



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL
CORDON AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE
CARTAGENA DE
INDIAS**

**CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO
JAVIER**



JAVIER HERNANDO MORELO GONZALEZ

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
2015**

TRABAJO DE GRADO



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL
CORDON AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE
CARTAGENA DE INDIAS**

**CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO
JAVIER**

**INVESTIGADOR:
JAVIER HERNANDO MORELO GONZALEZ**

**DIRECTOR:
MSC. JORGE ÁLVAREZ CARRASCAL.**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN:
ESCONPAT**

**LÍNEA:
GESTION Y CONSERVACION DEL PATRIMONIO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTA DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
2015**



NOTA DE ACEPTACION

_ Firma del director
JORGE ALVAREZ CARRASCAL

_ Firma del jurado
MODESTO BARRIOS FONTALVO

_ Firma del jurado
WALBERTO RIVERA



AGRADECIMIENTOS

Ante todo quiero agradecerle a Dios por ser mi guía, fortaleza y darme la sabiduría para no desfallecer durante toda mi formación profesional ni en ningún aspecto de mi vida. A mis padres Javier Morelo y Anedia González, quienes siempre me ha brindado su amor, apoyo y se han sacrificado por verme crecer en todo aspecto de mi vida, a mis hermanos José e Isabel por su apoyo durante toda mi etapa universitaria. A Darío porque sé que desde el cielo me cuida en todo momento. También quiero agradecer a todos mis amigos y familiares que siempre han estado presentes en mi vida y me han animado para no desfallecer en ninguno de mis objetivos, por último a todos mis docentes, que durante el desarrollo de mi carrera fueron pieza fundamental para convertirme en lo que soy hoy, solo tengo para decirle a todos Muchas Gracias.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
INTRODUCCION	3
1. OBJETIVOS	4
1.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
2. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1 MARCO HISTORICO	5
2.2 MARCO TEORICO	7
2.2.1 Patología	7
2.2.2 Patologías Que Aparecen Por Defectos	7
2.2.3 Patologías Causadas Por Daño.....	7
2.2.4 Patología Producto Del Deterioro De La Estructura.....	7
2.2.5 Grietas Y Fisuras.....	8
2.2.6 Factores Que Afectan El Proceso De Deterioro	9
2.2.7 Agresividad Del Medio Ambiente	10
2.2.8 Ataques Físicos	10
2.2.9 Ataques Biológicos	11
2.2.10 Meteorización	13
2.2.11 Alteración De Conjuntos De Piedra o Mal de la Piedra	13
2.2.12 Corrosión.....	13
2.2.13 Descomposición.....	13
2.2.14 Descohesión	13



PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN
AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER



2.2.15	Planeamiento y definición de ensayos.....	13
2.2.16	Método de Esclerómetro o Martillo de Schmidt.....	16
2.2.17	Sistema de posicionamiento global.....	17
2.2.18	Segmento espacial.....	18
2.2.19	Segmento de control	19
2.2.20	Segmento usuario.....	19
2.3	ESTADO DEL ARTE.....	20
2.3.1	Antecedentes	20
2.3.2	Internacional	22
3.	ALCANCE.....	27
3.1	RESULTADOS.....	27
3.2	DELIMITACION TEMPORAL	27
3.3	DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	27
3.4	ALCANCE CONCEPTUAL	29
3.5	LIMITACIONES	29
4.	METODOLOGIA.....	30
4.1	PRIMERA FASE	30
4.2	SEGUNDA FASE.....	30
4.3	TERCERA FASE.....	30
5.	RESULTADOS.....	32
5.1	ROCA EN BUEN ESTADO (PRUEBA TESTIGO).....	32
5.2	RESULTADOS DE ENSAYOS DE MATERIAL EXTRAIDO DE LA CANTERA COLONCITO Y CANTERA LA CONSTANCIA.....	33
5.3	REGISTRO PATOLOGICO.....	36
5.4	COMPARACION DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION	67



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON
AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



5.5	PLAN DE INTERVENCION DE PATOLOGIAS	68
6.	CONCLUSIONES	72
7.	ANEXOS	73
8.	BIBLIOGRAFÍA	82



TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Pérdida de masa en estructura.....	8
Ilustración 2- Tipos de fisuras de acuerdo a su grosor.....	8
Ilustración 3- Muralla afectada por acción de grietas.....	9
Ilustración 4- Eflorescencias presentes en una estructura.....	12
Ilustración 5- Tipos de Ensayos 1.....	15
Ilustración 6- Tipos de Ensayos 2.....	15
Ilustración 7- Esclerómetro o Martillo de Schmidt.....	16
Ilustración 8- Grafica de correlación entre Coeficiente de rebote y Resistencia a la Compresión.....	17
Ilustración 9- Vista Aérea de la Ciudad de Cartagena.....	28
Ilustración 10- TRAMO DE CORDON AMURALLADO A ESTUDIAR.....	28
Ilustración 11- Roca Testigo.....	32
Ilustración 12- Prueba de esclerometria Roca Testigo.....	33
Ilustración 13- Valores de Rebote y Resistencia del Material Obtenido en la Cantera Coloncito.....	34
Ilustración 14- - Valores de Rebote y Resistencia del Material Obtenido en la Cantera La Constancia.....	35
Ilustración 15- Patología #1.....	37
Ilustración 16- Patología # 2.....	38
Ilustración 17- Patología # 3.....	39
Ilustración 18- Patología # 4.....	40
Ilustración 19- Patología #5.....	41
Ilustración 20- Patología # 6.....	42
Ilustración 21- Patología # 7.....	43
Ilustración 22- Patología # 8.....	44
Ilustración 23- Patología # 9.....	45
Ilustración 24- Patología # 10.....	46
Ilustración 25- Patología # 11.....	47
Ilustración 26- Patología # 13.....	49



Ilustración 27- Patología # 14	50
Ilustración 28- Patología # 15	51
Ilustración 29- Patología # 16	52
Ilustración 30- Patología # 17	53
Ilustración 31- Patología # 20	56
Ilustración 32- Patología # 21	57
Ilustración 33- Patología # 23	59
Ilustración 346- Patología # 24	60
Ilustración 35- Patología # 28	64
Ilustración 36- Patología # 29	65

RESUMEN

Desde 1991 Cartagena de Indias es considerada Distrito Turístico y Cultural más importante de país. Por su herencia arquitectónica y su disposición geográfica es calificada como una de las ciudades más hermosas del nuevo mundo. La ciudad posee dentro de sus principales destinos, lugares históricos como el castillo de san Felipe de Barajas, El Palacio de la Inquisición, La Torre de Reloj, El cordón Amurallado, las calles Coloniales además de lugares de mucha belleza natural como las Playas de la Boquilla, Boca grande, el Laguito y las cercanas Islas del Rosario y Tierra bomba. Debido a su herencia arquitectónica se hace 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.

Palabras Claves: Conservación, Patología, Patrimonio, Protección, Murallas.

ABSTRACT

Since 1991, Cartagena de Indias is the most important country considered Tourist and Cultural District. For its architectural heritage and its geographical layout is rated as one of the most



beautiful cities in the new world. The city has among its main destinations, historic sites such as the Castle of San Felipe de Barajas, the Palace of the Inquisition, the Clock Tower, the Laced Walled, besides the colonial streets of many natural beauty spots, as Beaches of La Boquilla, Boca Grande, the Laguito and nearby Islas del Rosario and Tierrabomba. Because of its architectural heritage preservation and protection is necessary, for this reason a study in which an intervention plan and monitoring, which consists of a visual inspection, a disease registry, geophysical and mechanical testing was performed was prepared the pathologies that significantly affect the walled cord. This study found that the structure has damaged much of its length, the more reason to worry about this global cultural asset. In this study some types of corrective treatment is proposed to improve the appearance and integrity of the walled cordon and thus ensure their protection, so that everyone continue to enjoy this cultural heritage.

Keywords: Conservation, Pathology, Heritage Protecting Walls.



INTRODUCCION

La muralla de Cartagena de Indias es la fortificación más completa de América del Sur y una de las mejores y más conservadas murallas de las ciudades amuralladas del mundo y ha sido declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, además es uno de los principales atractivos turístico que presenta esta ciudad. En los últimos años estos vestigios de la era colonial están siendo afectados por diversos factores que, tanto directa como indirectamente están atacando y deteriorando su integridad estructural, causando que se presente la posibilidad de que estos iconos que representan cientos de años de historia de la ciudad de Cartagena puedan desaparecer. (unesco, 2003)

Tanta es su importancia histórica que para la Universidad de Cartagena y su grupo de investigación CIENCIA Y SOCIEDAD es de principal trascendencia que se aúnen esfuerzos para su restauración y preservación.

Como una medida para mitigar el daño y deterioro al que se ven sometidos estos monumentos históricos se planteó dentro de la línea de investigación de Conservación y Consolidación de Monumentos, la realización de un proyecto que se titulara “**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS**” el cual pretende cooperar con la preservación de estos monumentos históricos, los cuales hacen parte importante de la cultura de la nación.

Este proyecto está planificado para realizarse en la ciudad de Cartagena de Indias capital del departamento de Bolívar ubicado al norte de la Republica de Colombia.

Por motivos de la viabilidad del proyecto se limitó el estudio de las patologías y la elaboración del plan de monitoreo al tramo de cordón amurallado comprendido entre el baluarte de La Merced y el baluarte de San Francisco Javier.

Este proyecto toma en cuenta una serie de estudios previos realizados en la ciudad como es el caso de *Vulnerabilidad Sísmica Y Patología Estructural De La Muralla Sector Bóvedas - Hotel Santa Clara Y Evaluación Patológica Y De Vulnerabilidad Sísmica Del Fuerte-Batería De San José De Bocachica*.

Se tiene pronosticado que este proyecto sea precursor en la realización de localización de patologías con Sistema de Posicionamiento Global para identificación de problemas que afecten los monumentos históricos de la ciudad y que la ciudad pueda contar con plan de intervención y monitoreo de los monumentos para su correcta conservación.



1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un plan de intervención y monitoreo de las patologías existentes en el cordón amurallado de Cartagena de Indias, mediante la realización de un inventario de patologías existentes con el fin de proponer una solución a cada caso. Caso de Estudio: Baluarte de La Merced – Baluarte San Francisco Javier.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, registrar y geo referenciar las distintas patologías que se presentan en el cordón amurallado en el tramo de estudio.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas del material constitutivo alrededor de los sitios donde se identifiquen las patologías.
- Proveer diagnóstico y soluciones a las posibles patologías encontradas en el cordón amurallado (cortinas y baluartes) definiendo el tipo de intervención.
- Elaborar un plan de intervención y monitoreo que registre las condiciones de las áreas afectadas por las patologías para verificar su evolución en el tiempo.



