



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO
DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR (ES):

WELLINGTON ARIEL GONZÁLEZ NEIRA
ANDRÉS JAVIER SOLANO LINO

TUTOR:

ING. RAÚL VILLAO VERA, MS.c

LA LIBERTAD, ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL
EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL
CÓDIGO ACI 211.1**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR:

WELLINGTON ARIEL GONZÁLEZ NEIRA

ANDRÉS JAVIER SOLANO LINO

TUTOR:

ING. RAÚL ANDRÉS VILLAO VERA, MS.c

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



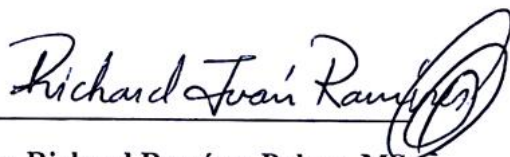
Ing. Lucrecia Moreno Alcívar, Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Raúl Villao Vera, MSc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Vianna Pinoargote Rovello, MSc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Richard Ramírez Palma, MSc.
SECRETARIA DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a un grupo de persona que siempre ha estado pendiente a mí, sobre todo que me ha apoyado incondicionalmente a lo largo de estos estudios P. Manuel Quito Villa, a mi Esposa Evelyn y sobre todo a mis padres Arcadio y Angela que siempre me dieron esa orientación para ser una buena persona y sobre todo llegar a esta vida como un profesional

Wellington González Neira

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios, fuente de toda inspiración. A mis padres, Elena y Bolívar, por su constante apoyo y la confianza depositada en cada paso de este proceso educativo. A mi hermano Christian, por su indispensable ayuda y por motivarme a superar las situaciones más complejas.

A mis tías Jenny y Martha, por la hospitalidad y el cariño brindados en su casa durante este período. A mi abuela Margarita, cuya dedicación a inculcarnos una educación de excelencia ha sido un faro en nuestra generación. Y, por supuesto, a mis maestros y compañeros, quienes hicieron de este largo recorrido una experiencia inolvidable.

Andrés Solano Lino

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema **ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1**, elaborado por los estudiante GONZÁLEZ NEIRA WELLINGTON ARIEL y SOLANO LINO ANDRES JAVIER, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, me permito declarar que una vez analizado en el sistema anti plagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 3 % de la valoración permitida.

INFORME DE ANÁLISIS magister		
TESIS_Análisis Patológico 3		
3% Textos sospechosos		0% Similitudes 0% similitudes entre epígrafes 0% entre las fuentes mencionadas 2% Idiomas no reconocidos 1% Textos potencialmente generados por la IA
Nombre del documento: TESIS_Análisis Patológico 3.docx ID del documento: 6f769039f79c8c59743d20a4d33a61bce023df Tamaño del documento original: 95.7 kB	Depositante: RAÚL ANDRÉS VILLAO VERA Fecha de depósito: 11/6/2025 Tipo de carga: interface Fecha de fin de análisis: 11/6/2025	Número de palabras: 13.060 Número de caracteres: 86.901
Ubicación de las similitudes en el documento:		

FIRMA DEL TUTOR

Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

C.I.: 0924204290

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, GONZÁLEZ NEIRA WELLINGTON y SOLANO LINO ANDRES JAVIER-, declaro bajo juramento que el presente trabajo de titulación denominado **“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”**, no tiene antecedentes de haber sido elaborado en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Civil, lo cual es un trabajo exclusivamente inédito y perteneciente de mi autoría.

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual, correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente,



González Neira Wellington Ariel

C.I: 2450250341

Autor de Tesis



Solano Lino Andrés Javier

C.I: 2450319823

Autor de Tesis

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

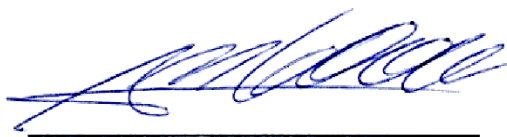
Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del presente trabajo **ANÁLISIS PATOLÓGICO DEL LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil elaborado por los Sres. GONZÁLEZ NEIRA WELLINGTON ARIEL y SOLANO LINO ANDRÉS JAVIER, egresados de la carrera de Ingeniería Civil, Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

FIRMA DEL TUTOR



Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

TUTOR

Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
Celular: 0962183538
Correo: bettyruthgomez@educacion.gob.ec

CERTIFICACIÓN GRAMATICAL Y ORTOGRÁFICA

Yo, **BETTY RUTH GÓMEZ SUÁREZ**, en mi calidad de **LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN Y MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS**, por medio de la presente tengo a bien indicar que he leído y corregido el Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, denominado **"ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1"**, de los estudiantes: **GONZALEZ NEIRA WELLINGTON ARIEL** y **SOLANO LINO ANDRES JAVIER**.

Certifico que está redactado con el correcto manejo del lenguaje, claridad en las expresiones, coherencia en los conceptos e interpretaciones, adecuado empleo en la sinonimia. Además de haber sido escrito de acuerdo a las normas de ortografía y sintaxis vigentes.

En cuanto puedo decir en honor a la verdad y autorizo a los interesados hacer uso del presente como estimen conveniente.

Santa Elena, 10 de Junio del 2025



Lcda. Betty Ruth Gómez Suárez, Mgtr.
CI. 0915036529

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MAGÍSTER EN DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MODELOS EDUCATIVOS
Nº DE REGISTRO DE SENECYT 1050-2014-86052892

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está dedicado a Dios por ser mi pilar fundamental de mi fe, porque me llena de salud y me regala la vida para continuar y no renunciar ante mis obstáculos y objetivos que me da, para seguir adelante. También a mi apreciado tutor Ing. Raúl Villao y así mismo al Ing. Richard Ramírez, Docente UIC que impartió sus conocimientos para poder llegar al éxito de este nuestro trabajo finalizado, a mi gran amigo y apreciado Padre Manuel que ha sido mi apoyo incondicional, a mi esposa Evelyn Santistevan y en especial mis padres Arcadio y Angela por ser ese apoyo fundamental en mi vida, por brindarme su aprecio y afecto e inculcarme valores para poder desenvolver hasta lograr esta etapa de formación. A cada uno de mis docentes que impartieron sus conocimientos en el transcurso de toda mi formación y a todas las personas que me brindan de su apoyo para poder continuar con mi carrera profesional.

Wellington González Neira

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi profundo agradecimiento al Ingeniero Raúl Villao, mi tutor de tesis, y al docente Richard Ramírez. Su valioso conocimiento y orientación fueron esenciales en el desarrollo de este proceso de titulación. Asimismo, extendiendo mi gratitud a mi compañero de tesis, cuya dedicación y apoyo fueron fundamentales para la materialización de este proyecto. A mi familia, por su respaldo incondicional, que siempre representó un motor en mi camino. A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, le agradezco por brindarme las herramientas y oportunidades que cimentaron mi formación profesional. Por último, pero no menos importante, a mis amigos y conocidos, compañeros de jornada en el esfuerzo diario, con quienes comparto la satisfacción de haber llegado a este punto donde pronto celebraremos con orgullo el prefijo que nos distinguirá.

Andrés Solano Lino

CONTENIDO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	vi
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
AGRADECIMIENTOS	x
CONTENIDO	xi
LISTA DE FIGURAS	xvii
LISTA DE TABLAS	xviii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT	xxi
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.2. ANTEDECENTES.....	4
1.3. HIPÓTESIS.....	11
1.3.1. Hipótesis general.....	11
1.3.2. Hipótesis Específicas.	11

1.4.	OBJETIVOS	11
1.4.1.	Objetivo General	11
1.4.2.	Objetivos Específicos	11
1.5.	ALCANCE	12
1.6.	VARIABLES	12
1.6.1.	Variables Independientes	12
1.6.2.	Variables Dependientes	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		13
2.1.	HORMIGÓN ARMADO	13
2.1.1.	Definición y Naturaleza del Hormigón	13
2.1.2.	Componentes del Hormigón	13
2.1.3.	Propiedades del Hormigón	14
2.1.4.	Clasificación del Hormigón	15
2.1.5.	Ventajas del Hormigón Armado	15
2.1.6.	Limitaciones del Hormigón Armado	16
2.1.7.	Influencia del Tiempo en las Propiedades del Hormigón	16
2.1.8.	Comportamiento Mecánico	16
2.2.	DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN SEGÚN ACI 211.1	16
2.2.1.	Introducción al Diseño de Mezclas	16
2.2.2.	Pasos del Método ACI 211.1	17
2.2.3.	Relación Agua-Cemento y su Impacto	18
2.2.4.	Influencia de los Agregados en el Diseño de Mezclas	18

2.2.5.	Consideraciones sobre Aditivos.....	19
2.3.	PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO..	19
2.3.1.	Definición de Patología en la Ingeniería Estructural	19
2.3.2.	Tipos de Daños en Estructuras de Hormigón.....	20
2.3.3.	Causas Frecuentes de Patologías.....	21
2.3.4.	Manifestaciones Patológicas	21
2.3.5.	Evaluación de Daños: Ensayos y Técnicas	22
2.3.6.	Consecuencias de No Intervenir a Tiempo	23
2.3.7.	Importancia del Diagnóstico Previo al Reforzamiento	23
2.4.	DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ARMADO	24
2.4.1.	Definición y Concepto de Durabilidad	24
2.4.2.	Factores que Afectan la Durabilidad.....	24
2.4.3.	Mecanismos de Deterioro	24
2.4.4.	Diseño para la Durabilidad.....	25
2.4.5.	Medición y Evaluación de la Durabilidad.....	26
2.4.6.	Durabilidad en Ambientes Marinos	26
2.4.7.	Vida Útil y Mantenimiento Preventivo	26
2.5.	EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES EXISTENTES.....	27
2.5.1.	Concepto de Seguridad Estructural.....	27
2.5.2.	Criterios de Evaluación según Normativas	27
2.5.3.	Métodos de Evaluación	28

2.5.4.	Indicadores de Seguridad	28
2.5.5.	Importancia en Proyectos de Rehabilitación.....	29
CAPITULO III: METODOLOGÍA		30
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	30
3.1.1.	Tipo.	30
3.1.2.	Nivel.	30
3.2.	MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.2.1.	Método.	31
3.2.2.	Enfoque.	31
3.2.3.	Diseño.	31
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	32
3.3.1.	Población.....	32
3.3.2.	Muestra.....	32
3.3.3.	Muestreo.....	33
3.4.	UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO	33
3.5.	METODOLOGÍA DEL O.E.1.: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN	34
3.5.1.	Aplicación del instructivo del MIDUVI (Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de edificaciones).....	34
3.5.2.	Extracción de testigos de concreto	36
3.5.3.	Registro y manipulación técnica de los núcleos extraídos.....	39
3.5.4.	Preparación para ensayos mecánicos y parámetros técnicos según normativa.....	40

3.5.5.	Comparación normativa y análisis preliminar según ACI 211.1 ..	43
3.6.	METODOLOGÍA DEL O.E.2.: INSPECCIÓN VISUAL Y DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES.....	45
3.6.1.	Inspecciones de campo.....	45
3.6.2.	Fichas resumen y detalladas de patologías encontradas.	48
3.6.3.	Clasificación de patologías por gravedad (sistema semafórico: leve, moderado, severo).	51
3.6.4.	Identificación de causas: fallas de material, diseño antiguo, entorno agresivo. 53	
3.6.5.	Evaluación de vulnerabilidad sísmica según FEMA.	56
3.6.6.	Condiciones del acero de refuerzo (no corrugado, sin corrosión interna significativa).....	63
3.6.7.	Registro gráfico y fotográfico de daños	66
3.7.	METODOLOGÍA DEL O.E.3.: PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL CONFORME ACI 211.1	69
3.7.1.	Análisis de mezclas conforme el ACI 211.1 para elementos a rehabilitar.	69
3.7.2.	Revisión de los planos arquitectónicos	71
3.7.3.	Propuesta de técnicas de rehabilitación: encamisados, inyecciones epóxicas, fibras FRP	76
3.7.4.	Propuesta argumentada y técnica sobre la posible demolición como alternativa final.....	87
3.8.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	90
	CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93

