ROCOSO QUE CONSTITUYE LA ESTRUCTURA DE LAS MURALLAS DE CARTAGENA Y EL UTILIZADO PARA SU RESTAURACIÓN Y REHABILITACIÓN. Cartagena.
- Norma INV E-219 (INVIAS, 2007)
- Rodríguez Polito, J. (s.f.). Restauración y Degradación de Monumentos Históricos.
- MARIA JOSE TORRES MONTEALEGRE, L. B. (2002). ESTUDIO DE LA MURALLA DE TALAVERA DE LA REINA: DETERIORO Y RESTAURACION. Recuperado el 26 de 9 de 2014, de <http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/2183/10609/1/HC%2060.pdf>
- ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LOS PARAMENTOS DE LA MURALLA ALMOHADE DE SEVILLA TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA PUERTA DE LA MACARENA Y EL JARDÍN DEL VALLE (Calama & Canivell, 2006) <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4500459>
- OLIVEROS JIMENEZ, M. (2011). EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD SISMICA Y VIBRACIONAL DE LAS MURALLAS DE CARTAGENA DEL SECTOR QUE COMPRENDE DESDE EL HOTEL SANTA CLARA HASTA EL CLAUSTRO DE LA MERCED DE LA CUIDAD DE CARTAGENA DE INDIAS. CARTAGENA. Otto valle, o. r. (22 de septiembre de 2010). monitoreo e indicadores. Recuperado el 06 de 11 de 2014, de <http://www.oei.es/idie/mONITOREOEINDICADORES.pdf>
- “EVALUACIÓN PATOLÓGICA Y DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL FUERTE BATERÍA DE SAN JOSÉ DE BOCACHICA”. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5560490.pdf>

- JEINER NAVARRO, & G. (2014). EVALUACION PATOLOGICA Y DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL FUERTE DE SAN FERANDO DE BOCACHICA. CARTAGENA
- Logsdon, T. S. (09 de 2014). sistema de posicionamiento global. Recuperado el 23 de 10 de 2014, de <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2127/eds/detail/detail?sid=29d3e069-d432-407f-b09f->
- PATOLOGIA+CONSTRUCCION+REHABILITACION. (s.f.). Obtenido de resistencia del hormigón con martillo de rebote : <http://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-medianteesclerometro-o-indice-de-rebote-1>
- MÓRELO, J. (2015) PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS EN LOS CASOS DE ESTUDIO DE BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER
- ARIZA, P. (2015) PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS EN LOS CASOS DE ESTUDIO - BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER- TORRE DEL RELOJ
- DÍAZ, L. & MÉNDEZ, J. (2015) PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS EN LOS CASOS DE ESTUDIO BALUARTE SAN PEDRO MARTIR HASTA EL BALUARTE DE LA MERCED
- BERROCAL OLAVE, A. (2016). ESTUDIO TÉCNICO: BATERÍA SAN JOSÉ DE BOCACHICA.
- EN CARTAGENA DE INDIAS, COLOMBIA
- https://www.argos.co/media/colombia/images/concreto_normal_v3-2013.pdf
- Torok, A., & Prikryl, R. (1 de octubre de 2010). ScienceDirect. Recuperado el 21 de agosto de 2014, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013795210001213>
- Balado Piedra, E. J., & Flores Valdés, E. (2004). ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA DISOLUCIÓN KÁRSTICA Y LA. VII CONFERENCIA INTERNACIONAL, (pág. 10). Cuba.
- FORTIFICACIONES DE CARTAGENA DE INDIAS- RODRIGO ALFARO PAG 29.
- Procedimientos de restauración y materiales, Ricardo Prado
- [file:///C:/Users/kymberly%20- /Downloads/edificacion%20eficiencia%20y%20peritacion.pdf](file:///C:/Users/kymberly%20-/Downloads/edificacion%20eficiencia%20y%20peritacion.pdf)

10. ANEXOS.



Ilustración 93. Ensayo termográfico 1



Ilustración 94. Ensayo termográfico 2.