2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO HISTÓRICO

Para hablar de Cartagena de Indias hay que remontarse a la época precolombina, en la que habitaron los indios guerreros de la raza Caribe, que llegaron a Cartagena, según algunos datos, hace 600 años, quienes se constituyeron en los antepasados más cercanos de la región. Se caracterizaron por ser un grupo guerrero y trabajador. En la época de la conquista y colonia, entre los siglos XVI Y XVIII, dado su carácter guerrero fueron reducidos y expulsados. Desde 1503 hay referencia de expediciones españolas que desembarcaron, que vieron una posibilidad de hacer allí una fundación para aprovechar el buen puerto ofrecido por la bahía, pero la resistencia indígena lo dificultó. En la tercera década del siglo XVI se decidió planear un establecimiento permanente en la zona, por su excelente ubicación como puerto y ser acceso al interior, para lo cual se organizaron más expediciones, hasta que el 1 de junio de 1533, el español Pedro de Heredia, dio fundación a la ciudad de Cartagena de Poniente, para diferenciarla de Cartagena de Levante, en España, ambas con bahías muy similares.

Por su ubicación estratégica la nueva Cartagena de Indias, prontamente se convirtió en un lugar propenso a ser invadido por conquistadores de otras regiones, por lo cual la corona española decidió fortificarla, amurallando la ciudad para protegerla y defenderla. Al tener debilitada la población indígena local, trajeron esclavos africanos, quienes dejaron lo mejor de su trabajo para levantar las diferentes fortificaciones que rodearían a la ciudad, atendiendo las consideraciones militares de la época. La ciudad fue invadida muchas veces, dejada en ruinas, pero nunca lograron asentarse. Llegó a ser capital del nuevo Reino de Granada (hoy Colombia).

Después del periodo de la conquista, colonización, inquisición y evangelización, sucedido en toda América, comenzaron a inicios del siglo XIX los primeros intentos de independización de la corona española. Cartagena de Indias fue cuna de este movimiento y el 11 de



noviembre de 1811 se firmó el Acta de independencia absoluta de España, para lo cual pasaron 10 años para lograr la emancipación definitiva. Esta situación generó el intento de recuperarla, pero la fortaleza de su población negra, indígena, criolla, mestiza, zamba y mulata negó esta posibilidad. Por este esfuerzo y sacrificio fue reconocida con el título de la Ciudad Heroica”.

Después de la independencia total de la hoy Colombia y de todo el continente, en la época denominada republicana, la ciudad perdió interés tanto estratégico como comercial. Finalizando el siglo XIX, Rafael Núñez, cartagenero que durante esta época de “recesión” de Cartagena de Indias, fue elegido Presidente de la República, dirigió los destinos de la Nación desde la Heroica. Núñez fue uno de los Presidentes más representativos de la corta historia de Colombia. Promulgó la constitución política que rigió los destinos del país durante 114 años. En el siglo XX, Cartagena de Indias, reactivó su actividad económica, como puerto, siendo ingreso al interior de Colombia. En 1985 fue declarada por la UNESCO patrimonio cultural de la humanidad, lo cual la complementó su papel en la historia, lo que la hace hoy por hoy uno de los centros turísticos, políticos y comerciales de Colombia, América y el mundo. (WEEF 2013 - Cartagena, 2013)



2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 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)

2.2.2 Patologías Que Aparecen Por Defectos

Son aquellas relacionadas con las características intrínsecas de la estructura, son los efectos que surgen en la edificación producto de un mal diseño, una errada configuración estructural, una construcción mal elaborada, o un empleo de materiales deficientes o inapropiados para la obra. (Rivva L, 2006)

2.2.3 Patologías Causadas Por Daño

Son las que se manifiestan durante y/o luego de la incidencia de una fuerza o agente externo a la edificación. Los daños pueden ser producto de la ocurrencia de un evento natural, como un sismo, una inundación, un derrumbe, entre otros. Pero también pueden aparecer daños en las estructuras causados por el uso inadecuado de las mismas, por ejemplo el caso en el que la edificación es obligada a soportar un peso superior al que fue concebido inicialmente (sobrecarga). (Rivva L, 2006)

2.2.4 Patología Producto Del Deterioro De La Estructura

Las obras generalmente se diseñan para que funcionen durante una vida útil, pero con el transcurrir del tiempo, la estructura va presentando manifestaciones que deben ser atendidas con prontitud. La exposición al medio ambiente, los ciclos continuos de lluvia y sol, el contacto con sustancias químicas presentes en el agua, en el aire, en el entorno; hacen que la estructura se debilite continuamente. Por esta razón es de vital importancia para las edificaciones, un adecuado y permanente mantenimiento, que ayuda a prevenir el deterioro normal e inevitable causado por el tiempo (Rivva L, 2006)



Ilustración 1 Pérdida de masa en estructura

Fuente: Análisis patológico de los paramentos de la muralla almohade de Sevilla tramo comprendido entre la puerta de la macarena y el jardín del valle.

2.2.5 Grietas Y Fisuras

Las grietas son lesiones mecánicas que presentan un corte alargado de mayor abertura entre sus bordes que la de la fisura (de 3 milímetros en adelante), de mayor profundidad (no solamente superficial) y que pueden llegar a afectar todo el espesor del componente constructivo, generando su rotura. Estos cortes pueden ser de origen primario, como cuando se producen por la acción directa de cargas, o se pueden deber a causas secundarias como resultado de otras deformaciones previas. Una de las formas de caracterizar tipológicamente las grietas es a través de las causas que le dieron origen y determinando los materiales y la técnica con la que fue ejecutado el elemento afectado, pues esto contribuye a caracterizar el proceso patológico y su aspecto morfológico. (ARQ CLARIN, 2012)

Tipo	Medida
Fina	Menos de 1 mm
Media	Entre 1 y 2 mm
Ancha	Mas de 2 mm

Ilustración 2- Tipos de fisuras de acuerdo a su grosor

Fuente: Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto, ASOCRETO.

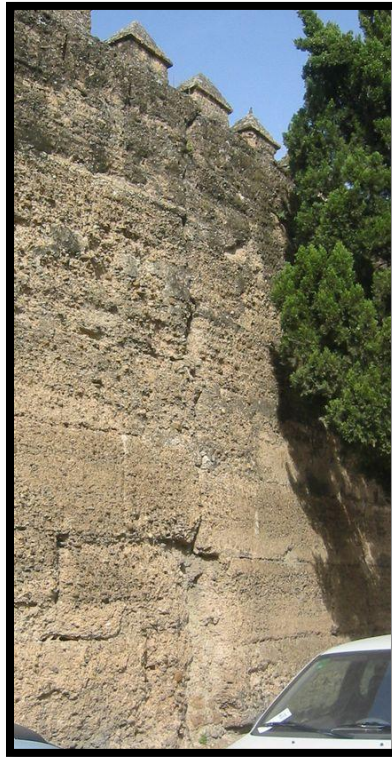


Ilustración 3- Muralla afectada por acción de grietas.

Fuente: Análisis patológico de los paramentos de la muralla almohade de Sevilla tramo comprendido entre la puerta de la macarena y el jardín del valle

2.2.6 Factores Que Afectan El Proceso De Deterioro

El deterioro de las estructuras se puede ver adicionalmente afectado por el efecto de tres factores: la humedad, la temperatura, y la presión. El factor principal es la humedad en la estructura y no en la atmósfera circundante, aunque ésta última contribuye con los fenómenos de deterioro en la medida que se presentan ciclos de humedecimiento y secado en el concreto. El efecto de la temperatura es muy importante por cuanto ella incide en la velocidad con la cual pueden ocurrir los fenómenos de deterioro en la estructura. Las reacciones químicas se aceleran con el aumento de la temperatura, considerándose que un aumento de la temperatura de 10°C dobla la velocidad de la reacción. Los climas tropicales se consideran más agresivos que otros. La presión atmosférica y el régimen de vientos tienen incidencia sobre la durabilidad al contribuir al deterioro debido a la erosión de partículas arrastradas por el viento; que pueden promover los ciclos de humedecimiento y secado; o afectar los ciclos de enfriamiento y calentamiento de la superficie de la tierra. La acción de la presión del medio (líquido, sólido, o gaseoso) en estructuras sumergidas en el suelo o agua puede ser muy importante por cuanto se promueve la penetración de elementos que pueden percolar el concreto. (Rivva L, 2006)



2.2.7 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)

2.2.8 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)

2.2.8.1 Formación De Cavernas

Alteración que se manifiesta por la formación de concavidades profundas, como resultados de eliminación de materia. (Rodríguez Polito)

2.2.8.2 Alveolización



Alteración con eliminación de materia que suele manifestarse en materiales de alta porosidad con la formación de pequeñas cavidades o depresiones, semejante a las celdillas de las abejas, generalmente profundas e interconectadas, cuyas paredes están cubiertas del mismo material, de eflorescencias y/o de colonias de microorganismos. (Rodríguez Polito)

2.2.8.3 Picado

Alteración puntiforme con eliminación de materia que se manifiesta a través de la formación de pequeñas cavidades o picaduras, más localizadas que en la alveolización y no interconectadas. (Rodríguez Polito)

2.2.8.4 Excavación

Alteración con eliminación de materia que da lugar a la formación de grandes depresiones, como resultado de una remoción localizada de materia por acción de chorreo de agua. (Rodríguez Polito)

2.2.8.5 Figuración

Alteración por ruptura que se manifiesta en la formación de soluciones de continuidad en la piedra con desplazamiento o separación macroscópica de las dos partes. (Rodríguez Polito)

2.2.8.6 Fragmentación

Alteración por ruptura con pérdida de materia, que se manifiesta por la formación de trozos más o menos compactos. (Rodríguez Polito)

2.2.9 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 tánico, 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)



Ilustración 4- Eflorescencias presentes en una estructura



Fuente (Análisis patológico de los paramentos de la muralla almohade de Sevilla tramo comprendido entre la puerta de la macarena y el jardín del valle)