4.1. RESULTADOS DEL O.E.1.: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	93
4.1.1. Extracción y Ensayo de Núcleos de Concreto	93
4.1.2. Resultados de la Resistencia a Compresión	94
4.1.3 Observaciones Técnicas	94
4.1.4 Interpretación de Resultados	95
4.2 RESULTADOS DEL O.E.2.: IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL Y EVALUACIÓN TÉCNICA	95
4.2.1 Corrosión de Armaduras en Losa de Cubierta	95
4.2.2 Daños Generalizados en Elementos Estructurales	96
4.2.3 Vulnerabilidad sísmica según evaluación FEMA	97
4.2.4 Interpretación Técnica y Proyección.....	99
4.3 RESULTADOS DEL O.E.3.: PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL BASADA EN EL CÓDIGO ACI 211.1	99
4.3.1 Diagnóstico General.....	99
4.3.2 Parámetros de Diseño Según ACI 211.1 y Normativa Sísmica.....	100
4.3.3 Propuesta de Rehabilitación Técnica	100
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
ANEXOS	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 El hormigón, componentes y propiedades.....	14
Figura 2 Patologías estructurales	20
Figura 3 Manifestaciones comunes en estructuras de hormigón armado	22
Figura 4 Ubicación del Hotel Samarina – Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena Coordenadas: Latitud: -2°13'10 S, Longitud: -80°55'05 O.....	34
Figura 5 Equipo de perforación utilizado.	37
Figura 6 Extracción de testigos.....	38
Figura 7 Medición de testigos y registro dimensional	40
Figura 8 Inspección visual preliminar del Hotel Samarina.....	46
Figura 9 Patologías encontradas en elementos estructurales	47
Figura 10 Mapa de peligro sísmico en el Ecuador NEC-2015	58
Figura 11 Modelo de espectro de diseño sísmico	59
Figura 12 Acero liso observado en campo.....	64
Figura 13 Grietas y fisuras de la losa de hormigón.....	67
Figura 14 Planta baja del Hotel Samarina.....	73
Figura 15 Primer piso alto del Hotel Samarina.....	73
Figura 16 Segundo y tercer piso alto y azotea del Hotel Samarina	74
Figura 17 Elevación principal (Sur) y Sección A'A del Hotel Samarina	74
Figura 18 Elevación posterior (Norte) y Sección B'B del Hotel Samarina	75
Figura 19 Espectro de aceleración de diseño para la zona sísmica del Hotel Samarina.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades del Hormigón.....	14
Tabla 2 Clasificación del Hormigón	15
Tabla 3 Relación Agua-Cemento Recomendada según la Resistencia Requerida	18
Tabla 4 Volumen Aproximado de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto	19
Tabla 5 Clasificación de Patologías del Hormigón Armado.....	20
Tabla 6 Métodos de Evaluación en Diagnóstico Estructural	23
Tabla 7 Mecanismos Comunes de Deterioro del Hormigón Armado.....	25
Tabla 8 Ensayos Comunes para Evaluar la Durabilidad del Hormigón.....	26
Tabla 9 Normas Utilizadas para Evaluación de Edificios Existentes	27
Tabla 10 Indicadores de Seguridad Estructural.....	28
Tabla 11 Condiciones de preparación de núcleos de concreto para ensayo de compresión	41
Tabla 12 Parámetros técnicos de control para el ensayo de núcleos.....	42
Tabla 13 Criterios de comparación para la resistencia del concreto estructural ..	44
Tabla 14 Modelo de ficha resumen de patologías estructurales.....	49
Tabla 15 Criterios técnicos de clasificación de patologías estructurales	52
Tabla 16 Ejemplo de aplicación de clasificación semafórica en elementos estructurales.....	53
Tabla 17 Parámetros para el diseño del espectro de aceleración sísmica	58

Tabla 18 Determinación de la región sísmica a partir de la respuesta de aceleración espectral para un MCER	60
Tabla 19 Interpretación del puntaje final según FEMA P-154	61
Tabla 20 Criterios metodológicos para evaluación visual del acero de refuerzo .	65
Tabla 21 Mejora estimada en el uso de encamisado estructural	77
Tabla 22 Mejora estimada en el uso de inyección epóxica	81
Tabla 23 Mejora estimada en el uso de fibras FRP en columnas y losas.....	84
Tabla 24 Tipos de fibras FRP y sus propiedades.	85
Tabla 25 Propiedades mecánicas de las varillas de fibra de carbono (CFRP bars)	86
Tabla 26 Comparación técnica de soluciones de rehabilitación estructural	87
Tabla 27 Operacionalización de Variables Independientes	90
Tabla 28 Operacionalización de Variables Dependientes.....	92
Tabla 29 Detalle de extracción de núcleos de concreto	93
Tabla 30 Resultados del ensayo de compresión de núcleos extraídos	94
Tabla 31 Estado de corrosión en aceros expuestos de la losa de cubierta	96
Tabla 32 Registro de fallas estructurales observadas.....	96
Tabla 33 Resultados obtenidos del espectro de aceleración (Figura 19)	98
Tabla 34 FEMA.....	98
Tabla 35 Parámetros de Diseño Según ACI 211.1 y Normativa Sísmica.....	100
Tabla 36 Refuerzo de Columnas	101
Tabla 37 Reparación de Losa de Cubierta y Corredores.....	101
Tabla 38 Reparación de Losa de Cubierta y Corredores.....	102

“ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA DEL EDIFICIO DEL HOTEL SAMARINA APLICANDO EL CÓDIGO ACI 211.1”

Autores: González Neira Wellington Ariel y Solano Lino Andrés Javier

Tutor: Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo principal analizar patológicamente la estructura del Hotel Samarina, edificación de hormigón armado construida en la década de 1970 y actualmente propiedad de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). Esta investigación surge ante la necesidad de evaluar el deterioro estructural causado por factores ambientales del entorno costero, la antigüedad de los materiales, y la ausencia de mantenimiento preventivo, elementos que comprometen su seguridad y funcionalidad. Bajo un enfoque aplicado, cuantitativo y no experimental, se realizó una inspección visual exhaustiva y se ejecutaron ensayos destructivos y no destructivos, como pruebas de esclerometría, ultrasonido, carbonatación y extracción de núcleos, a fin de diagnosticar el estado real del concreto y del acero de refuerzo. La metodología se sustentó en el código ACI 211.1 para evaluar la calidad del concreto existente y proponer estrategias de intervención. Los resultados reflejan una degradación significativa en elementos estructurales clave, con pérdida de recubrimiento, fisuras longitudinales y transversales, y corrosión activa del acero. Según los criterios de evaluación estructural y sísmica establecidos por el manual FEMA P-154, el edificio presenta un nivel crítico de vulnerabilidad, por lo que se concluye que su rehabilitación no resulta viable desde el punto de vista técnico ni económico. En consecuencia, se recomienda su demolición técnica y la construcción de una nueva infraestructura que cumpla con normativas actuales de sismorresistencia y eficiencia estructural. Este estudio aporta una base técnica para futuras intervenciones en edificaciones antiguas de la región.

Palabras clave: análisis patológico, hormigón armado, ACI 211.1, vulnerabilidad estructural, rehabilitación.

“PATHOLOGICAL ANALYSIS OF THE STRUCTURE OF THE SAMARINA HOTEL BUILDING APPLYING THE ACI 211.1 CODE”

Autores: González Neira Wellington Ariel y Solano Lino Andrés Javier

Tutor: Ing. Raúl Andrés Villao Vera, MSc.

ABSTRACT

This thesis aims to conduct a pathological analysis of the structure of the Samarina Hotel, a reinforced concrete building constructed in the 1970s and currently owned by the Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). The research arises from the need to assess structural deterioration caused by coastal environmental factors, aging materials, and lack of preventive maintenance, all of which compromise the building's safety and functionality. Using an applied, quantitative, and non-experimental approach, a thorough visual inspection was carried out along with destructive and non-destructive tests, such as sclerometry, ultrasonic testing, carbonation depth assessment, and core extraction, to diagnose the actual condition of the concrete and reinforcement steel. The methodology followed the ACI 211.1 code to evaluate the concrete quality and to propose appropriate intervention strategies. Results reveal significant degradation in key structural elements, including insufficient concrete cover, longitudinal and transverse cracking, and active corrosion of the reinforcement steel. According to the structural and seismic vulnerability criteria established by the FEMA P-154 manual, the building presents a critical risk level, leading to the conclusion that rehabilitation is neither technically nor economically feasible. Therefore, technical demolition and the construction of a new facility that complies with current seismic and structural efficiency codes are recommended. This study provides a technical foundation for future interventions in aging buildings across the coastal region.

Keywords: pathological analysis, reinforced concrete, ACI 211.1, structural vulnerability, rehabilitation.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la provincia de Santa Elena ha experimentado un crecimiento significativo en su infraestructura turística, lo que ha generado la necesidad de evaluar y rehabilitar edificaciones emblemáticas para adaptarlas a los estándares actuales de seguridad y funcionalidad. Un ejemplo destacado es el Hotel Samarina, ubicado en el cantón La Libertad, cuya estructura de hormigón armado, construida durante la década de 1970, presenta signos de deterioro debido a factores ambientales y al paso del tiempo. Este edificio, transferido a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) en 2012, se proyecta como un hotel-escuela para fortalecer la formación académica en hotelería y turismo (Ministerio de Turismo, 2012).

El análisis patológico de estructuras de hormigón armado es esencial para identificar y diagnosticar las diversas patologías que pueden afectar la integridad de una edificación. Estas patologías pueden originarse por errores de diseño, fallas en la ejecución, sobrecargas, condiciones ambientales adversas o falta de mantenimiento adecuado. La identificación temprana y precisa de estas anomalías permite implementar medidas correctivas y preventivas que aseguren la durabilidad y seguridad de las construcciones (Del Rio Bueno, 2021).

En este contexto, la presente tesis se centra en el análisis patológico de la estructura del Hotel Samarina, aplicando el código ACI 211.1, que establece procedimientos para la selección y proporción de mezclas de concreto. El objetivo es evaluar la calidad del concreto existente y determinar las causas de las patologías presentes en la edificación, con el fin de proponer soluciones de rehabilitación adecuadas.

La aplicación de códigos y normativas específicas, como el ACI 211.1, es fundamental para garantizar la calidad y resistencia del concreto en las estructuras. Este código proporciona directrices detalladas para el diseño de mezclas de concreto, considerando factores como la resistencia requerida, la trabajabilidad y las condiciones de exposición. Su correcta aplicación contribuye a mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto, aspectos cruciales en la rehabilitación de edificaciones antiguas (Sancho Aznal, 1982).

El Hotel Samarina, al estar ubicado en una zona de alta sismicidad debido a la proximidad de la zona de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana, requiere una evaluación estructural minuciosa. Estudios previos han señalado que muchas edificaciones en la región no cumplen con los diseños sismorresistentes actuales, lo que subraya la importancia de realizar análisis detallados y proponer medidas de reforzamiento adecuadas (Ramírez et al., 2015).

Para alcanzar el objetivo planteado, el trabajo se distribuye de la siguiente manera: En el capítulo I, se presenta el planteamiento de la investigación, que incluye la descripción del problema, revisión bibliográfica, hipótesis, variables y objetivos. El capítulo II recopila los conceptos del marco teórico relacionados con el análisis patológico de estructuras de hormigón armado y la aplicación del código ACI 211.1. En el capítulo III se detalla la metodología aplicada en la investigación. El capítulo IV presenta los resultados obtenidos y su análisis correspondiente. Finalmente, en el capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El análisis patológico de estructuras de hormigón armado es una disciplina clave en la ingeniería civil, ya que permite diagnosticar y prevenir fallas estructurales que comprometen la seguridad y funcionalidad de las edificaciones. Este proceso se basa en la inspección visual, ensayos no destructivos y análisis de laboratorio para identificar patologías como fisuras, corrosión del acero de refuerzo, carbonatación y otras formas de degradación que afectan la durabilidad del concreto (Cho & Tanaka, 2010). En el caso del Hotel Samarina, ubicado en la provincia de Santa Elena, su antigüedad y exposición a condiciones ambientales agresivas han generado un progresivo deterioro estructural, lo que hace indispensable una evaluación exhaustiva.