2.2.10 Meteorización

Es un término que normalmente se utiliza como sinónimo de alteración atmosférica, aunque para otros autores sólo corresponde “en cierta medida” a dicho término y debe utilizarse en los casos en que no se produce un desplazamiento notable de materia. Se define como la descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y la biosfera. (Rivas Brea, Prieto Lamas, & Silva Hermo)

2.2.11 Alteración De Conjuntos De Piedra o Mal de la Piedra

Se denomina Mal de la Piedra a la descomposición superficial de la piedra en forma de exfoliaciones, arenilla y desprendimiento de las capas externas. La erosión se debe principalmente a la polución, a aquellas sustancias que gravitan en la atmósfera, producto de la combustión, con lo cual se produce bióxido de azufre que provoca un proceso degenerativo en la piedra. (CONSTRUMÁTICA, 2014)

2.2.12 Corrosión

Alteración química que implica un cambio o modificación sustancial en la naturaleza química de la piedra, como consecuencia de un proceso químico. (Biczok, 1982)

2.2.13 Descomposición

Alteración fisicoquímica superficial en la que los constituyentes originarios se han transformado en nuevos componentes mejor adaptados a las condiciones de superficie. (Rivva L, 2006)

2.2.14 Descohesión

Alteración que se manifiesta en una disminución de la unión y de la adhesión entre los componentes estructurales de la piedra, con un debilitamiento de sus características mecánicas originales. Generalmente se produce un agrandamiento de los poros y microfisuración, sin que la piedra cambie de forma. (Rivva L, 2006)

2.2.15 Planeamiento y definición de ensayos.



Como punto de partida dentro de un estudio de Patología presentes en una edificación es necesario el pleno conocimiento del inmueble de manera que antes de realizar cualquier actividad, se debe recorrer repetidas veces la edificación con el fin de formarse una idea clara de su condición y de acuerdo con esto señalar las áreas de los trabajos de inspección. En esta etapa del estudio se definen los lugares y tipo de labores a realizar, tomando en consideración circunstancias tan variadas como por ejemplo si el edificio está habitado o si existe disponibilidad de fluido eléctrico.

No es posible señalar un procedimiento rutinario, único y completo del tipo de ensayos que deben realizarse puesto que eso depende de los daños presentes y del criterio del profesional que realiza la inspección. En algunos casos las afectaciones pueden provenir de la respuesta de la edificación a las cargas verticales con lo cual los daños se asocian a la mecánica estructural, o de igual manera a los efectos sísmicos con lo cual prevalece en el estudio la investigación hacia las variables referidas al análisis y diseño estructural, donde por ejemplo, la valoración de la resistencia de los materiales juega un papel muy importante. En otros casos las patologías pueden estar asociadas con circunstancias derivadas del intemperismo de la edificación y serán otras variables las que deben tomarse en cuenta. Así mismo existen casos en donde los daños no muestran su naturaleza de manera evidente, por lo cual será el criterio de profesional quien establecerá el tipo de evaluaciones más convenientes en procura de conocer las causas de los deterioros. De todas maneras es importante aclarar que la planeación y realización de ensayos se hace a partir de las hipótesis preliminares de las patologías y el grado de compromiso que presenta la edificación.

La planeación consiste en la selección del tipo de pruebas y ensayos que deben realizarse con el fin de definir la causa de los daños y conociendo la causa proceder a formular una metodología de reparación o rehabilitación. No existe una regla fija que permita señalar el número de pruebas necesarias pero en algunos casos se deben ampliar el número de ellas para confirmar el diagnóstico.

Se recomienda que la toma de información sea clara y precisa por lo cual puede utilizarse forma pre-impresas para cada ensayo de forma tal que faciliten este trabajo. (MUÑOZ, 2001)

Tipos de ensayos: Dependiendo de las condiciones de la edificación y sus manifestaciones de daño, deben formularse el tipo de ensayos, su número y localización de manera que esta labor signifique una representación de las condiciones de toda la edificación.

Algunos de los ensayos que usualmente se realizan en los estudios de Patología Estructural son los siguientes:



Tipo de ensayo	Propósito
Localización de acero	<ul style="list-style-type: none"> Determinar su existencia Facilitar la extracción de muestras del concreto Confirmar el diseño
Medición del recubrimiento	<ul style="list-style-type: none"> Determinar capacidad de resistencia Determinar posición de estribos y refuerzo Posibilidad de corrosión Comparar con frentes de daño
Prueba de carbonatación	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la profundidad del frente de disminución del pH
Materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> Determina el contenido de materia orgánica
Prueba de humedad relativa	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la humedad en el 1 cm de los poros del concreto
Prueba de contenido de Cloruros	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la cantidad de cloruros solubles en el concreto
Extracción de núcleos	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el parámetro f_c Determinar el módulo de elasticidad Profundidad de fisuras Comparar con los frentes de daño Medición de pH
Pistola de Windsor	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la resistencia asociada a la dureza
Ultrasonido	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la resistencia asociada a la velocidad de propagación de una onda de sonido
Esclerómetro Schmidt	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la resistencia asociada al golpe de

Ilustración 5- Tipos de Ensayos 1

Fuente: Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto, ASOCRETO.

	un martillo
Prueba de adherencia	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la capacidad de resistencia para la adherencia con un nuevo concreto Resistencia a la tensión de la superficie
Nivelación de superficies	<ul style="list-style-type: none"> Determinar eventuales asentamientos
Plomo de muros o columnas	<ul style="list-style-type: none"> Determinar eventuales asentamientos
Instalación de medidores de fisuras	<ul style="list-style-type: none"> Verificar la actividad de las fisuras y grietas
Evaluación petrográfica	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de la microestructura del concreto desde el punto de vista de la durabilidad
Medidas de potencial	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar un mapa de potenciales electroquímicos para determinar zonas de riesgo de corrosión
Porosidad	<ul style="list-style-type: none"> Medida de la compacidad de la masa de concreto
Velocidad de corrosión	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la velocidad de pérdida de sección de acero
Pruebas de carga	<ul style="list-style-type: none"> Determinar la capacidad resistente de una estructura

Ilustración 6- Tipos de Ensayos 2

Fuente: Evaluación y diagnóstico de las estructuras en concreto, ASOCRETO.



2.2.16 Método de Esclerómetro o Martillo de Schmidt

Método del esclerómetro o martillo de Schmidt. Ideado en un principio para estimar la resistencia a compresión simple del hormigón, se ha modificado convenientemente dando lugar a varios modelos, tipo L, N, P, etc., algunos de los cuales resulta apropiado para estimar la resistencia a compresión simple de la roca. (Ayala & Andreu, 2006).

El Esclerómetro está provisto de una pesa tensada con un muelle; funciona cuando la pesa tensada es lanzada contra la superficie para medir su rebote. A pesar de que no se considera un método excesivamente fiable, su uso está muy extendido. Proporciona valores aproximados y se lo emplea principalmente como método de comprobación, siendo menos usado que el ensayo de compresión. En el año 1950 fue diseñado el primer esclerómetro para la medición no destructiva del hormigón. Se lo patentó con el nombre SCHMIDT; su valor de rebote "R" permite medir la dureza de este material y se ha convertido en el procedimiento más usado a nivel mundial, para el control no destructivo en hormigón.



Ilustración 7- Esclerómetro o Martillo de Schmidt



Fuente: PCE Inst

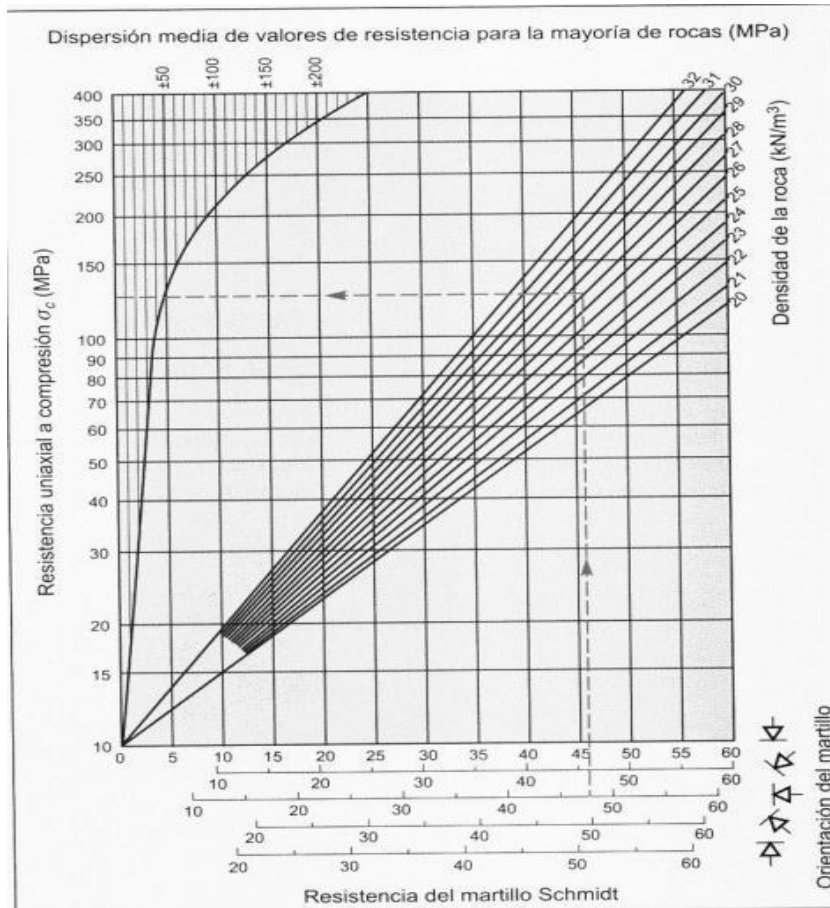


Ilustración 8- Gráfica de correlación entre Coeficiente de rebote y Resistencia a la Compresión

Fuente: (Ayala & Andreu, 2006)

2.2.17 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 GPS está integrado por tres segmentos o componentes de un sistema, que a continuación se describen:

2.2.18 Segmento espacial

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.

Señales GPS

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.

2.2.18.1 Determinación de Posiciones del GPS

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.

2.2.19 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.

2.2.20 Segmento usuario

Lo integran los receptores GPS que registran la señal emitida por los satélites para el cálculo de su posición tomando como base la velocidad de la luz y el tiempo de viaje de la señal, así se obtienen las pseudodistancias entre cada satélite y el receptor en un tiempo determinado, observando al menos cuatro satélites en tiempo común; el receptor calcula las coordenadas X, Y, Z y el tiempo. (INEGI, 2014)



2.3 ESTADO DEL ARTE

2.3.1 Antecedentes

En el año 2011, en la Universidad de Cartagena, se llevó a cabo un estudio titulado *“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”*. Este estudio fue realizado por el ingeniero Oliveros Jiménez, M.

Este proyecto de investigación estuvo dirigido a evaluar los parámetros que intervienen en la estabilidad y calidad estructural de las murallas de Cartagena en el sector el hotel Santa Clara hasta el Claustro de La Merced, determinando la vulnerabilidad estructural ante efectos sísmicos y vibratorios producidos por el transporte público que circula en el sector, con el objetivo final de presentar recomendaciones que contribuyan a mantenerlas en óptimo estado.

Se realizó un estudio patológico el cual permitió conocer el estado actual de las murallas, determinando los coeficientes de reducción de resistencia por estado actual y por la calidad del diseño y construcción de las mismas, para así afectar la resistencia de la Piedra Coralina. Con base en estos coeficientes y a las sollicitaciones consideradas (presión del relleno, efecto del sismo sobre el relleno, y efectos producidos por los buses de transporte público), se creó un modelo computacional en el software estructural SAP 2000 V14. Como resultado general se obtuvo que este tramo de muralla poco afectado por la combinación de esfuerzos existentes con ondas emitidas por los buses del sistema de transporte público y ante un eventual sismo, ya que los valores no sobrepasan los máximos admisibles de comprensión, siendo este comportamiento una característica sobresaliente de la piedra coralina. (Oliveros Jimenez, 2011)



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.

En el año 2012, en la Universidad de Cartagena, se llevó a cabo un estudio titulado *“EVALUACIÓN PATOLÓGICA Y DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL FUERTE-BATERÍA 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 Bocachica 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 baja 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 & Gonzalez, 2012)

2.3.2 Internacional

ESTUDIO DE LAS MURALLAS DE TALAVERA DE LA REINA DETERIORO Y RESTAURACION (Torres Montealegre & Lopez Vazquez, 1998)

En el estudio titulado *ESTUDIO DE LAS MURALLAS DE TALAVERA DE LA REINA DETERIORO Y RESTAURACION* se documenta la importancia histórica de las murallas de la ciudad, los materiales y técnicas empleadas durante su construcción y al debido proceso de transformación y deterioro que el hombre le ha impuesto. El estudio recopila información acerca de los procesos constructivos del siglo X, estos fueron ordenados por Abd Al-Rahman III octavo soberano omeya de Al-Ándalus y primero que tomó el título de califa, quien una vez establecido en España durante el califato utilizó restos de una antigua muralla romana y erigió la muralla de 15 metros de altura que serviría para resguardar el poblado y como sitio de concentración de tropas árabes musulmanas que trataban de conquistar los poblados cristianos del norte. Entre las distintas patologías que se aprecian como resultado de esta investigación están:



Contaminación de la Roca: Esta consiste en la degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad como consecuencia de la acumulación de sustancias tóxicas en concentraciones que superan el poder de amortiguación natural de la piedra y que modifican negativamente sus propiedades. Esta acumulación se realiza generalmente como consecuencia de actividades humanas exógenas, aunque también se puede producir de forma natural o endógena cuando los procesos de edificación liberan elementos químicos contenidos en las rocas, estas patologías obedecen a agentes orgánicos que al penetrar en la roca estos hacen que pierdan propiedades físico mecánicas, lo que facilita la degradación de la roca y la desaparición de distintas partes de la muralla. La solución ingenieril que se dio esta patología fue la implementación de un tratamiento conocido como Biorrecuperación que se define como un tratamiento de recuperación que degrada contaminantes orgánicos o disminuyen la toxicidad de otros contaminantes inorgánicos como metales tóxicos a través de la actividad biológica natural, principalmente la de los microorganismos, mediante reacciones que forman parte de sus procesos metabólicos. Estos tratamientos utilizan bacterias, hongos y plantas para detoxificar las sustancias de riesgo para el hombre y el medio ambiente. Para que los tratamientos de biorrecuperación de rocas sean efectivos 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 u otros aceptores de electrones alternativos, sino también factores ambientales como el tipo de roca, la temperatura y el pH.

En la actualidad, hay un interés creciente por los métodos de recuperación biológicos ya que prometen tecnologías más sencillas, más baratas y más respetuosas con el Medio ambiente que otros tratamientos en los que los contaminantes son simplemente extraídos y transportados a otros lugares.

El problema más fehaciente en la muralla de Talavera es el ocasionado por el crecimiento urbanístico de la ciudad, en este aspecto casas aledañas a la muralla tomaron esta como pared medianera anclando vigas y tejados que le sumaban cargas que no fueron consideradas en su diseño original, factor que amenazaba la estabilidad de la muralla. Como solución a



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.

Este proyecto está limitado por el hecho de que los procesos de Biorrecuperación son procesos que tienen una duración prolongada, puesto que actúan a nivel microscópico y no pueden ser acelerados a voluntad humana, lo que provoca que no se puedan dar resultados efectivos a corto plazo.

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.



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 usaran diariamente para los diagnósticos de los monumentos en el futuro.



3. ALCANCE

3.1 RESULTADOS

Se espera que los resultados del proyecto provean información sobre el estado real del cordón amurallado (cortinas y baluartes), sus patologías además de la ubicación exacta de estas (fisuras, descascaramientos, mal de la piedra. Etc.).

Esta investigación finalizará con la elaboración de un plan de monitoreo a los diagnósticos patológicos presentes en la estructura, con el objetivo de mejorar las condiciones del cordón amurallado, reducir las amenazas y el deterioro de la estructura. Asimismo, resaltar que dicha solución sea lo menos invasiva con el monumento.

3.2 DELIMITACION TEMPORAL

Este proyecto está planeado para realizarse entre los meses de Febrero y Junio de 2015 teniendo así una duración de 5 meses. Para definir las fechas en las cuales se realizarán los estudios, se implementará el uso de un cronograma de actividades, anexo previamente en el proyecto. Los ensayos y recorridos de campo se realizarán 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.

3.3 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Este proyecto se realizará en Colombia en el departamento de Bolívar, en la jurisdicción del municipio de Cartagena, cuyas coordenadas geográficas son 10°23'17.08" Latitud Norte, 75°31'8.26" Longitud Oeste. Este municipio posee una superficie de 709.1 Km², con una población de 944.250 habitantes, su temperatura media es de 28°C y tiene una altitud de 2 msnm.”

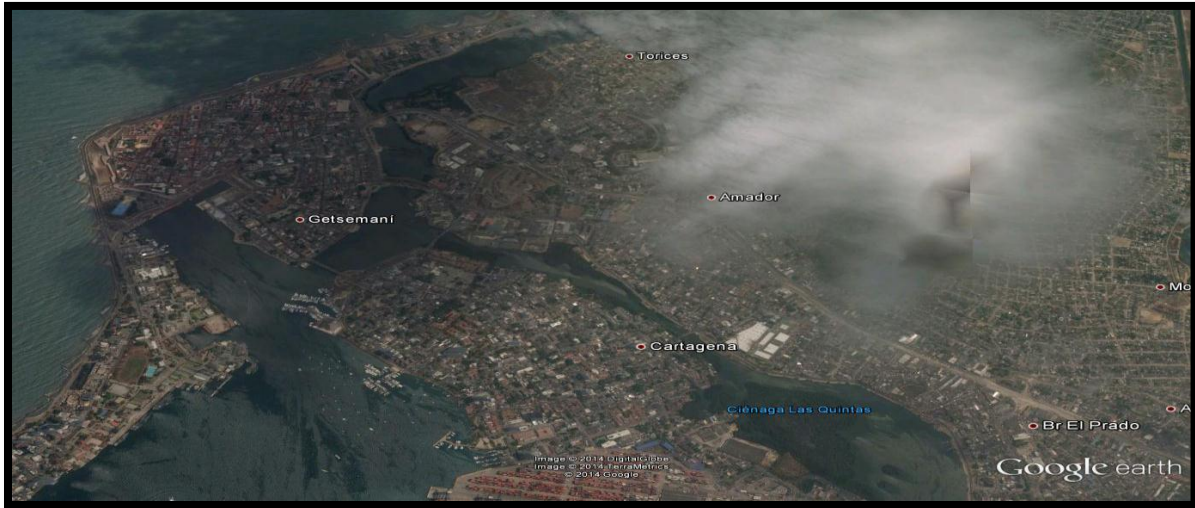


Ilustración 9- Vista Aérea de la Ciudad de Cartagena

Fuente: Google Earth- Google Maps



Ilustración 10- TRAMO DE CORDÓN AMURALLADO A ESTUDIAR

Fuente: Google Earth- Google Maps

El tramo de la muralla a estudiar es el que se encuentra comprendido desde el baluarte de la Merced, hasta el baluarte de San Francisco Javier, el tramo tiene una longitud de aproximadamente 750 m, toda la cara anterior del tramo tiene vista al mar.

En este tramo se encuentran los siguientes baluartes con sus respectivas cortinas:



- San Francisco Javier
- Santiago
- Santo Domingo
- Santa Cruz
- La Merced

(Zapatero, 1979)

3.4 ALCANCE CONCEPTUAL

Con esta investigación se realizarán visitas al cordón amurallado de la ciudad de Cartagena de Indias, en el tramo comprendido entre el Baluarte La Merced y el Baluarte San Francisco Javier, para identificar, registrar y georreferenciar de los daños en la estructura.

La fase de la georreferenciación se hará con ayuda de un sistema de posicionamiento global GPS, el cual suministrará las coordenadas exactas de los lugares donde se encuentren las patologías presentes en la estructura. Dicha herramienta será facilitada por la Universidad de Cartagena.

A la vez se realizarán ensayos físico-mecánicos en las áreas donde se presentan las patologías, que permitirán establecer las condiciones de la estructura. Cabe resaltar que dichos ensayos deben ser lo menos invasivos posible con la estructura ya que está se encuentra protegida por ser patrimonio de la humanidad.

3.5 LIMITACIONES

Esta investigación presenta las siguientes limitaciones:

No se hará estudio de vulnerabilidad sísmico resistente.

No se hará modelación en software.

Para la parte del planteamiento de soluciones para la preservación del monumento no se tendrá en cuenta estudio de pre-factibilidad económica.