El deterioro del concreto en ambientes costeros, como el de la provincia de Santa Elena, se ve acelerado por la acción del agua salina, los ciclos de humedad y sequedad, y la presencia de cloruros que pueden generar corrosión en el acero de refuerzo. Estas condiciones aumentan el riesgo de fisuración y delaminación del

concreto, reduciendo la capacidad estructural del edificio y aumentando los costos de mantenimiento y reparación. En muchas edificaciones antiguas, la falta de un mantenimiento preventivo adecuado contribuye a que las patologías se desarrollen sin ser detectadas a tiempo.

El Hotel Samarina, al formar parte de las instalaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), es una edificación que tiene el potencial de convertirse en un hotel-escuela, pero su actual estado de deterioro estructural representa un desafío para su rehabilitación y reutilización. Evaluaciones preliminares han evidenciado la presencia de fisuras en muros y losas, corrosión del acero de refuerzo y pérdida de capacidad portante en ciertos elementos estructurales, lo que podría comprometer su seguridad y funcionalidad (Ramírez et al., 2015). Esto subraya la necesidad de realizar un análisis patológico detallado basado en normativas internacionales como el código ACI 211.1, con el fin de determinar las causas de las patologías y proponer soluciones técnicas adecuadas.

Los estándares de diseño y construcción han evolucionado con el tiempo, por lo que muchas edificaciones antiguas, como el Hotel Samarina, pueden no cumplir con los criterios estructurales actuales, especialmente en lo que respecta a la sismorresistencia. Investigaciones han demostrado que la mayoría de los edificios construidos antes de la implementación de normativas modernas presentan deficiencias estructurales que los hacen vulnerables a eventos sísmicos (Priestley et al., 1996). Dado que Santa Elena se encuentra en una zona de alta actividad sísmica debido a la interacción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, es fundamental evaluar la capacidad de la estructura para resistir movimientos sísmicos y determinar si es necesario reforzarla.

Bajo este contexto, la problemática central de la investigación se plantea en la siguiente pregunta general: ¿Cuáles son las principales patologías estructurales presentes en el Hotel Samarina y cómo afecta su estado actual a la seguridad y funcionalidad de la edificación?

A partir de esta interrogante, se derivan las siguientes preguntas específicas (P.E.):

P.E.1. ¿Cuáles son las principales causas del deterioro del concreto en el Hotel Samarina y qué factores ambientales han influido en su degradación?

P.E.2. ¿Cómo afectan las patologías detectadas a la capacidad estructural del edificio en términos de seguridad y funcionalidad?

P.E.3. ¿Cuáles son las estrategias de rehabilitación más adecuadas, según la aplicación del código ACI 211 para garantizar la seguridad y prolongar la vida útil de la estructura?

El problema de investigación se fundamenta en la necesidad de diagnosticar y mitigar los efectos del deterioro estructural en edificaciones con alto valor patrimonial y funcional. La rehabilitación del Hotel Samarina no solo permitirá su reutilización como un hotel-escuela dentro de la UPSE, sino que también servirá como un caso de estudio para la aplicación de técnicas de restauración en edificaciones similares en la región costera del Ecuador. Además, la investigación contribuirá al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 de la ONU, que busca garantizar que las ciudades sean más seguras y resilientes mediante la modernización y adaptación de infraestructuras clave (ONU, 2023).

1.2. ANTECEDENTES

El análisis patológico de la estructura de un edificio implica el estudio de las causas que provocan el deterioro y la evaluación de los daños en los materiales de construcción, especialmente en los elementos de concreto. A nivel internacional, existen diversos estudios que abordan los procedimientos, normativas y herramientas utilizadas para realizar este tipo de evaluaciones, lo que permite realizar diagnósticos eficaces y proponer soluciones adecuadas para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras.

En este contexto, el trabajo de investigación realizado por Juan Ramón Aurrekoetxea (2009), titulado: “Reparación de pilares con daños parciales localizados” consiste en una tesis doctoral que plantea la reparación de daños parciales localizados en pilares de hormigón armado, sometidos a carga centrada, que se completa con un análisis matemático de modelos de pilares reparados. En

general las lesiones más comunes en pilares de hormigón armado están asociadas a fenómenos de corrosión de armadura, que se manifiestan en forma de fisuras y desconchados. Esta patología en el caso de pilares rectangulares implica el desprendimiento de aristas y el agrietamiento vertical.

Existen otro tipo de lesiones que se originan por impactos, rozas, incendios, etc. que provocan efectos similares a la patología por corrosión, pero con pérdidas de sección mayores (pérdidas de recubrimiento). La totalidad de las lesiones descritas que, en general, se pueden calificar como daños parciales localizados y tienen en común pérdidas de sección transversal moderadas de los pilares. El objeto de la tesis es analizar métodos de reparación de pilares que no impliquen reestructuración o refuerzo (incremento de capacidad resistente), sino reparación o recuperación de la capacidad resistente perdida por alguna lesión.

Para ello, las técnicas de reparación o consolidación más empleadas se basan en la aplicación de morteros especiales y en morteros arena-cemento, habiendo resultado más eficaces los primeros. Por ello se han estudiado dos tipologías de aplicación de estos morteros especiales de reparación: (a) aplicación manual a la llama o proyectado de un mortero de cemento modificado con polímeros, (b) aplicación mediante colado de un mortero de cemento adherente modificado con agentes químicos.

Se han analizado los métodos de reparación anteriores abordando una campaña experimental de ensayos de pilares reparados (con pérdidas de dos esquinas, cuatro esquinas y todo el recubrimiento). Para ello se fabricaron veinticuatro pilares de 25x25x200 cm. de los cuales, algunos se picaron en sus dos, cuatro esquinas o recubrimiento para simular las lesiones y después fueron reparados con los dos métodos propuestos. Otros pilares se dejaron como referencia a la hora de los ensayos.

Previo al ensayo de los pilares, se calculó la capacidad resistente teórica de los pilares en las distintas condiciones de su sección transversal, en base a las resistencias de las probetas de hormigón, morteros, previamente ensayados. Posteriormente se procedió al ensayo a compresión centrada en prensa de los

pilares, los cuales fueron instrumentados para la obtención de curvas carga deformación.

Tras los ensayos de los pilares reparados se ha estudiado la eficacia de los distintos métodos de reparación empleados, comparando los valores de rotura, respecto de los valores teóricos o respecto de los valores reales de los pilares de referencia.

Para completar el análisis de las curvas carga-deformación de la rotura de los pilares se ha planteado evaluar la influencia en las reparaciones de distintos parámetros resistentes, como pueden ser la rigidez de los materiales de reparación, transferencia de esfuerzos en la superficie de contacto, etc.

Además, se ha estudiado la actuación de cargas diferidas y el hecho de que la reparación se efectúe bajo carga o que se puedan combinar esfuerzos de compresión y flexión en los pilares. Partiendo de la campaña de ensayos experimentales se han analizado cada uno de los casos ensayados (pilares reparados con pérdida total de recubrimiento) mediante análisis matemático de la probeta reparada. Se ha efectuado una modelización por Elementos Finitos de una probeta reparada, analizándose el comportamiento resistente de las reparaciones bajo los siguientes casos de carga: (1) compresión uniaxial de la probeta reparada, (2) compresión uniaxial de la probeta reparada, efectuando la reparación bajo carga, (3) estudio del creep o fluencia bajo compresión uniaxial de la probeta reparada y (4) compresión combinada de la probeta de hormigón reparada.

También, podemos destacar el documento elaborado por Juan Pérez Valcárcel (2000), con el título: “Patología de estructuras de hormigón armado” el cual aborda las principales causas de deterioro en estructuras de hormigón armado, incluyendo aspectos como el efecto del fuego y la corrosión de las armaduras. Aunque no es una tesis o artículo científico, este material académico proporciona una visión detallada de las patologías más comunes y sus posibles soluciones, siendo una referencia útil para profesionales y estudiantes en el ámbito de la ingeniería estructural.

De igual forma, destaca los estudios coordinados por José María Bairán García y José Antonio Ríos Bueno (2006), este libro ofrece un panorama amplio sobre la

concepción, diseño, construcción y problemas fundamentales de las estructuras de hormigón armado. Aunque no es una tesis o artículo científico, incluye estudios de casos y metodologías de intervención, siendo una fuente valiosa para profesionales dedicados a la rehabilitación estructural.

A nivel regional, citamos la tesis de Bernal Sigüenza, Jordy Wilfredo (2019), titulada: “Determinación y evaluación de las patologías de la estructura de concreto armado del puente vial Miguel Grau con longitud de 300 metros, su progresiva de 992+346 km, de la vía panamericana norte Piura del caserío La Legua – distrito de Catacaos –provincia de Piura departamento de Piura – octubre 2018” el cual tiene como finalidad determinar y evaluar el número de fallas patológicas, la magnitud del daño y la condición general del puente vehicular Miguel Grau ubicado en el trayecto de la vía principal panamericana norte cruce (catacaos-chiclayo) caserío la legua-distrito de Catacaos-provincia de Piura-departamento de Piura, para el desarrollo del proyecto se ha designado una hoja de evaluación en campo accediendo así a estudiar la cantidad total existente de patologías en el área evaluada, durante este procedimiento se ha utilizado el manual SCAP del ministerio de transportes y comunicaciones permitiéndonos obtener los niveles de severidad del puente.

El estudio se realiza con el fin de determinar la seguridad del puente ante el uso vehicular, como primer punto en la investigación daremos una introducción corta anotando una descripción de los puentes existentes, lo fundamental de su construcción, su beneficio en la comunidad, sus dificultades y condiciones de uso ocasionados. El siguiente punto es la revisión literaria, como uno de los parámetros de este capítulo son antecedentes internacionales, locales y nacionales recopilando información básica para estudio, los principios teóricos se basan específicamente en la clasificación de diversos puentes que se toman en cuenta durante la evaluación y que son objeto de información durante la investigación, otro parámetro que se tiene es el deterioros patológicos que nos ayuda a registrar el nivel de severidad que ocasiona la falla estructural, el tercer punto comprende la metodología, es el proceso de evaluación que examina detalladamente las patologías logrando el análisis de los resultados minuciosamente y en qué situación se encuentra la estructura del puente.

La conclusión del total de todas las secciones evaluadas nos brinda como resultados que el mayor daño estructural que más ha afectado es en losa de concreto armado y la mayor patología predominante son fisuras el cual se ha hecho presente en el estudio del total de la vía, con un porcentaje de 7.13 % de daño, su nivel de condición estadística es de 2.48 del total del puente analizado logrando ubicar en un rango regularmente estadístico de la condición del puente.

Otro estudio realizado por Guerrero Vargas, Samuel Magno (2022), con el título: “Análisis de las patologías estructurales y su propuesta de solución del piso de concreto de 64 años de antigüedad sometido a grandes cargas de la sala de máquinas de la compañía de bomberos del Perú - Rímac N° 21, 2021” estuvo bajo responsabilidad de la Subdirección de Gestión de Infraestructura y Equipamiento de la Dirección de Gestión de Recursos para la Operatividad, área en el cual desarrollo mis competencias profesionales, teniendo como objetivo general analizar las patologías estructurales y su propuesta de solución del piso de concreto, el instrumento utilizado fue la guía de observación y ensayos en laboratorio e in situ, obteniendo como resultado que las patologías estructurales son ocasionadas por la humedad que afectó a 177.75 m² del piso, las patologías estructurales se encuentran en el nivel más alto de severidad y son fisura, grietas y hundimiento, el mejoramiento y compactación del terreno como propuesta de solución obtuvo un grado de compactación ASTM D1556 mayor a 100%, la implementación del piso de concreto armado obtuvo un ensayo de la resistencia de compresión con probetas cilíndrica de 6 x 12 pulgadas mayor a 280 kg/cm² a los 28 días de edad.