4. METODOLOGIA

El tipo de investigación a realizar es descriptiva ya que se da inicio al estudio con la búsqueda de la información, la recolección de los datos, análisis y finalmente la interpretación de los datos arrojados y la metodología consta de tres (3) fases. (Metodología de la investigación, Cap 3, 2014):

4.1 PRIMERA FASE

Durante esta fase se realizara toda la recopilación del material y documentación bibliográfica necesaria que permitirá observar de manera clara y concisa la conceptualización del objetivo de este proyecto.

Se realizara una visita de campo con el fin de inspeccionar visualmente el sitio de estudio y registrar los problemas que a simple vista se puedan observar, luego se definirán los instrumentos y elementos necesarios que serán útiles en la recopilación de la información.

4.2 SEGUNDA FASE

Se realizara un levantamiento planimetrico y altimétrico para luego proceder a la revisión palmo a palmo del tramo de muralla, y proceder así, con un registro más profundo y meticuloso de las patologías encontradas en el tramo de muralla. A continuación se realizara un análisis minucioso de los tipo de patologías encontradas, el cual consistirá en medir, tomar fotos y examinar, para así poder saber con un poco más de claridad el estado en el que se encuentra la estructura.

Después de haber identificado y analizado las patologías, se georreferenciaran con el objetivo de facilitar su localización. Además se llevaran a cabo ensayos físico-mecánicos no destructivos en los lugares donde se presenten las patologías, para verificar el estado actual del material constitutivo de las murallas, el cual complementara el registro con las características del problema.

4.3 TERCERA FASE

En esta fase se realizara un análisis de los resultados obtenidos de los ensayos no destructivos, ya que este permitirá evaluar el nivel de daño del material constitutivo y la causa de la patología, para así proponer posibles soluciones que mitiguen los efectos de manera urgente en el área afectada.



Con todos los datos obtenidos durante las dos primeras fases del proyecto, se tiene previsto la elaboración o diseño de un plan de intervención y monitoreo el cual incluirá el tipo de patología, la fecha de los ensayos y primera intervención, las coordenadas exactas donde está ubicada la patología, registro fotográfico, estado físico-mecánico del área afectada, recomendaciones sobre la época del año en las que se debe realizar las intervenciones en la zona y por último las fechas dependiendo de la estación climática, en las que se le debe hacer revisión a la zona para verificar la evolución positiva o negativa de la patología.



5. RESULTADOS

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, se analizaron los resultados a partir del ensayo del esclerometría, y de la georreferenciación a las patologías seleccionadas. Dichos resultados fueron comparados con la resistencia de una roca presente en las murallas que se mostraba en buen estado, y también se hizo una comparación con el material extraído de las canteras Coloncito y La Constancia, debido a que dicho materiales es el utilizado para la restauración y rehabilitación de las murallas de Cartagena de Indias. (Rhenals Acuña & Santos De Avila, 2012)

5.1 ROCA EN BUEN ESTADO (PRUEBA TESTIGO)

Se supone en buen estado ya que no se logra presenciar síntomas ni daños en la roca como por ejemplo, porosidad superficial, carie superficial o profunda, fisuras, grietas, fracturas, deformaciones, oxidación, corrosión, manchas negruzcas etc.

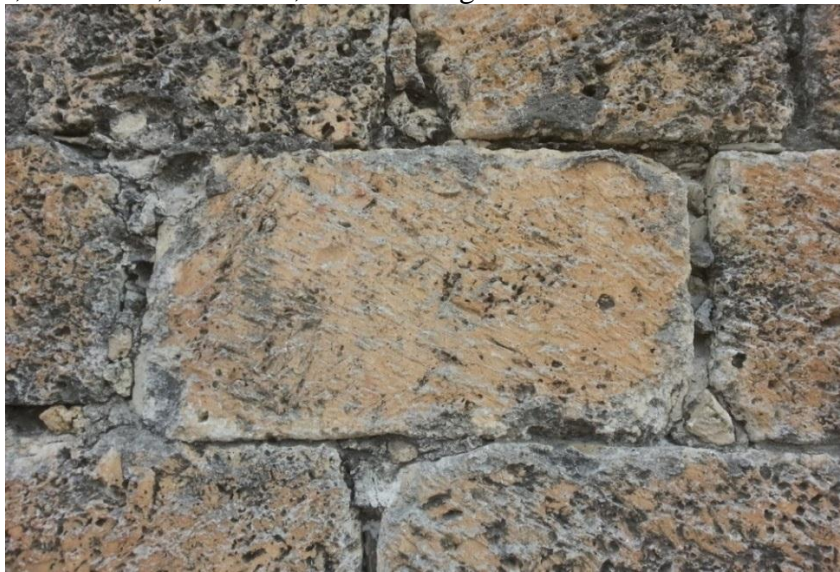


Ilustración 11- Roca Testigo

Fuente: Propia



ROCA TESTIGO			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
Nº	Valor		
1	35	38,1	322
2	38		
3	40		
4	38		
5	39		
6	40		
7	40		
8	35		
9	38		
10	38		

Ilustración 12- Prueba de esclerometria Roca Testigo

La resistencia de la roca testigo es de 322 Kg/cm².

5.2 RESULTADOS DE ENSAYOS DE MATERIAL EXTRAIDO DE LA CANTERA COLONCITO Y CANTERA LA CONSTANCIA

De acuerdo a los ensayos realizados en el proyecto *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* se pudo constatar que se tomaron 12 muestras en las cuales se efectuaron 10 percusiones con el martillo, eliminando los 5 valores más bajos y se promediaron los restantes. Todas las mediciones se efectuaron con un ángulo de impacto de 0°. Los datos arrojados se pueden observar en la siguiente tabla:



MUESTRA	VALORES DE REBOTE (R)						RESISTENCIA (kg/cm ²)
	R1	R2	R3	R4	R5	R Promedio	
1	44	41	41	40	42	41,60	376,00
2	44	45	43	42	41	43,00	400,00
3	38	39	40	36	39	38,40	328,00
4	42	43	41	40	45	42,20	384,00
5	41	38	40	40	39	39,60	346,00
6	37	39	38	36	40	38,00	320,00
7	42	40	38	39	41	40,00	350,00
8	41	39	39	40	42	40,20	354,00
9	40	44	45	41	39	41,80	378,00
10	40	43	41	40	42	41,20	372,00
11	39	41	44	38	42	40,80	366,00
12	40	38	42	40	42	40,40	358,00
PROMEDIO							361,00

Ilustración 13- Valores de Rebote y Resistencia del Material Obtenido en la Cantera Coloncito

Fuente: 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

De la tabla anterior se pudo concluir que la resistencia promedio de la cantera Coloncito es de 361 Kg/cm²

El procedimiento utilizado para el material de la Cantera Coloncito, fue realizado también para el encontrado en la cantera La Constancia, los datos arrojados fueron los siguientes:



MUESTRA	VALORES DE REBOTE (R)						RESISTENCIA (kg/cm ²)
	R1	R2	R3	R4	R5	R Promedio	
1	36	37	34	35	36	35,60	286,00
2	34	35	36	37	34	35,20	282,00
3	38	39	36	34	35	36,40	298,00
4	35	34	36	34	35	34,80	276,00
5	35	36	34	38	37	36,00	290,00
6	35	36	35	34	37	35,40	284,00
7	37	36	37	36	35	36,20	294,00
8	37	35	39	34	37	36,40	298,00
9	36	35	34	36	35	35,20	282,00
10	35	34	37	36	35	35,40	284,00
11	37	34	36	35	37	35,80	288,00
12	36	38	37	34	36	36,20	294,00
PROMEDIO							288,00

Ilustración 14- - Valores de Rebote y Resistencia del Material Obtenido en la Cantera La Constancia

Fuente: *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*

De la tabla anterior se pudo concluir que la resistencia promedio de la cantera Coloncito es de 288 Kg/cm².



5.3 REGISTRO PATOLÓGICO

Se realizó un recorrido con el objetivo de identificar y georreferenciar las patologías más prominentes encontradas en el tramo de estudio, además después de identificar las patologías se procedió a realizar ensayos de esclerometría para conocer cuál es la resistencia del material constitutivo alrededor de la patología. A continuación presentaremos un registro fotográfico de las patologías, para revisar los ensayos de esclerometría de cada patología, por favor ir a los anexos del proyecto. Los resultados de las patologías encontradas fueron los siguientes:



Ilustración 15- Patología #1

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 1

UBICACIÓN

Contraescarpa - Baluarte la Merced

Coordenadas

Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46,55"	75°33'17,3"	±3

PATOLOGÍA PRESENTE

Desprendimiento



Ilustración 16- Patología # 2

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 2		
Ubicación		
Contraescarpa - Baluarte la Merced		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,3"	75°33'17,8"	±7
PATOLOGIA PRESENTE		
Caries Profundas		



Ilustración 17- Patología # 3

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 3		
Ubicación		
Contraescarpa - Cortina la Merced		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,8"	75°33'18,5"	±6
PATOLOGIA PRESENTE		
Desprendimiento		



Ilustración 18- Patología # 4

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 4		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,5"	75°33'19,2"	±3
PATOLOGIA PRESENTE		
Caries Profundas		



Ilustración 19- Patología #5

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 5		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45"	75°33'19"	±6
PATOLOGIA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 20- Patología # 6

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 6		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'44,9"	75°33'19,8'	±5
PATOLOGIA PRESENTE		
Desprendimiento		



Ilustración 21- Patología # 7

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 7		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'44,3"	75°33'20,5'	±5
PATOLOGIA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 22- Patología # 8

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 8		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'43,6"	75°33'21,2'	±6
PATOLOGIA PRESENTE		
Manchas Negruzcas		



Ilustración 23- Patología # 9

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 9		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina La Merced-La Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'41,8"	75°33'21,2'	±6
PATOLOGIA PRESENTE		
Manchas Negruzcas		



Ilustración 24- Patología # 10

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 10

UBICACIÓN

Escarpa - Baluarte La Cruz

Coordenadas

Norte	Oeste	Error (m)
10°25'42,2"	75°33'24,5"	±3

PATOLOGÍA PRESENTE

Desprendimiento



Ilustración 25- Patología # 11

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 11		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'40,9'	75°33'25"	±2
PATOLOGÍA PRESENTE		
Desprendimiento		



Ilustración 24 Patología # 12

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 12		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'40,6'	75°33'25,2"	±2
PATOLOGÍA PRESENTE		
Desprendimiento		