Por otro lado, el trabajo de investigación realizado por Pablo Andrés Monge Zambrano (2024), titulado: “Patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023” tiene como tarea identificar la patología estructural y su impacto en la vulnerabilidad sísmica de un edificio polivalente de hormigón armado de 10 plantas en la ciudad de Abancay. El propósito de la tesis es determinar la patología estructural y su efecto sobre la vulnerabilidad sísmica, de un edificio multiuso de concreto armado de 10 niveles en la ciudad de Abancay. El propósito de la tesis fue realizar una evaluación post construcción de 12 niveles del edificio Anthalef y así determinar su vulnerabilidad sísmica con base a análisis estáticos

lineales, y también por el método de Benedetti Petrini, para obtener los resultados para determinar su vulnerabilidad.

Las propiedades del suelo encontrada en esta edificación se clasifica como Grava arcillosa limosa con arena con bloques (GC-GM), un suelo S2 intermedio, este tipo de suelo aporta un peligro bajo y por ende el riesgo es bajo así mismo se inspeccionó la edificación para obtener datos in situ, y con ella realizar la evaluación, como el análisis lineal se pudo encontrar que la edificación cuenta con irregularidades en planta, para la dirección Y, del mismo modo se demostró que la edificación no cumple con la deriva de entrepiso para dicho nivel, del mismo se logró identificar patologías presentes como, columna corta, degradando así estos en el comportamiento global, del mismo modo se llegó a observar deficiencias en el proceso constructivo como mala ubicación de octogonales, cajas de paso, inexistencia de separación sísmica inexistencia de elementos de confinamiento, entre otros. Como conclusión global se llegó a demostrar que la edificación está en el rango de vulnerabilidad de media a baja tanto del análisis lineal efectuado, así como el método del índice de vulnerabilidad del método italiano, como se presenta en todo el capítulo IV.

A nivel local, se enaltece el trabajo de titulación de Ivette Soledad Panchana Zambrano (2020), el cual se centra en el análisis de las causas y consecuencias de la corrosión en estructuras de hormigón armado expuestas a ambientes agresivos en el cantón Santa Elena. El estudio identifica que la proximidad al ambiente marino y la presencia de cloruros son factores determinantes en la degradación del hormigón y el acero de refuerzo. Para evaluar el estado de las estructuras, se emplearon ensayos no destructivos, como el martillo de rebote Silver Schmidt y la velocidad de pulso ultrasónico según la norma ASTM C-597, determinando la resistencia y calidad del hormigón. Además, se realizaron pruebas de carbonatación siguiendo la norma UNE 112-011, utilizando fenolftaleína para medir la profundidad de carbonatación y el pH del hormigón.

Los resultados evidenciaron una disminución en la resistencia del hormigón y una notable profundidad de carbonatación, indicando una alta vulnerabilidad a la corrosión del acero de refuerzo. Como solución, se propone una metodología de

intervención que incluye la reparación de las áreas afectadas, la aplicación de recubrimientos protectores y el uso de técnicas de protección catódica para prolongar la vida útil de las estructuras.

En esta línea de investigación, sobresale la tesis de Sandy Victoria Álava Zamora y Juan Alejandro Farías Meza (2023) con el tema: “Evaluación y rehabilitación de un edificio en el cantón la Libertad, de la provincia de Santa Elena en distintas situaciones de daños y fallas” esta trabajo aborda la evaluación y rehabilitación de un edificio ubicado en el cantón La Libertad, cuya construcción se paralizó hace 20 años, resultando en diversas patologías estructurales debido a la exposición a condiciones ambientales adversas y falta de mantenimiento. El estudio incluye una inspección detallada para identificar daños como fisuras, desprendimientos y corrosión del acero de refuerzo. Se realizaron ensayos no destructivos para determinar la resistencia del hormigón y el grado de deterioro de los materiales. Basándose en los hallazgos, se propusieron técnicas de rehabilitación que contemplan la reparación de elementos estructurales dañados, el reforzamiento de áreas críticas y la implementación de medidas preventivas para proteger la estructura contra futuros deterioros, asegurando así su funcionalidad y seguridad.

Por otro lado, el trabajo de investigación realizado por Oviedo Cansaya, Fredy (2022), que tiene como título: “Análisis y diseño estructural en hormigón armado de un edificio de 5 pisos” presenta el análisis y diseño estructural de un edificio de cinco pisos de hormigón armado, ubicado en la ciudad de Quito. Utilizando el software ETABS 2016 y basándose en la normativa ecuatoriana vigente, el estudio abarca desde la modelación estructural hasta la verificación de los elementos, considerando las cargas y solicitaciones pertinentes. Aunque el enfoque principal es el diseño estructural, el trabajo proporciona información valiosa sobre la aplicación de normativas y metodologías de análisis en edificaciones de hormigón armado en Ecuador.

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general.

El análisis patológico de la estructura del Hotel Samarina, basado en la aplicación del código ACI 211.1, permite evaluar las deficiencias estructurales existentes y proponer soluciones para su rehabilitación y mejora funcional.

1.3.2. Hipótesis Específicas.

H.E.1.: La evaluación de las propiedades mecánicas del concreto mediante ensayos no destructivos y destructivos permitirá determinar su estado actual y su capacidad de carga en relación con las especificaciones del código ACI 211.1.

H.E.2.: La identificación de patologías estructurales mediante inspección visual y pruebas de laboratorio permitirá establecer las causas del deterioro y su impacto en la estabilidad del edificio.

H.E.3.: La implementación de técnicas de rehabilitación estructural mejora significativamente la durabilidad y seguridad de edificaciones deterioradas, siempre que se consideren adecuadamente sus limitaciones técnicas, económicas y contextuales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar el estado patológico de la estructura del Hotel Samarina aplicando el código ACI 211.1, con el fin de diagnosticar deficiencias estructurales y proponer soluciones de rehabilitación que garanticen su funcionalidad y seguridad.

1.4.2. Objetivos Específicos

O.E.1.: Evaluar las propiedades mecánicas del concreto de la estructura mediante ensayos de laboratorio y pruebas in situ para determinar su resistencia, durabilidad y grado de deterioro.

O.E.2.: Identificar las principales patologías estructurales a través de inspección visual y pruebas especializadas para establecer sus causas y posibles efectos en la estabilidad del edificio.

O.E.3.: Promover técnicas de rehabilitación estructural, con su respectivo análisis de sus limitaciones.

1.5. ALCANCE

El presente estudio tiene como alcance la evaluación integral de la estructura del Hotel Samarina mediante el análisis de sus patologías estructurales bajo los lineamientos del código ACI 211.1. Para ello, se realizarán inspecciones in situ, levantamientos estructurales y pruebas de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del concreto y la magnitud del deterioro.

Se analizarán las causas de las patologías identificadas y se propondrán soluciones de rehabilitación estructural basadas en normativas vigentes y técnicas de refuerzo adecuadas. Este estudio se enfocará en garantizar la seguridad estructural del edificio, prolongando su vida útil y minimizando riesgos asociados a fallas estructurales.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables Independientes

- ✓ Estado actual del concreto en la estructura.
- ✓ Tipos de patologías estructurales presentes.
- ✓ Aplicación del código ACI 211.1 en el análisis estructural.

1.6.2. Variables Dependientes

- ✓ Nivel de deterioro estructural del edificio.
- ✓ Capacidad de carga y seguridad de la estructura.
- ✓ Estrategias de rehabilitación y reforzamiento propuestas.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. HORMIGÓN ARMADO

2.1.1. Definición y Naturaleza del Hormigón

El hormigón armado es un material compuesto que se obtiene al combinar hormigón (mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos) con acero de refuerzo. Esta fusión permite que el elemento estructural tenga una excelente resistencia tanto a la compresión (aportada por el hormigón) como a la tracción (aportada por el acero) (Neville, 2011). El principio de funcionamiento se basa en la adherencia entre el acero y el concreto, lo cual garantiza un comportamiento monolítico ante cargas estructurales.

2.1.2. Componentes del Hormigón

- **Cemento:** Material hidráulico que, al mezclarse con agua, forma una pasta que fragua y endurece. El tipo más usado es el cemento Portland.
- **Agua:** Elemento vital que inicia la hidratación del cemento. Debe ser potable y libre de impurezas.
- **Agregados:** Se clasifican en finos (arena) y gruesos (grava). Representan entre el 70 % y 80 % del volumen del concreto.
- **Aditivos:** Sustancias químicas que se añaden en pequeñas proporciones para modificar propiedades específicas del hormigón (tiempo de fraguado, trabajabilidad, etc.).
- **Acero de refuerzo:** Barras o mallas de acero que absorben los esfuerzos de tracción.

Figura 1

El hormigón, componentes y propiedades



Nota. Tomado de: (Paviconj, 2020)

2.1.3. Propiedades del Hormigón

Las propiedades del hormigón se dividen en estado fresco y estado endurecido:

Tabla 1

Propiedades del Hormigón

Propiedad	Descripción
Trabajabilidad	Facilidad con la que el hormigón puede ser mezclado, transportado y colocado.
Resistencia a compresión	Capacidad del concreto endurecido para resistir cargas de compresión.
Durabilidad	Capacidad de resistir el deterioro frente a condiciones ambientales.

Densidad	Masa por unidad de volumen; oscila entre 2200 a 2500 kg/m ³ en hormigones normales.
Módulo de elasticidad	Relación entre esfuerzo y deformación; varía según la resistencia del concreto.

Nota. (Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado (FIHP), 2015); (Mindess y otros, 2003)

2.1.4. Clasificación del Hormigón

Según la resistencia a la compresión (f'_c), el hormigón puede clasificarse como:

Tabla 2

Clasificación del Hormigón

Tipo de Hormigón	Rango de Resistencia (f'_c)	Aplicación
Baja resistencia	< 175 kg/cm ² (17.5 MPa)	Caminos, aceras, obras menores
Media resistencia	175–280 kg/cm ² (17.5–28 MPa)	Viviendas, estructuras convencionales
Alta resistencia	> 280 kg/cm ² (28 MPa)	Puentes, rascacielos, obras industriales

Nota. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2014); (ACI Committee 318, 2019)

2.1.5. Ventajas del Hormigón Armado

- Alta resistencia a la compresión.
- Adaptabilidad a diferentes formas y necesidades arquitectónicas.
- Costo accesible y disponibilidad de materiales.
- Resistencia al fuego.
- Bajo mantenimiento durante la vida útil.

2.1.6. Limitaciones del Hormigón Armado

- Baja resistencia a la tracción (que justifica el uso de acero).
- Propenso a fisuración si no se controla el proceso de curado.
- Sus propiedades dependen del tiempo y del ambiente.

2.1.7. Influencia del Tiempo en las Propiedades del Hormigón

La resistencia del hormigón no es instantánea; se desarrolla progresivamente. En condiciones estándar (20°C y humedad relativa del 95%), el concreto alcanza aproximadamente:

- 40% de f'_c a los 3 días,
- 65% de f'_c a los 7 días,
- 100% de f'_c a los 28 días (Neville, 2011).

2.1.8. Comportamiento Mecánico

El módulo de elasticidad se encuentra generalmente entre 20 y 35 GPa para hormigones normales.

- El coeficiente de Poisson del hormigón oscila entre 0.15 y 0.20.
- La relación entre resistencia a tracción y compresión varía de 8% a 12% (Mindess y otros, 2003).

2.2. DISEÑO DE MEZCLAS DE HORMIGÓN SEGÚN ACI 211.1

2.2.1. Introducción al Diseño de Mezclas

El diseño de mezclas de hormigón es un proceso fundamental que busca determinar las proporciones adecuadas de los componentes del concreto para cumplir con requisitos específicos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad. El método ACI 211.1, desarrollado por el American Concrete Institute, es una guía ampliamente utilizada para seleccionar proporciones de mezclas de concreto normal, pesado y en masa. Este método considera factores como la resistencia

requerida, la trabajabilidad, el tamaño máximo del agregado y las condiciones de exposición (American Concrete Institute, Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91) (Reapproved 2002). ACI., 2002).