Ilustración 26- Patología # 13

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 13		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'40,7'	75°33'25,5"	±2
PATOLOGIA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 27- Patología # 14

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 14		
UBICACIÓN		
Contraescarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'37,6'	75°33'25,2"	±8
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Superficiales		

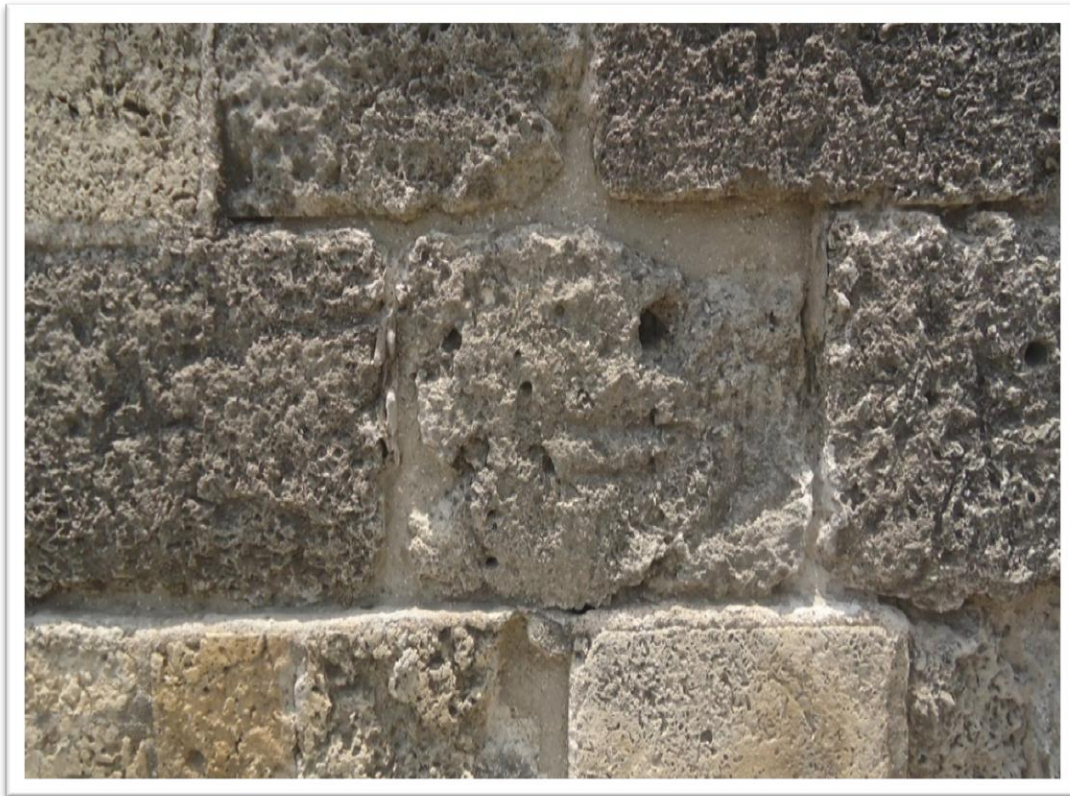


Ilustración 28- Patología # 15

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 15		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'35'	75°33'25"	±5
PATOLOGÍA PRESENTE		
Perdida de Juntas		



Ilustración 29- Patología # 16

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 16		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'34,9'	75°33'24,9"	±5
PATOLOGÍA PRESENTE		
Perdida de Juntas		



Ilustración 30- Patología # 17

Fuente: Propia

PATOLOGIA # 17		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'42"	75°33'17,8"	±3
PATOLOGIA PRESENTE		
Erosión		



Ilustración 30- Patología # 18

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 18		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46,7"	75°33'18"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Perforación con Objeto Contundente		



Ilustración 31- Patología # 19

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 19		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46,7"	75°33'18,2"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Pérdida de Pañete		



Ilustración 31- Patología # 20

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 20		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46,5"	75°33'18,5"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Perdida de Pañete		



Ilustración 32- Patología # 21

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 21		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46,3"	75°33'18,9"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Pérdida de Pañete		



Ilustración 34- Patología # 22

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 22		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,9"	75°33'19,2"	±2
PATOLOGÍA PRESENTE		
Pérdida de Pañete		



Ilustración 33- Patología # 23

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 23		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'46"	75°33'19,2"	±2
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 346- Patología # 24

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 24		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina la Merced-La cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'44,5"	75°33'20"	±4
PATOLOGÍA PRESENTE		
Desprendimiento		



Ilustración 37- Patología # 25

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 25		
UBICACIÓN		
Escarpa- Baluarte Santa Cruz		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,5"	75°33'20,1"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Profundas		



Ilustración 38- Patología # 26

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 26		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,4"	75°33'20,1"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 39- Patología # 27

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 27		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'45,2"	75°33'20,3"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 35- Patología # 28

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 35		
UBICACIÓN		
Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'44,3"	75°33'21,3"	±3
PATOLOGÍA PRESENTE		
Pérdida de Pañete		



Ilustración 36- Patología # 29

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 29		
UBICACIÓN		
Escarpa Baluarte Santo Domingo		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'42,6"	75°33'23,1"	±2
PATOLOGÍA PRESENTE		
Caries Superficiales		



Ilustración 42- Patología # 30

Fuente: Propia

PATOLOGÍA # 30		
UBICACIÓN		
Escarpa - Cortina Santo Domingo- Santiago		
Coordenadas		
Norte	Oeste	Error (m)
10°25'38,5"	75°33'27,6"	±4
PATOLOGÍA PRESENTE		
Pérdida de Juntas		



5.4 COMPARACION DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

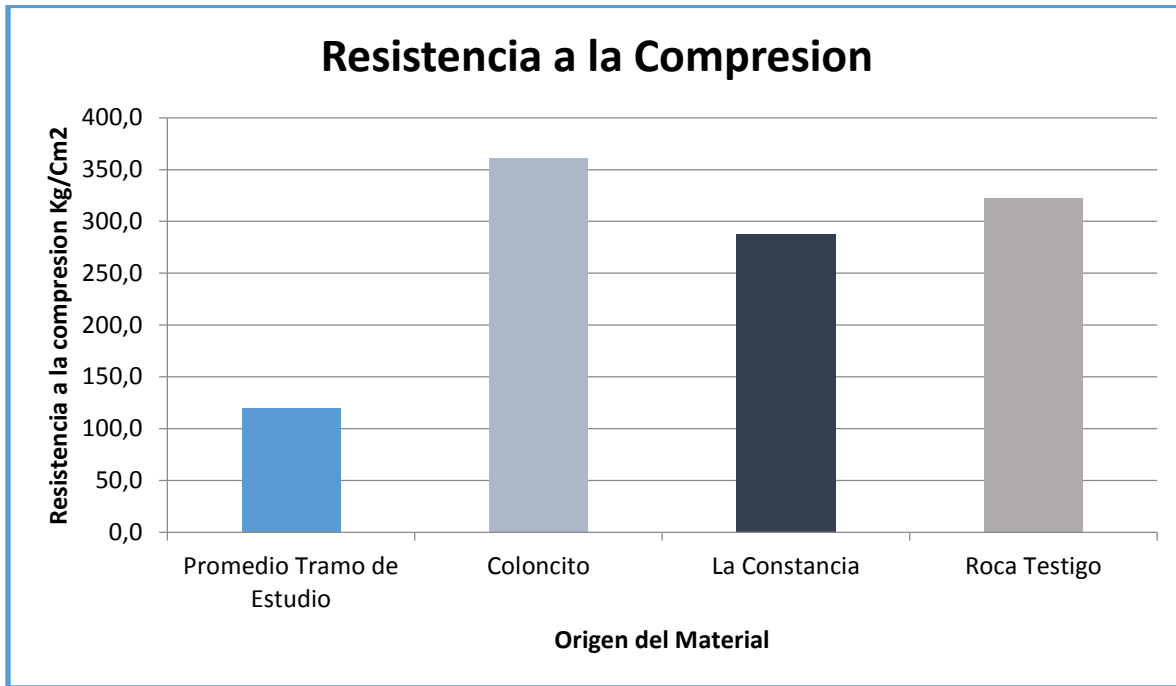


Tabla 1- Comparativa de Resistencias a la Compresión

Fuente: Propia

En la anterior grafica observamos que la resistencia promedio a la compresión en las zonas donde hay presencia de patologías en el tramo seleccionado, se encuentra muy por debajo de las resistencia del material extraído de las canteras Coloncito y La Constancia, además si comparamos con las medición realizada en la roca testigo, esta presenta más del doble de resistencia a la compresión respecto a al promedio de las mediciones realizadas en el tramo de estudio.