2.2.2. Pasos del Método ACI 211.1

El método ACI 211.1 propone una serie de pasos sistemáticos para el diseño de mezclas (Kosmatka y otros, 2003):

1. Selección del asentamiento (slump): Determinar el asentamiento deseado según el tipo de construcción y condiciones de colocación.
2. Elección del tamaño máximo del agregado: Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso basado en las dimensiones de los elementos estructurales y el espaciamiento del refuerzo.
3. Estimación del contenido de agua y aire: Utilizar tablas para estimar la cantidad de agua de mezcla y el contenido de aire requerido según el asentamiento y el tamaño del agregado.
4. Selección de la relación agua-cemento (a/c): Determinar la relación a/c adecuada para alcanzar la resistencia y durabilidad deseadas.
5. Cálculo del contenido de cemento: Calcular la cantidad de cemento necesaria dividiendo el contenido de agua por la relación a/c seleccionada.
6. Estimación del contenido de agregado grueso: Determinar la cantidad de agregado grueso basada en el tamaño máximo del agregado y la finura del agregado fino.
7. Cálculo del contenido de agregado fino: Calcular la cantidad de agregado fino restando los volúmenes de agua, cemento, aire y agregado grueso del volumen total.
8. Ajustes por humedad de los agregados: Realizar ajustes en el contenido de agua y agregados para considerar la humedad presente en los agregados.

Este procedimiento permite diseñar mezclas que cumplan con los requisitos estructurales y de durabilidad específicos del proyecto.

2.2.3. Relación Agua-Cemento y su Impacto

La relación agua-cemento (a/c) es un parámetro crítico que influye directamente en la resistencia y durabilidad del concreto. Una relación a/c más baja generalmente conduce a una mayor resistencia y durabilidad, pero puede afectar la trabajabilidad de la mezcla. Por otro lado, una relación a/c más alta mejora la trabajabilidad, pero puede comprometer la resistencia y durabilidad. El método ACI 211.1 proporciona directrices para seleccionar la relación a/c adecuada según las condiciones de exposición y los requisitos de resistencia.

Tabla 3

Relación Agua-Cemento Recomendada según la Resistencia Requerida

Resistencia a 28 días (MPa)	Relación a/c recomendada
20.7	0.68
27.6	0.57
34.5	0.48
41.4	0.41

Nota. Adaptado de Docest (s.f.).

2.2.4. Influencia de los Agregados en el Diseño de Mezclas

Los agregados, tanto finos como gruesos, representan aproximadamente el 60-75% del volumen total del concreto y afectan significativamente sus propiedades. El tamaño, la forma, la textura superficial y la gradación de los agregados influyen en la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto. El método ACI 211.1 considera estas características al determinar las proporciones óptimas de agregados en la mezcla (Sonebi, 2010).

Tabla 4*Volumen Aproximado de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto*

Tamaño máximo nominal del agregado (mm)	Volumen del agregado grueso (m ³ /m ³ de concreto)
9.5	0.50
12.5	0.59
19.0	0.66
25.0	0.71

Nota. Adaptado de Docest (s.f.).

2.2.5. Consideraciones sobre Aditivos

Los aditivos químicos se incorporan al concreto para modificar sus propiedades en estado fresco o endurecido. Entre los aditivos más comunes se encuentran los reductores de agua, los retardadores, los aceleradores y los inclusores de aire. El uso adecuado de aditivos puede mejorar la trabajabilidad, controlar el tiempo de fraguado, aumentar la resistencia inicial y mejorar la durabilidad del concreto. El método ACI 211.1 recomienda evaluar cuidadosamente los efectos de los aditivos en la mezcla específica y realizar pruebas de laboratorio para garantizar el desempeño deseado.

2.3. PATOLOGÍAS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

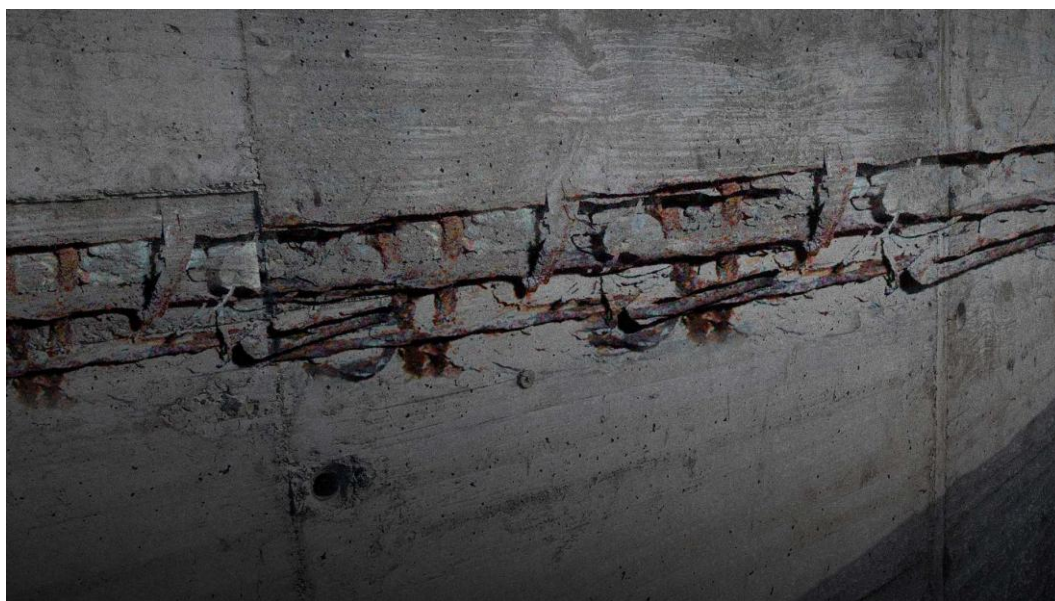
2.3.1. Definición de Patología en la Ingeniería Estructural

La patología en estructuras de hormigón armado se refiere al estudio de los daños, deterioros o defectos que afectan la estabilidad, funcionalidad o durabilidad de los elementos estructurales. Esta disciplina busca identificar las causas, manifestaciones y consecuencias de las fallas estructurales con el objetivo de establecer medidas correctivas y preventiva (Alcaide-Hoyos & Gómez-Soberón,

2012). Se fundamenta en el análisis detallado de síntomas visibles, ensayos no destructivos y estudios técnicos para emitir un diagnóstico integral.

Figura 2

Patologías estructurales



Nota. Tomado de Bautista et al. (2020).

2.3.2. Tipos de Daños en Estructuras de Hormigón

Los daños pueden clasificarse según su origen, comportamiento y severidad. A continuación, se presentan las principales patologías:

Tabla 5

Clasificación de Patologías del Hormigón Armado

Tipo de Daño	Descripción	Causa Común	Consecuencia
Fisuras estructurales	Grietas que afectan la capacidad resistente	Sobrecarga, asentamientos diferenciales	Pérdida de capacidad portante

Fisuras no estructurales	Grietas superficiales o de retracción	Contracción plástica, térmica	Riesgo de ingreso de agentes agresivos
Corrosión del acero	Oxidación de las armaduras	Carbonatación, cloruros, humedad	Disminución del área de refuerzo y expansión
Desprendimiento del recubrimiento	Pérdida del concreto que cubre el acero	Expansión por corrosión	Exposición del refuerzo
Eflorescencia	Formación de sales blancas en la superficie	Migración de sales solubles por agua	Degradación estética e indicio de humedad

Nota. Adaptado de Alcaide-Hoyos & Gómez-Soberón (2012); Neville (2011).

2.3.3. Causas Frecuentes de Patologías

Las patologías pueden originarse durante la ejecución, el diseño, el uso o por factores ambientales (American Concrete Institute, 2013):

- **Errores de diseño:** Subestimación de cargas, deficiente cálculo estructural, mala elección de materiales.
- **Fallas en la ejecución:** Mala compactación, vibrado insuficiente, curado inadecuado, contaminación de agregados.
- **Condiciones ambientales:** Presencia de cloruros (zonas costeras), humedad persistente, ciclos de congelamiento-descongelamiento.
- **Cargas extraordinarias:** Sismos, sobrecargas accidentales, explosiones o impactos.

2.3.4. Manifestaciones Patológicas

Las patologías se manifiestan a través de síntomas visibles o cambios estructurales:

- Fisuración longitudinal o transversal.

- Cambios de coloración, humedad o eflorescencias.
- Deformaciones excesivas.
- Ruidos estructurales o vibraciones anómalas.
- Exposición del acero.

Figura 3

Manifestaciones comunes en estructuras de hormigón armado



Nota. Tomado de Bautista et al. (2020).

2.3.5. Evaluación de Daños: Ensayos y Técnicas

Para diagnosticar adecuadamente los daños, se utilizan técnicas destructivas y no destructivas:

Tabla 6*Métodos de Evaluación en Diagnóstico Estructural*

Técnica	Tipo	Aplicación
Esclerómetro (rebote)	No destructiva	Estimar resistencia superficial del hormigón
Ultrasonido	No destructiva	Detectar fisuras internas y homogeneidad
Extracción de testigos	Destructiva	Determinar resistencia real del concreto
Medición de carbonatación	Semi-destructiva	Evaluar profundidad de carbonatación
Potencial de corrosión	No destructiva	Identificar zonas con probabilidad de corrosión

Nota. Elaborado a partir de González y Andrade (1995); (FIB, 2010).

2.3.6. Consecuencias de No Intervenir a Tiempo

El deterioro no tratado puede comprometer la seguridad estructural, generar colapsos parciales o totales y aumentar los costos de reparación. Además, reduce la vida útil y la funcionalidad del inmueble, afectando su valor económico y su uso (González & Andrade, 1995).

2.3.7. Importancia del Diagnóstico Previo al Reforzamiento

Antes de aplicar cualquier técnica de reforzamiento o rehabilitación, es imprescindible realizar un diagnóstico estructural detallado. Este diagnóstico permite identificar la causa raíz de los daños, determinar el grado de afectación y seleccionar el método más adecuado para intervenir, minimizando el riesgo de fallas futuras (FIB Bulletin 55, 2010).

2.4. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN ARMADO

2.4.1. Definición y Concepto de Durabilidad

La durabilidad del hormigón armado es la capacidad del material para mantener sus propiedades físicas y mecánicas a lo largo del tiempo, sin sufrir deterioros significativos cuando se expone a condiciones ambientales agresivas o acciones físicas y químicas (Mehta & Monteiro, 2014). Esta propiedad es crucial en edificaciones ubicadas en zonas costeras, como el Hotel Samarina, donde la exposición al ambiente marino puede acelerar procesos patológicos como la carbonatación y la corrosión del acero de refuerzo.

2.4.2. Factores que Afectan la Durabilidad

Existen múltiples factores que inciden negativamente en la durabilidad del hormigón, entre ellos (DIN, 1997):

- **Penetración de agentes agresivos:** como cloruros, dióxido de carbono (CO_2), sulfatos, y ácidos.
- **Alta porosidad o permeabilidad:** lo que permite el ingreso de humedad y sustancias químicas.
- **Deficiente curado:** que impide una hidratación completa del cemento.
- **Diseño de mezcla inadecuado:** con relación agua/cemento alto o agregados contaminados.
- **Exposición a ciclos térmicos:** como congelamiento-descongelamiento o radiación solar excesiva.

2.4.3. Mecanismos de Deterioro

Los principales mecanismos físicos y químicos que deterioran el hormigón a lo largo del tiempo incluyen (RILEM., 1988):

Tabla 7*Mecanismos Comunes de Deterioro del Hormigón Armado*

Mecanismo	Descripción	Consecuencia Principal
Carbonatación	Reacción del CO ₂ con los hidróxidos del cemento	Reducción del pH → pérdida de pasividad del acero
Ataque por cloruros	Penetración de sales que destruyen la capa pasivante	Corrosión localizada del acero
Ataque por sulfatos	Reacción con compuestos del cemento, generando expansiones	Fisuración y desintegración del concreto
Reacción álcali-sílice (ASR)	Expansión por reacción entre álcalis del cemento y sílice reactiva en agregados	Micro-fisuras internas progresivas
Acción de ciclos térmicos	Congelamiento y deshielo o altas temperaturas	Expansión, contracción y fisuración

Nota. Adaptado de Mehta & Monteiro (2014); Neville (2011).