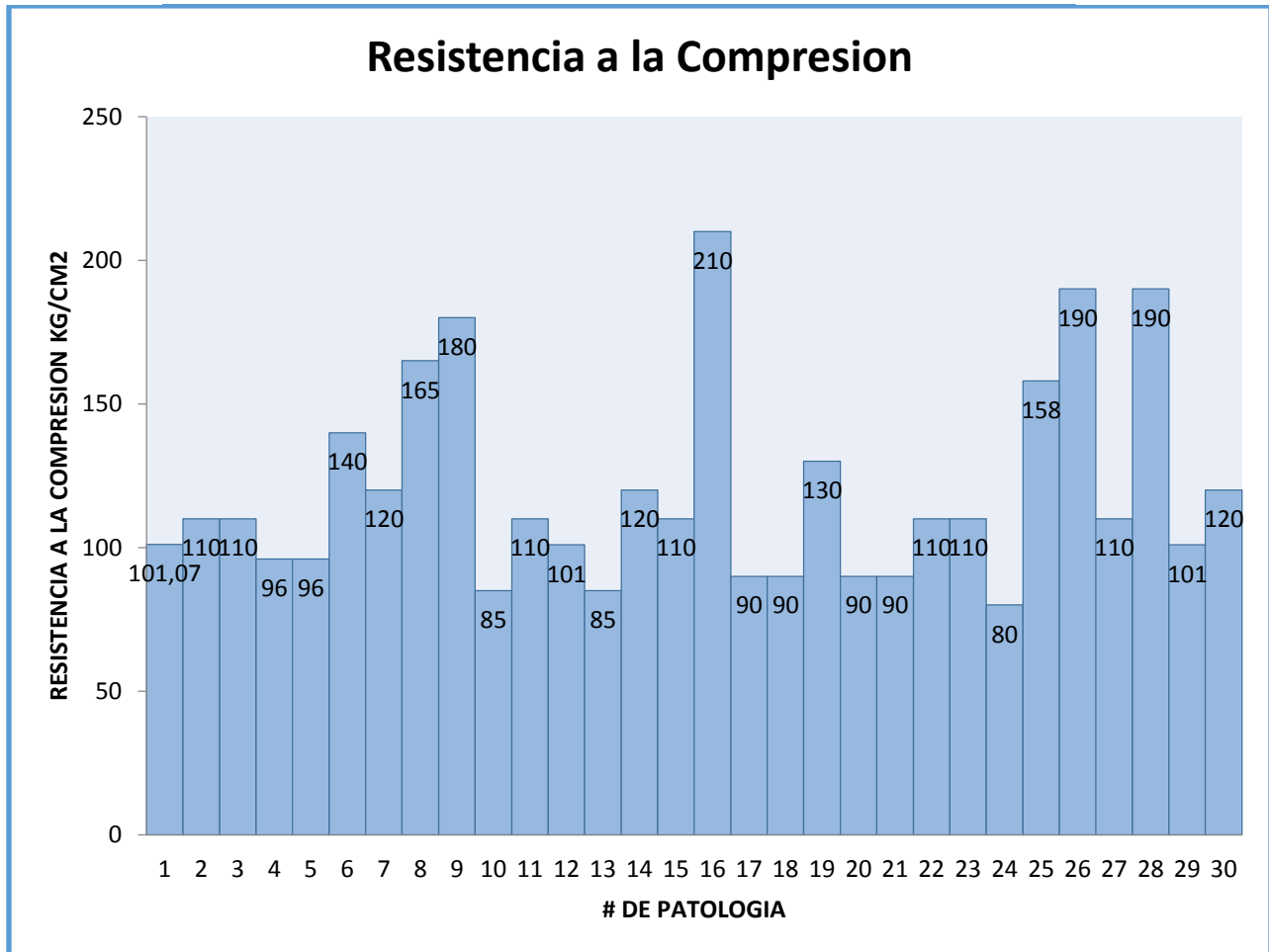


Tabla 2- Resistencia a La Compresión por Patología

Fuente: Propia

5.5 PLAN DE INTERVENCION DE PATOLOGIAS

Luego de conocer las patologías presentes en el tramo de estudio y su ubicación exacta por medio de un sistemas de coordenadas, se procedió a proveer una posible solución a cada una de las patologías, y también a indicar el tiempo aproximado de monitoreo de cada uno de estos procedimientos, con la finalidad de verificar y concluir si el tratamiento aplicado fue efectivo para corregir cada una de las afecciones en la muralla.

- Para las patologías 1, 3, 6, 10, 11, 12 y 24, que son desprendimiento de material constitutivo y las 2, 4, 5, 7, 13, 14, 23, 25, 26, 27 y 29 que son diferentes tipos de caries, es recomendable implementar un proceso de devastación de más o menos



10 a 12 cm en la roca, luego colocar con argamasa de cal y canto una placa rocosa de características similares a el material constitutivo del sitio, esto asegura su imagen estética y se conserva la parte autentica del sito a intervenir.

- Para las patologías 15, 16 y 30 se recomienda recalzar las juntas procurando que queden a ras con la piedra, este procedimiento debe realizarse con argamasa, así evitaremos que la estructura sufra inestabilidad.
- Para la patología 18 se recomienda corroborar si el orificio presente es un desprendimiento ocasionado por algún tipo de falla en la roca o si este se debe a un impacto de bala proveniente de los barcos piratas que durante mucho tiempo trataron de sitiar la ciudad, y si es así, se debería conservar tal cual como esta porque hace parte de la historia de las murallas.
- Para las patologías 8 y 9 se debe utilizar un proceso que consiste rociar polvo de cal para que este actúe sobre la roca y permita detener las manchas negruzcas que se presentan en esta.
- Para las patologías 20, 21, 23 y 28 se recomienda implementar un relleno con Cal y Canto, y luego corregir el pañete con Argamasa, procurando que el acabado quede lo más natural posible.
- Para la patología 17 se recomienda verificar si la erosión presentada en la roca es causada por un desagüe, verificar si este está en funcionamiento y si no lo esta implementar un proceso de devastación de más o menos 10 a 12 cm en la roca, luego colocar con argamasa de cal y canto una placa rocosa de características similares a el material constitutivo del sitio.



PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER



#	Patología	Resistencia a la Compresión Kg/cm ²	Zona Ubicación de Patología	Coordenada Norte	Coordenada Oeste	Procedimiento de Intervención	Intervalo de Monitoreo
1	Desprendimiento	101,07	Contraescarpa - Baluarte la Merced	10°25'46,55"	75°33'17,3"	Devastar e Integrar	3 Meses
2	Caries Profundas	110	Contraescarpa - Baluarte la Merced	10°25'45,3"	75°33'17,8"	Devastar e Integrar	6 Meses
3	Desprendimiento	110	Contraescarpa - Cortina la Merced	10°25'45,8"	75°33'18,5"	Devastar e Integrar	3 Meses
4	Caries Profundas	96	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'45,5"	75°33'19,2"	Devastar e Integrar	6 Meses
5	Caries Superficiales	96	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'45"	75°33'19"	Devastar e Integrar	3 Meses
6	Desprendimiento	140	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'44,9"	75°33'19,8'	Devastar e Integrar	3 Meses
7	Caries Superficiales	120	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'44,3"	75°33'20,5'	Devastar e Integrar	3 Meses
8	Manchas Negruzcas	165	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'43,6"	75°33'21,2'	Tratar con Cal	3 Meses
9	Manchas Negruzcas	180	Contraescarpa - Cortina La Merced- La Cruz	10°25'41,8"	75°33'21,2'	Tratar con Cal	3 Meses
10	Desprendimiento	85	Escarpa - Baluarte La Cruz	10°25'42,2"	75°33'24,5"	Devastar e Integrar	3 Meses
11	Desprendimiento	110	Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo	10°25'40,9'	75°33'25"	Devastar e Integrar	3 Meses
12	Desprendimiento	101	Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo	10°25'40,6'	75°33'25,2"	Devastar e Integrar	3 Meses
13	Caries Superficiales	85	Escarpa - Cortina La Cruz-Sto. Domingo	10°25'40,7'	75°33'25,5"	Devastar e Integrar	3 Meses
14	Caries Superficiales	120	Contraescarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago	10°25'37,6'	75°33'25,2"	Devastar e Integrar	3 Meses
15	Perdida de Juntas	110	Escarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago	10°25'35'	75°33'25"	Recalzar Juntas	1 Mes
16	Perdida de Juntas	210	Escarpa - Cortina Sto. Domingo- Santiago	10°25'34,9'	75°33'24,9"	Recalzar Juntas	1 Mes
17	Erosión	90	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'42"	75°33'17,8"	Verificar y/o Devastar e Integrar	-
18	Desprendimiento	90	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'46,7"	75°33'18"	Verificar Procedencia del Desprendimiento	-
19	Perdida de Pañete	130	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'46,7"	75°33'18,2"	Integrar y Colocar Pañete	2 Meses
20	Perdida de Pañete	90	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'46,5"	75°33'18,5"	Integrar y Colocar Pañete	2 Meses



PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER



21	Perdida de Pañete	90	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'46,3"	75°33'18,9"	Integrar y Colocar Pañete	2 Meses
22	Perdida de Pañete	110	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'45,9"	75°33'19,2"	Integrar y Colocar Pañete	2 Meses
23	Caries Superficiales	110	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'46"	75°33'19,2"	Devastar e Integrar	3 Meses
24	Desprendimiento	80	Escarpa- Cortina la Merced-La cruz	10°25'44,5"	75°33'20"	Devastar e Integrar	3 Meses
25	Caries Profundas	158	Escarpa- Baluarte Santa Cruz	10°25'45,5"	75°33'20,1"	Devastar e Integrar	6 Meses
26	Caries Superficiales	190	Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo	10°25'45,4"	75°33'20,1"	Devastar e Integrar	3 Meses
27	Caries Superficiales	110	Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo	10°25'45,2"	75°33'20,3"	Devastar e Integrar	3 Meses
28	Perdida de Pañete	190	Escarpa- Cortina Santa Cruz-Santo Domingo	10°25'44,3"	75°33'21,3"	Integrar y Colocar Pañete	2 Meses
29	Caries Superficiales	101	Escarpa Baluarte Santo Domingo	10°25'42,6"	75°33'23,1"	Devastar e Integrar	3 Meses
30	Perdida de Juntas	120	Escarpa - Cortina Santo Domingo-Santiago	10°25'38,5"	75°33'27,6"	Recalzar Juntas	1 Mes

Tabla 3- Plan de Intervención y Monitoreo de Patologías



6. CONCLUSIONES

Con los resultados de este trabajo de investigación podemos concluir que:

- El estudio patológico realizado en el tramo comprendido entre el Baluarte la merced y el baluarte San Francisco Javier del cerco amurallado de la ciudad de Cartagena de Indias, permite conocer cuál es el estado real de este. Se observó que en algunas zonas de este tramo, el material constitutivo se encuentra en un proceso avanzado de deterioro.
- Se logró identificar varios tipos de patologías en la estructura, estas fueron: caries superficiales y profundas, desprendimiento, pérdida de pañete, entre otras.
- La resistencia promedio de la roca circundante a las patologías encontradas en el tramo, es muy inferior a la de las muestras obtenidas en la cantera Coloncito y la Constancia, también fue muy inferior a la roca en buen estado, tomada como testigo en este trabajo de investigación. Se concluye que el material circundante a las patologías es un material Débil, esto del valor obtenido en las pruebas de resistencias a la compresión.
- Se pudo brindar un diagnóstico útil para cada una de las patologías encontradas, además de proveer un intervalo de tiempo en el cual cada patología debe ser monitoreada de acuerdo a cada tipo de intervención.
- Existen zonas que necesitan intervención inmediata, ya que su deterioro puede agravarse debido a la característica de la patología que la afecta.
- El cordón amurallado de la ciudad de Cartagena de Indias, padece de una falta de mantenimiento adecuado a cada tipo de patología, además de carencia de vigilancia y control por parte de las autoridades competentes. Se observó durante las visitas, a muchas personas haciendo necesidades fisiológicas en zonas circundantes al cordón amurallado, este factor impacta de manera negativa ya que propicia el debilitamiento o daño de la estructura.