2.4.4. Diseño para la Durabilidad

La durabilidad debe considerarse desde el diseño estructural, mediante estrategias como:

- Uso de relación agua/cemento baja (< 0.50).
- Incorporación de cementos puzolánicos o con adiciones minerales.
- Uso de recubrimientos adecuados para proteger el acero.
- Empleo de curado eficiente para minimizar micro-fisuras tempranas.
- Diseño de mezclas densas y compactas, conforme a ACI 211.1.

2.4.5. Medición y Evaluación de la Durabilidad

El diagnóstico de la durabilidad se realiza a través de ensayos que evalúan la resistencia del concreto frente a los mecanismos de deterioro:

Tabla 8

Ensayos Comunes para Evaluar la Durabilidad del Hormigón

Ensayo	Parámetro Evaluado	Norma de Referencia
Permeabilidad al agua	Facilidad de penetración de líquidos	DIN 1048
Profundidad de carbonatación	Avance del frente de carbonatación	RILEM CPC-18
Difusividad de cloruros	Penetración de iones cloruro	ASTM C1202
Absorción capilar	Capacidad de absorción por capilaridad	ASTM C1585

Nota. Elaborado a partir de Neville (2011); Mehta & Monteiro (2014); ASTM International (2020).

2.4.6. Durabilidad en Ambientes Marinos

En contextos marítimos, como el cantón La Libertad, el concreto enfrenta alta concentración de cloruros, humedad constante, y condiciones de salinidad. Para estas condiciones, se recomienda el uso de cementos con adiciones minerales (como escoria de alto horno o cenizas volantes), alta densidad del concreto, baja porosidad, y un adecuado diseño de recubrimiento del acero (American Concrete Institute, 2016).

2.4.7. Vida Útil y Mantenimiento Preventivo

Una estructura durable no solo depende del diseño inicial, sino también del mantenimiento a lo largo del tiempo. El mantenimiento preventivo, las inspecciones

periódicas y el sellado de fisuras permiten extender la vida útil estructural y minimizar intervenciones costosas.

2.5. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL EN EDIFICACIONES EXISTENTES

2.5.1. Concepto de Seguridad Estructural

La seguridad estructural es la capacidad de una edificación para resistir cargas previstas durante su vida útil sin sufrir colapsos ni daños excesivos. Se evalúa en función de factores como resistencia de materiales, redundancia estructural, ductilidad, y condiciones de servicio (Ghosh & Fanella, 2015). En construcciones existentes, esta evaluación implica revisar si las condiciones actuales cumplen con las exigencias normativas y funcionales actuales, considerando el deterioro acumulado y modificaciones de uso.

2.5.2. Criterios de Evaluación según Normativas

Existen diversas normas internacionales y nacionales que proporcionan criterios y procedimientos para evaluar la seguridad estructural:

Tabla 9

Normas Utilizadas para Evaluación de Edificios Existentes

Norma	Enfoque Principal	Aplicación
ACI 562-19	Evaluación y rehabilitación de estructuras de hormigón existentes	Estados Unidos
ASCE/SEI 41-17	Evaluación sísmica y rehabilitación estructural	América del Norte
NEC-SE-DS-2015	Diseño sísmico estructural	Ecuador

Eurocode 8 (Parte 3)	Evaluación y refuerzo sísmico de estructuras existentes	Europa
IBC 2021	Código internacional de construcción con criterios de reevaluación	Global

Nota. Adaptado de ACI (2019); ASCE (2017); INEN (2015).

2.5.3. Métodos de Evaluación

Los métodos de análisis para evaluar estructuras existentes incluyen:

- Inspección visual sistemática: Identificación de defectos, deformaciones o deterioro.
- Ensayos in situ: Determinación de propiedades reales de materiales (resistencia a compresión, contenido de cloruros, etc.).

2.5.4. Indicadores de Seguridad

Se utilizan indicadores para valorar el estado de la estructura:

Tabla 10

Indicadores de Seguridad Estructural

Indicador	Descripción	Valor Esperado
Factor de seguridad (FS)	Relación entre capacidad y demanda	$FS \geq 1.5$
Deriva de piso	Desplazamiento relativo entre niveles	$\leq 2\%$ de altura de piso
Índice de daño	Relación entre daño observado y daño máximo	0 (sin daño) a 1 (colapso)
Redundancia estructural	Capacidad de redistribuir cargas	Alta en estructuras bien conectadas

Nota. Basado en Fardis (2009); Ghosh & Fanella (2015).

2.5.5. Importancia en Proyectos de Rehabilitación

La evaluación de seguridad estructural es esencial antes de intervenir una edificación existente. En el caso del Hotel Samarina, determinar la capacidad remanente del sistema estructural ante una posible ampliación (como un segundo piso) permite diseñar estrategias de refuerzo efectivas y evitar intervenciones innecesarias o insuficientes.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo.

De acuerdo con Vizcaíno (2023), una investigación de tipo *aplicada* busca resolver problemas prácticos mediante el uso del conocimiento científico, con el objetivo de generar mejoras tangibles en un contexto real. En esta línea, el presente estudio se enmarca en esta categoría, ya que se aplica el análisis patológico estructural y el diseño de mezclas de concreto según el código ACI 211.1 para evaluar el estado actual del Hotel Samarina, ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, y proponer soluciones técnicas estructurales viables.

Asimismo, se integra un enfoque documental al considerar normativa técnica, informes de laboratorio, planos estructurales originales y fichas de inspección, así como trabajo de campo, como parte fundamental del diagnóstico (Vizcaíno, 2023).

3.1.2. Nivel.

Según lo mencionado por Vizcaíno (2023), el nivel de investigación es *descriptivo y explicativo*, dado que no solo se limita a describir las patologías estructurales presentes en el edificio, sino que también busca determinar las causas técnicas que las originan, evaluar su gravedad, y proponer intervenciones que garanticen su funcionalidad y seguridad estructural.

En consecuencia, este trabajo integra un nivel *correlacional – explicativo*, pues se asocian variables estructurales observadas con el tipo de concreto empleado, la antigüedad de la construcción, el comportamiento ante cargas sísmicas y la calidad de los materiales según los resultados de laboratorio, generando así una base técnica para la toma de decisiones.

3.2. MÉTODO, ENFOQUE Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Método.

Desde la perspectiva de Faneite (2023), el método más adecuado para estudios que implican evaluación estructural y análisis de materiales es el método inductivo–deductivo, ya que parte de la observación específica (inspección visual, ensayos de materiales) para luego contrastar los hallazgos con marcos normativos y criterios generales (como ACI 211.1 y FEMA P-154).

Este trabajo utiliza el método inductivo para levantar y sistematizar datos empíricos del edificio a través de visitas de campo, informes técnicos y fichas de patología; y posteriormente emplea el método deductivo para emitir juicios técnicos conforme a normativa vigente y estándares estructurales, con el fin de sustentar una posible intervención o decisión de demolición fundamentada.

3.2.2. Enfoque.

El enfoque adoptado en esta investigación es cuantitativo con elementos cualitativos complementarios. De acuerdo con Hernández et al. (2021), el enfoque cuantitativo permite recopilar y analizar datos numéricos de manera objetiva, utilizando instrumentos estandarizados como ensayos de resistencia, ultrasonido, esclerometría y pruebas de carbonatación, fundamentales para el análisis estructural.

Simultáneamente, se incorpora información cualitativa obtenida mediante fichas de inspección visual, registros fotográficos y observaciones técnicas, que permiten contextualizar el deterioro estructural y establecer correlaciones con los planos arquitectónicos originales, la vida útil superada, y los materiales empleados en la construcción.

3.2.3. Diseño.

El diseño de la investigación es no experimental y transversal. Como señala Gavilánez (2021), este tipo de diseño es apropiado cuando no se manipulan

deliberadamente las variables, sino que se observan y analizan tal como se presentan en su contexto real.

En este estudio, se analiza el estado actual de la estructura sin alterar sus condiciones físicas, y se realiza un diagnóstico técnico en un momento específico del tiempo, tomando en cuenta tanto las condiciones estructurales visibles como los resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio. Esto permite evaluar el comportamiento del concreto y del acero bajo condiciones reales de deterioro, sin intervención previa.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

3.3.1. Población.

Según Arias y Covinos (2021), la población en una investigación representa el conjunto total de elementos, unidades o sujetos que comparten características comunes y sobre los cuales se pretende obtener información. En el presente estudio, la población está constituida por la totalidad de edificaciones con más de 50 años de antigüedad pertenecientes al patrimonio físico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), en especial aquellas construcciones que requieren evaluación estructural debido a su estado de conservación y a las condiciones sísmicas de la región.

En este contexto, el Hotel Samarina, ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, constituye un elemento representativo de dicha población por tratarse de una infraestructura que ha superado su vida útil funcional y estructural.

3.3.2. Muestra.

De acuerdo con Arias y Covinos (2021), la muestra corresponde a una parte seleccionada de la población que cumple con ciertas características relevantes para el estudio. En esta investigación, la muestra está constituida exclusivamente por el edificio del Hotel Samarina, que ha sido objeto de análisis patológico estructural mediante inspección visual, ensayos destructivos y no destructivos, revisión

documental (planos estructurales y arquitectónicos originales), y evaluación normativa basada en el instructivo técnico del MIDUVI y el código ACI 211.1.

Este edificio fue seleccionado por su relevancia institucional, su estado de deterioro estructural visible, y por representar un caso crítico para establecer parámetros de intervención o demolición.

3.3.3. Muestreo.

Según Hernández y Mendoza (2018), el muestreo es el procedimiento mediante el cual se seleccionan los elementos o unidades representativas de una población, asegurando la validez de los resultados obtenidos. En esta investigación, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia y criterio técnico, debido a que el caso del Hotel Samarina fue seleccionado intencionalmente por su accesibilidad, relevancia institucional y estado estructural crítico.

La selección se justifica en función del acceso a documentación original, la autorización para realizar ensayos estructurales (extracción de núcleos de hormigón), y la existencia de fichas técnicas levantadas por el equipo de campo, lo cual proporciona información técnica precisa para el análisis y formulación de propuestas.

3.4. UBICACIÓN Y SECTOR DE ESTUDIO

La edificación en estudio, Hotel Samarina, se localiza en el cantón La Libertad, dentro de la provincia de Santa Elena, en la costa ecuatoriana. Forma parte del conjunto de infraestructuras pertenecientes a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), y ha sido históricamente utilizada como infraestructura auxiliar para alojamiento institucional y extensión universitaria.

El sector donde se encuentra implantado se caracteriza por un entorno urbano de alta exposición sísmica, tal como lo determina la clasificación del Manual FEMA P-154 para edificaciones existentes, el cual cataloga esta edificación dentro de un rango de vulnerabilidad sísmica alta, debido a su antigüedad, falta de refuerzo sísmico, y uso de materiales no convencionales en estructuras modernas, como acero liso no corrugado y concreto de resistencia incierta.

Ubicación del Hotel Samarina – Cantón La Libertad, provincia de Santa Elena
Coordenadas: Latitud: -2°13'10 S, Longitud: -80°55'05 O.



3.5. METODOLOGÍA DEL O.E.1.: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN

3.5.1. Aplicación del instructivo del MIDUVI (Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de edificaciones).

34

Este manual establece la aplicación de la Fase I: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica, la cual permite realizar un diagnóstico preliminar mediante inspección técnica visual, siguiendo la guía FEMA P-154 adaptada a la normativa ecuatoriana. El objetivo principal es identificar elementos estructurales críticos, deficiencias constructivas, posibles daños acumulativos y tipologías vulnerables, a fin de establecer si la estructura debe ser sometida a un estudio más profundo (Fase II) o incluso considerar su derrocamiento si se identifica una amenaza inminente (MIDUVI, 2021, pp. 1–8).

En el caso del Hotel Samarina, se implementó la metodología propuesta por el MIDUVI con base en los siguientes pasos:

- **Identificación y priorización de la edificación:** El inmueble fue seleccionado por su antigüedad superior a 50 años, su uso institucional y su alta concurrencia en la zona universitaria, lo cual lo encuadra como una edificación de ocupación especial según la NEC y la categorización del MIDUVI (MIDUVI, 2021, p. 4).
- **Evaluación visual estructural:** Se utilizó el Formulario de Detección Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica para edificaciones (Anexo 1 del Manual), el cual se basó en los criterios del FEMA P-154. Este formulario permitió determinar preliminarmente el nivel de vulnerabilidad del edificio (baja, media o alta) a partir de variables como: sistema estructural, antigüedad, tipo de suelo, irregularidades geométricas, materiales visibles y deterioro observado
- **Registro técnico:** Se levantó un informe detallado de la inspección, que incluye: información general del edificio, plano esquemático de planta y elevación, condiciones de cimentación, patologías estructurales, condiciones de los materiales, tipología constructiva, y fotografías de campo. Además, se documentó el tipo de acero utilizado (no corrugado), la presencia o ausencia de corrosión, y el estado superficial del concreto.

- **Determinación del puntaje sísmico estructural:** Con base en los modificadores del FEMA P-154 y el análisis técnico del manual, se estableció que el Hotel Samarina presenta una vulnerabilidad sísmica alta, lo cual exige avanzar a una evaluación estructural más profunda, justificada técnicamente (MIDUVI, 2021, p. 9).
- **Conclusión técnica de Fase I:** Como producto final del proceso, se generó el informe técnico estructural con recomendaciones específicas, donde se establece la necesidad de realizar ensayos destructivos, aplicar el código ACI 211.1 para evaluar la mezcla de concreto existente, y considerar alternativas de intervención estructural o reemplazo por demolición según resultados complementarios.

Este procedimiento no solo cumple con la normativa nacional y los principios de la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial (LOOTUGS), sino que además constituye la base metodológica para vincular los resultados con los estándares internacionales como ACI y FEMA, fortaleciendo así la justificación técnica del diagnóstico patológico.

3.5.2. Extracción de testigos de concreto

Con el objetivo de evaluar de forma precisa las propiedades físicas y mecánicas del concreto empleado en la estructura del Hotel Samarina, se procedió a realizar la extracción de testigos cilíndricos de distintos elementos estructurales (vigas, columnas y losas), conforme a lo establecido en las normas ASTM C42/C42M-20 y NEC-SE-HM: Hormigón Estructural. Esta intervención fue autorizada por la administración de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), garantizando la seguridad del personal y del edificio durante la ejecución.

Para llevar a cabo esta actividad, se utilizó un equipo de perforación rotatoria con broca diamantada, diseñado específicamente para la obtención de núcleos en estructuras de concreto armado. El proceso se desarrolló bajo

condiciones controladas, minimizando vibraciones y evitando daños colaterales a la estructura adyacente.

Figura 5

Equipo de perforación utilizado.



El procedimiento comenzó con la selección de puntos estratégicos en los elementos estructurales representativos. La ubicación de los núcleos se definió en función del grado de accesibilidad, visibilidad de daños, presencia de fisuras u otras manifestaciones patológicas visibles, y garantizando que no comprometiera zonas críticas del sistema estructural. Cada punto fue debidamente señalado y registrado.

Posteriormente, se realizó la perforación con una broca de corte húmedo de 100 mm de diámetro, operada de manera vertical y en ángulos rectos respecto a la superficie del concreto, para asegurar la obtención de testigos cilíndricos íntegros. La longitud de cada núcleo extraído fue de aproximadamente 200 mm, en concordancia con las proporciones recomendadas para ensayos mecánicos.

Figura 6

Extracción de testigos.



Una vez extraídos, los testigos fueron etiquetados, limpiados y almacenados en condiciones de humedad controlada para preservar sus propiedades originales hasta la realización de los ensayos correspondientes. Durante este proceso, se registraron las coordenadas de cada punto de extracción, el elemento estructural intervenido, la profundidad de perforación y el estado superficial del núcleo obtenido.

Cabe destacar que todo el procedimiento fue documentado en un informe técnico específico, que se adjuntará en el capítulo de resultados, el cual contiene el detalle del proceso de extracción, el número y ubicación de los núcleos, observaciones técnicas y fotografías de cada fase de la intervención. La metodología aplicada garantiza que las muestras obtenidas sean representativas y cumplan con los requisitos establecidos por la normativa técnica para posterior evaluación estructural.

3.5.3. Registro y manipulación técnica de los núcleos extraídos

Una vez obtenidos los testigos de concreto de la estructura del Hotel Samarina, se procedió al registro y tratamiento inicial de las muestras conforme a la norma ASTM C42/C42M-20 y la guía de manejo de especímenes del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Este procedimiento es fundamental para garantizar la validez de los ensayos mecánicos posteriores y evitar alteraciones en las propiedades físicas de las muestras.

Cada núcleo fue numerado, etiquetado y fotografiado inmediatamente después de su extracción, consignando datos como: fecha de obtención, punto de extracción, elemento estructural correspondiente (viga, columna, losa), diámetro y longitud del núcleo, observaciones de su estado superficial (presencia de fisuras, nidos de abeja, vacíos, segregación) y condiciones ambientales durante el proceso.

Las muestras fueron almacenadas temporalmente en recipientes húmedos y protegidos de la exposición solar directa, para evitar la pérdida prematura de humedad. Según lo dispuesto por la ASTM C42, este procedimiento es esencial para mantener la integridad del núcleo y asegurar que los resultados obtenidos posteriormente reflejen el comportamiento real del concreto en servicio.

Asimismo, se realizaron mediciones físicas de los testigos con herramientas calibradas (vernier digital y cinta métrica industrial) para verificar la esbeltez, alineación del corte y presencia de bordes irregulares o degradaciones que pudieran afectar la aplicabilidad del ensayo de compresión.

Figura 7

Medición de testigos y registro dimensional



Finalmente, los núcleos fueron trasladados al laboratorio asignado para su análisis, siguiendo un protocolo de manipulación cuidadosa, a fin de evitar microfisuras o daños por impacto durante el transporte. Todo este procedimiento se encuentra documentado en el informe técnico, el cual será presentado en el capítulo de resultados.

3.5.4. Preparación para ensayos mecánicos y parámetros técnicos según normativa

Con los núcleos de concreto ya extraídos y registrados conforme al procedimiento descrito, se procedió a su preparación para los ensayos de compresión axial, que permitirán evaluar indirectamente la resistencia característica del concreto en elementos estructurales existentes. Este procedimiento se realizó de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM C42/C42M-20 y las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI 214 y 211.1).

Los núcleos fueron preparados mecánicamente mediante recorte de extremos y rectificación, asegurando superficies paralelas y perpendiculares al eje del testigo. Este paso es fundamental para evitar excentricidades durante el ensayo de compresión, ya que las irregularidades podrían generar concentraciones de esfuerzo no representativas.

A continuación, se presenta la Tabla 11, que resume las condiciones de preparación y estandarización aplicadas a los núcleos antes del ensayo:

Tabla 11

Condiciones de preparación de núcleos de concreto para ensayo de compresión

Procedimiento técnico	Norma de referencia	Descripción de aplicación en campo
Corte y rectificación de extremos	ASTM C42 / C39	Uso de cortadora de banco con disco diamantado y nivelación manual para lograr superficies paralelas
Medición dimensional	ASTM C42 / INEN 1577	Verificación del diámetro (100 mm) y longitud (200 mm) con vernier digital
Cálculo de esbeltez	ASTM C39 / ACI 214	Confirmación de relación $L/D \approx 2.0$ para asegurar distribución uniforme de carga
Almacenamiento previo al ensayo	ASTM C42, C192	Conservación a temperatura de laboratorio (23 ± 2 °C) y humedad relativa ≥ 95 % por 24 a 72 h

Nota. Elaboración propia basada en ASTM (2020) y ACI (2011).

La siguiente tabla resume los parámetros de control técnico y normativo considerados para validar la calidad del ensayo, así como los criterios establecidos por el ACI para la aceptación de los resultados una vez obtenidos:

Tabla 12*Parámetros técnicos de control para el ensayo de núcleos*

Parámetro	Valor de referencia normativo	Norma / Código	Observación metodológica
Relación longitud/diámetro (L/D)	1.75 a 2.00	ASTM C39 / C42	Núcleos con L/D < 1.75 deben corregirse con factor de ajuste
Desviación de planitud extremos	≤ 0.05 mm	ASTM C39	Verificado con regla metálica y galgas de espesor
Diámetro nominal del núcleo	100 mm (mínimo)	ASTM C42 / INEN 1577	Ajustado para equipos estándar de compresión
Humedad previa al ensayo	Saturado- superficialmente seco	ASTM C42	Controlado mediante toallas húmedas y bolsa plástica
Tasa de carga	0.25 ± 0.05 MPa/s	ASTM C39	Aplicada mediante prensa hidráulica calibrada

Nota. Elaboración propia con base en normas técnicas internacionales.

La preparación adecuada de los testigos garantiza que el ensayo de compresión axial refleje con precisión la resistencia del concreto en servicio. Además, el cumplimiento estricto de las normativas mencionadas asegura que los resultados obtenidos puedan compararse técnicamente con los valores teóricos del ACI 211.1, lo cual se analizará en el siguiente apartado metodológico.

3.5.5. Comparación normativa y análisis preliminar según ACI 211.1

Una vez preparado el conjunto de núcleos de concreto conforme a los estándares técnicos, la resistencia a compresión será contrastada con los parámetros de diseño y desempeño establecidos por el American Concrete Institute (ACI), en particular con la normativa ACI 211.1-91 (Reapproved 2009), que establece los procedimientos estándar para el diseño de mezclas de concreto de peso normal.

Si bien el ACI 211.1 está orientado principalmente al diseño de mezclas, este documento proporciona un marco de referencia para comparar la calidad del concreto en obra frente a las resistencias esperadas por tipo estructural, considerando factores como el uso previsto, condiciones de exposición y antigüedad de la edificación (ACI, 2009). Esta comparación permitirá establecer si el concreto actualmente existente cumple con los criterios mínimos de resistencia estructural para condiciones sísmicas moderadas a altas, como las que afectan al cantón La Libertad.

El procedimiento metodológico contemplado para esta comparación incluye las siguientes etapas:

- Interpretación de resultados del ensayo de compresión axial (se abordará en el capítulo de resultados), calculando el promedio y desviación estándar de los valores obtenidos.
- Categorización del concreto extraído según su resistencia, tomando como referencia las tablas de diseño del ACI 211.1 y los valores establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-HM, especialmente para edificaciones de uso institucional con carga sísmica significativa.
- Análisis de cumplimiento estructural respecto a la función que cumple cada elemento del cual se extrajo el núcleo (viga, columna, losa), evaluando si el hormigón conserva su capacidad de carga dentro de márgenes admisibles de seguridad.

- Vinculación con la edad estructural del edificio, ya que, al haber superado los 50 años, se considera que muchos de sus elementos podrían presentar pérdidas de capacidad mecánica por carbonatación, micro-fisuración interna, u otras formas de degradación propias del tiempo, aunque no se hayan realizado pruebas complementarias como absorción o permeabilidad.

La Tabla 13 resume los criterios técnicos de comparación que se tomarán como base normativa para el análisis estructural:

Tabla 13

Criterios de comparación para la resistencia del concreto estructural

Elemento estructural analizado	Resistencia esperada según ACI (f'_c)	Norma de referencia	Observaciones metodológicas
Columnas	≥ 21 MPa	ACI 211.1, NEC-SE-HM	Se consideran elementos portantes
Vigas	≥ 17 MPa	ACI 211.1, NEC-SE-HM	Aportan rigidez y transmisión de cargas
Losas	≥ 14 MPa	ACI 211.1, NEC-SE-HM	Condiciones de carga distribuida

Nota. Elaboración propia basada en ACI 211.1-91 y NEC-SE-HM.

Este procedimiento de comparación técnica permitirá fundamentar la evaluación estructural desde un enfoque normativo y servirá de base para la toma de decisiones en cuanto a posibles intervenciones, refuerzos, o, en última instancia, una justificación técnica para su demolición, en caso de evidenciarse un deterioro estructural severo con bajos niveles de resistencia.