7. ANEXOS

PATOLOGÍA # 1				PATOLOGÍA # 2			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
Nº	Valor	19	101,07	Nº	Valor	22	110
1	16			1	18		
2	27			2	25		
3	27			3	14		
4	16			4	8		
5	14			5	27		
6	23			6	25		
7	18			7	27		
8	17			8	19		
9	16			9	32		
10	16	10	25				

PATOLOGÍA # 3				PATOLOGÍA # 4			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
Nº	Valor	22	110	Nº	Valor	18	96
1	29			1	9		
2	15			2	14		
3	18			3	11		
4	21			4	17		
5	23			5	12		
6	18			6	16		
7	22			7	19		
8	22			8	25		
9	24			9	28		
10	32	10	24				

Anexo 1- Tablas de Ensayos de Esclerometria

Fuente: Propia



**PLAN DE INTERVENCION Y MONITOREO DE LAS PATOLOGIAS DEL CORDON AMURALLADO DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



PATOLOGIA # 5				PATOLOGIA # 6			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2
Nº	Valor	18	96	Nº	Valor	25	140
1	9			1	10		
2	14			2	20		
3	11			3	25		
4	17			4	31		
5	12			5	21		
6	16			6	28		
7	19			7	35		
8	25			8	33		
9	28			9	30		
10	24	10	14				

PATOLOGIA # 7				PATOLOGIA # 8			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2
Nº	Valor	23	120	Nº	Valor	27	165
1	18			1	12		
2	15			2	36		
3	21			3	13		
4	20			4	28		
5	16			5	27		
6	28			6	28		
7	31			7	31		
8	33			8	33		
9	30			9	30		
10	14	10	33				

Anexo 2- Tablas de Ensayos de Esclerometria2

Fuente: Propia



**PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



PATOLOGÍA # 9				PATOLOGÍA # 10			
PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA				PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
Nº	Valor	28	180	Nº	Valor	16	85
1	25			1	12		
2	25			2	18		
3	27			3	15		
4	22			4	22		
5	32			5	10		
6	25			6	20		
7	22			7	18		
8	29			8	15		
9	35			9	12		
10	33	10	15				

PATOLOGÍA # 11				PATOLOGÍA # 12			
PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA				PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
Nº	Valor	22	110	Nº	Valor	19	101
1	22			1	16		
2	13			2	14		
3	24			3	18		
4	22			4	16		
5	18			5	18		
6	29			6	19		
7	25			7	21		
8	22			8	25		
9	18			9	24		
10	24	10	19				

Anexo 3- Tablas de Ensayos de Esclerometría 3

Fuente: Propia



PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER



PATOLOGÍA # 13				PATOLOGÍA # 14			
PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA				PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	16	85	N°	Valor	23	120
1	12			20			
2	14			15			
3	14			27			
4	16			21			
5	22			22			
6	17			29			
7	13			23			
8	14			21			
9	22			22			
10	19	28					

PATOLOGÍA # 15				PATOLOGÍA # 16			
PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA				PRUEBA DE ESCLEROMETRÍA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	22	110	N°	Valor	30	210
1	22			36			
2	16			45			
3	19			42			
4	29			10			
5	18			14			
6	23			29			
7	25			40			
8	17			31			
9	28			28			
10	21	21					

Anexo 4- Tablas de Ensayos de Esclerometría 4

Fuente: Propia



**PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



PATOLOGIA # 17				PATOLOGIA # 18			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	17	90	N°	Valor	17	90
1	17			1	23		
2	16			2	10		
3	13			3	12		
4	19			4	15		
5	10			5	17		
6	18			6	15		
7	22			7	18		
8	15			8	25		
9	23			9	19		
10	18	10	20				

PATOLOGIA # 19				PATOLOGIA # 20			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	24	130	N°	Valor	17	90
1	30			1	19		
2	27			2	22		
3	22			3	10		
4	12			4	17		
5	22			5	15		
6	35			6	19		
7	19			7	19		
8	25			8	21		
9	24			9	18		
10	28	10	14				

Anexo 5- Tablas de Ensayos de Esclerometria 5

Fuente: Propia



**PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



PATOLOGIA # 21				PATOLOGIA # 22			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	17	90	N°	Valor	22	110
1	17			1	31		
2	13			2	12		
3	10			3	22		
4	24			4	20		
5	19			5	15		
6	19			6	35		
7	19			7	19		
8	21			8	24		
9	18			9	27		
10	14	10	14				

PATOLOGIA # 23				PATOLOGIA # 24			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²
N°	Valor	22	110	N°	Valor	15	80
1	24			1	13		
2	15			2	23		
3	18			3	12		
4	20			4	14		
5	18			5	16		
6	24			6	14		
7	15			7	14		
8	29			8	20		
9	26			9	12		
10	26	10	12				

Anexo 6- Tablas de Ensayos de Esclerometria 6

Fuente: Propia



**PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER**



PATOLOGIA # 25				PATOLOGIA # 26			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2
Nº	Valor	26	158	Nº	Valor	29	190
1	28			1	14		
2	17			2	12		
3	21			3	20		
4	36			4	36		
5	12			5	45		
6	32			6	41		
7	29			7	42		
8	28			8	35		
9	29			9	18		
10	28	10	28				

PATOLOGIA # 27				PATOLOGIA # 28			
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA			
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm2
Nº	Valor	22	110	Nº	Valor	29	190
1	31			1	38		
2	34			2	29		
3	20			3	18		
4	12			4	36		
5	12			5	36		
6	35			6	33		
7	11			7	28		
8	15			8	32		
9	19			9	19		
10	26	10	25				

Anexo 7- Tablas de Ensayos de Esclerometria 7

Fuente: Propia



PLAN DE INTERVENCIÓN Y MONITOREO DE LAS PATOLOGÍAS DEL CORDÓN AMURALLADO DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CARTAGENA DE INDIAS
CASO DE ESTUDIO: BALUARTE LA MERCED- BALUARTE SAN FRANCISCO JAVIER



PATOLOGIA # 29				PATOLOGIA # 30							
PRUEBA DE ESCLEROMETRIA				PRUEBA DE ESCLEROMETRIA							
Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²	Coef de Rebote (R)		Media	Resistencia a Compresión Kg/cm ²				
N°	Valor	19	101	N°	Valor	24	120				
1	20							1	18		
2	13							2	26		
3	29							3	25		
4	24							4	20		
5	12							5	25		
6	15							6	25		
7	24							7	24		
8	16							8	19		
9	16							9	29		
10	19							10	28		

Anexo 8- Tablas de Ensayos de Esclerometria 8

Fuente: Propia



IMPACT ANGLE α

R	α -90°	α -45°	0°	α +45°	α +90°
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	Over 600	Over 600	580	550	530
55	Over 600	Over 600	600	570	550

REBOUND VALUE R (left) and **CYLINDER COMPRESSIVE STRENGTH F (kg / cm²)** (right)

Anexo 9- Tabla de Correlación para ensayos de resistencia a la Compresión

Fuente: (Pinzuar LTDA)



8. BIBLIOGRAFÍA

- unesco*. (27 de 3 de 2003). Recuperado el 15 de 8 de 2014, de http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=12573&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- ARQ CLARIN*. (13 de Julio de 2012). Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de http://arq.clarin.com/construccion/Grietas-fisuras-Grietas-Patologias_de_la_construccion-Revoques-Mamposteria_0_734326772.html
- WEEF 2013 - Cartagena*. (2013). Recuperado el 14 de SEPTIEMBRE de 2014, de <http://weef2013.co/sede/historia-de-cartagena/>
- CONSTRUMATICA*. (2014). Recuperado el 14 de SEPTIEMBRE de 2014, de http://www.construmatica.com/construpedia/Mal_de_la_Piedra
- Balado Piedra, E. J., & Flores Valdes, E. (2004). ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE LA DISOLUCIÓN KÁRSTICA Y LA . *VII CONFERENCIA INTERNACIONAL*, (pág. 10). Cuba.
- Biczok, I. (1982). *Corrosión y proteccion del hormigón*. Urmo S.A. de Ediciones.
- Calama, J. M., & Canivell, J. (2006). *Análisis patológico de los paramentos de la muralla almohade de Sevilla*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de Dialnet: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/articulo?codigo=4500459>
- INEGI. (2014). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y GEOGRAFIA*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/gps.aspx?dv=C1>
- Lozano, F., & Gonzalez, K. (2012). *Evaluacion patologiva de vulnerabilidad sismica del fuerte-bateria de san jose de Bocachica*. Cartagena: Unicartagena.
- Meisel Roca, A., & AGUILERA DIAZ, M. (1997). *CARTAGENA DE INDIAS EN 1777: UN ANALISIS DEMOGRAFICO*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de Dialnet: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/articulo?codigo=1168474>
- Metodologia de la investigacion, Cap 3. (14 de actubre de 2014). *catarina.udlap*. Obtenido de <http://catarina.udlap.mx/>
- MUÑOZ, H. A. (2001). *EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS ESTRUCTURAS EN CONCRETO*. BOGOTA: ASOCRETO.



- Oliveros Jimenez, M. (2011). *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*. Cartagena: Universidad de Cartagena.
- Rhenals Acuña, L. C., & Santos De Avila, L. E. (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.
- Rivas Brea, T., Prieto Lamas, B., & Silva Hermo, B. M. (s.f.). Grado de meteorización y formas de alteración de las rocas de construcción de megalitos gallegos. *NACC: Nova acta científica compostelana. Biología*, 203-227.
- Rivva L, E. (2006). *Durabilidad y Patología*.
- Rodríguez Polito, J. (s.f.). *Restauración y Degradación de Monumentos Históricos*.
- Sanchez Martínez, M., & Alvarez Gasca, D. E. (2011). *El papel de la Química en la Restauración de Monumentos*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de Dialnet: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/articulo?codigo=3844543>
- 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>
- Torres Montealegre, M. J., & Lopez Vazquez, L. B. (1998). *ESTUDIO DE LAS MURALLAS DE TALAVERA DE LA REINA DETERIORO Y RESTAURACION*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de Dialnet: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/articulo?codigo=575732>
- Zapatero, J. M. (1979). *Historia de las fortificaciones de Cartagena de Indias*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2014, de Dialnet: <http://ezproxy.unicartagena.edu.co:2146/servlet/libro?codigo=262939>