3.6. METODOLOGÍA DEL O.E.2.: INSPECCIÓN VISUAL Y DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

3.6.1. Inspecciones de campo.

El proceso de inspección visual constituye la primera etapa del diagnóstico estructural del Hotel Samarina. Esta actividad es fundamental para identificar, registrar y analizar la presencia de patologías estructurales que puedan comprometer la integridad, funcionalidad o seguridad de la edificación. Según la metodología propuesta por González y Rodríguez (2022), la inspección visual permite detectar signos evidentes de deterioro, fisuras, desprendimientos, deformaciones, humedad y otros fenómenos patológicos, siendo una herramienta clave para evaluar la condición general de una estructura existente.

La metodología aplicada se dividió en dos fases complementarias: inspección preliminar y diagnóstico técnico detallado. Ambas se desarrollaron in situ, siguiendo un plan estructurado, cumpliendo normas de seguridad y utilizando instrumentos básicos como flexómetros, niveles de burbuja, cámaras digitales, linternas LED, marcadores técnicos y hojas de registro.

a) Primera fase: Inspección preliminar general

Esta etapa se centró en el reconocimiento general del edificio, con el objetivo de identificar visualmente zonas críticas o deterioradas. Durante esta fase, se recorrieron los principales elementos estructurales (cimientos, columnas, vigas, losas y muros portantes), y se registraron de manera sistemática los daños visibles.

Se aplicó un formato de inspección estructurada basado en la norma española UNE 41805 IN:2009, adaptado al contexto ecuatoriano, donde se incluyeron datos como: ubicación del daño, tipo de elemento afectado, dimensiones estimadas del daño, tipo de manifestación patológica (fisuras, corrosión, desprendimientos, etc.), y una descripción técnica preliminar del estado del elemento.

Figura 8

Inspección visual preliminar del Hotel Samarina



b) Segunda fase: Inspección técnica detallada (en ejecución)

Esta etapa consiste en una evaluación más exhaustiva de los daños detectados en la primera fase, enfocándose en aquellos considerados prioritarios por su localización, magnitud o riesgo potencial. La inspección se realiza mediante levantamiento sistemático con fichas de patología estructural detalladas, que incluyen:

- Medición de fisuras activas y pasivas con calibradores plásticos.
- Detección de humedad y eflorescencias mediante observación de manchas y reacción superficial.
- Evaluación del estado del concreto (color, textura, desprendimientos).
- Inspección visual del acero expuesto para identificar corrosión, diámetros y tipo de barras.

- Observación de deformaciones, asentamientos diferenciales o fallas por flexión/corte.

Figura 9

Patologías encontradas en elementos estructurales



Las zonas intervenidas en esta fase son registradas en croquis de planta y alzados esquemáticos, con su respectiva codificación. Además, se han delimitado áreas que requieren inspección adicional, especialmente en niveles superiores y zonas de difícil acceso, que serán evaluadas con el uso de escaleras industriales y herramientas auxiliares.

c) Cronograma de inspecciones pendientes

El proceso de diagnóstico se encuentra en desarrollo. Las inspecciones complementarias previstas incluyen:

- Azotea y zonas de carga sobre la losa de cubierta.
- Unión de elementos estructurales con instalaciones sanitarias y eléctricas.
- Evaluación de zonas con intervenciones previas o parches de concreto.

Estas inspecciones se documentarán conforme al mismo protocolo, y se integrarán a las fichas técnicas del edificio, que permitirán realizar una evaluación global de patologías, priorización de intervenciones y formulación de propuestas en el capítulo correspondiente.

3.6.2. Fichas resumen y detalladas de patologías encontradas.

Como parte del diagnóstico estructural del Hotel Samarina, se implementó una metodología de registro sistemático mediante el uso de fichas técnicas de patologías estructurales, tanto en formato resumen general como fichas individuales detalladas por cada elemento afectado. Esta estrategia permite organizar, documentar y jerarquizar los daños observados, asegurando un análisis estructurado y trazable de las condiciones del edificio.

Según Torres y Alvear (2020), el uso de fichas técnicas en el análisis patológico de edificaciones permite vincular directamente la observación de campo con la evaluación de riesgo estructural, facilitando la toma de decisiones técnicas respecto a refuerzo, reparación o reemplazo de elementos.

a) Ficha resumen general de patologías

Esta ficha tiene como propósito consolidar de forma sintética los tipos de daño presentes en el edificio, organizados por zona estructural (planta baja, alta,

azotea, etc.) y tipo de elemento (viga, columna, losa, muro). Se incluye además un campo de observaciones técnicas preliminares y nivel de severidad estimado.

A continuación, se presenta un modelo referencial de ficha resumen utilizado en la inspección:

Tabla 14

Modelo de ficha resumen de patologías estructurales

Código	Elemento afectado	Ubicación	Tipo de patología	Dimensiones estimadas	Severidad	Observaciones técnicas
P01	Columna C-4	Planta baja, eje A/2	Fisuración vertical	1.20 m longitud, 1 mm abertura	Moderada	Presencia de humedad cercana
P02	Viga V-2	Planta alta, eje B/3	Corrosión de acero expuesto	0.80 m longitud	Severa	Acero no corrugado visible
P03	Losa L-1	Cubierta	Desprendimiento superficial	0.5 m ²	Leve	Pérdida de recubrimiento inicial

Nota. Elaboración propia con base en Torres y Alvear (2020).

b) Fichas detalladas de patologías por elemento

Las fichas individuales detalladas se aplican a los elementos con mayor grado de afectación o relevancia estructural. Estas fichas incluyen información técnica más específica y permiten asociar cada patología con sus posibles causas, efectos y recomendaciones de intervención. Las fichas también incluyen un registro

fotográfico referencial, croquis del daño y esquema de ubicación dentro del edificio.

A continuación, se muestra un modelo metodológico de ficha individual utilizada en esta etapa:

FICHA TÉCNICA DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL (DETALLADA)

Código: P02

Elemento afectado: Viga V-2

Ubicación: Planta alta – eje B/3

Dimensiones del daño: 80 cm largo x 3 cm ancho

Tipo de daño: Corrosión de armadura – desprendimiento del recubrimiento

Material afectado: Concreto y acero no corrugado

Descripción técnica:

Se observa oxidación visible del acero de refuerzo expuesto. El recubrimiento de concreto presenta pérdida significativa, dejando al acero en contacto con el ambiente externo. No se evidencia corrosión interna activa, aunque se recomienda análisis de carbonatación.

Posibles causas:

- Exposición directa a la intemperie sin protección.
- Baja calidad del concreto (presunto).
- Recubrimiento insuficiente.

Efectos potenciales:

- Disminución del área efectiva del refuerzo.
- Riesgo de falla por pérdida de adherencia.
- Nivel de severidad estimado: Severo

Recomendación preliminar: Evaluar profundidad del daño, encapsular refuerzo con mortero estructural y considerar aplicación de inhibidor de corrosión.

Este formato será aplicado a todos los elementos estructurales que presenten daños localizados de alta prioridad, según lo determinado en la inspección visual. Las fichas permiten además alimentar una base de datos estructural digitalizada, útil para análisis comparativos, categorización de daños y la construcción del mapa de patologías que será presentado en capítulos posteriores.

3.6.3. Clasificación de patologías por gravedad (sistema semafórico: leve, moderado, severo).

Una vez levantadas las patologías estructurales del Hotel Samarina mediante inspección visual y fichas técnicas, se procede a su clasificación por niveles de severidad, lo cual es fundamental para establecer prioridades de intervención, riesgos asociados y alternativas de rehabilitación. Para ello, se adopta un sistema metodológico de semaforización, ampliamente utilizado en diagnósticos estructurales de edificaciones existentes.

Según Ortiz y Zambrano (2021), el sistema semafórico de evaluación estructural permite organizar las patologías en tres niveles de criticidad (leve, moderado y severo), usando una simbología cromática que facilita la interpretación del riesgo: verde, amarillo y rojo respectivamente.

Este sistema fue adaptado para la presente investigación, considerando variables como: tipo de daño, extensión del mismo, función estructural del elemento afectado, riesgo de progresividad y posibilidad de colapso localizado. La Tabla siguiente resume los criterios metodológicos definidos para la clasificación de las patologías encontradas.

Tabla 15*Criterios técnicos de clasificación de patologías estructurales*

Nivel	Color	Criterios técnicos	Acción recomendada
Leve	 Verde	Daños estéticos o superficiales sin afectación estructural. Fisuras menores a 0.3 mm, desprendimientos de recubrimiento sin exposición de acero, pequeñas eflorescencias.	Mantenimiento correctivo o preventivo. Revisión periódica.
Moderado	 Amarillo	Daños visibles que afectan parcialmente la integridad del elemento. Fisuras activas entre 0.3 mm y 1.0 mm, exposición puntual de refuerzo sin pérdida de sección, manchas de humedad recurrentes.	Reparación localizada. Refuerzo preventivo. Seguimiento técnico.
Severo	 Rojo	Daños estructurales evidentes. Fisuras mayores a 1 mm, acero corroído o desprendido, pérdida de sección transversal, deformaciones, asentamientos, fisuración extendida en nudos críticos.	Intervención urgente. Refuerzo estructural o sustitución del elemento. Posible recomendación de demolición parcial o total.

Nota. Adaptado de Ortiz y Zambrano (2021).

Aplicación metodológica

Durante el diagnóstico del Hotel Samarina, cada patología identificada fue categorizada dentro de esta escala, asignándole un color según nivel de gravedad, que luego fue graficado en planos y croquis esquemáticos de planta y elevación del edificio. Esta codificación facilita la visualización de los puntos críticos dentro del sistema estructural y permite generar una jerarquización técnica de intervención.

Asimismo, en cada ficha detallada de patología se consignó el nivel de severidad correspondiente, basándose en la inspección directa, la dimensión y profundidad del daño, el tipo de elemento afectado y su rol dentro del sistema resistente del edificio. Esta clasificación técnica servirá como base para los análisis posteriores y para la toma de decisiones en cuanto a refuerzo o sustitución.

Tabla 16

Ejemplo de aplicación de clasificación semafórica en elementos estructurales

Código de patología	Elemento estructural	Tipo de daño	Dimensión aprox.	Severidad	Color
P01	Columna C-4	Fisura vertical superficial	1.20 m / 0.2 mm	Leve	
P02	Viga V-2	Exposición de refuerzo oxidado	0.80 m / acero visible	Severo	
P03	Losa L-1	Desprendimiento parcial de recubrimiento	0.5 m ²	Moderado	

Nota. Adaptado de Ortiz y Zambrano (2021).

Este sistema permite representar visualmente el estado general de la estructura en mapas de daño y fichas técnicas. La interpretación cromática se alinea con el criterio técnico de priorización y será utilizada como herramienta gráfica para la argumentación de la intervención estructural o, si el caso lo justifica, una posible recomendación de demolición técnica.

3.6.4. Identificación de causas: fallas de material, diseño antiguo, entorno agresivo.

Una vez clasificadas las patologías estructurales del Hotel Samarina según su nivel de gravedad, se procedió a establecer, desde un enfoque metodológico, las posibles causas técnicas que originan o agravan estos daños estructurales. Este

análisis se sustenta en el principio de que toda manifestación patológica es consecuencia de una o varias causas físicas, químicas, mecánicas o ambientales, que pueden actuar individual o simultáneamente sobre los elementos constructivos (Silva & Pérez, 2020).

La identificación de estas causas se realizó a partir de la observación directa en campo, el análisis de planos estructurales originales, el estado de los materiales evidenciado durante la extracción de núcleos, y la información recabada mediante fichas de inspección técnica. En esta metodología, las causas se agrupan en tres categorías principales:

a) Fallas de material

Este tipo de causas se relaciona con la calidad intrínseca de los materiales utilizados durante la construcción original del edificio. El Hotel Samarina, con más de 50 años de antigüedad, presenta indicios de haber sido construido con concreto de resistencia reducida y acero de refuerzo liso (no corrugado), ambos comunes en edificaciones de esa época.

Entre las fallas de material identificadas metodológicamente se consideran:

- Bajo contenido de cemento en la mezcla, lo cual reduce la resistencia a compresión.
- Porosidad elevada y mala compactación del concreto en obra.
- Ausencia de tratamientos de protección del acero frente a humedad ambiental.
- Inadecuado recubrimiento del refuerzo, lo que ha expuesto el acero a condiciones de deterioro superficial.

Estas fallas se evidencian principalmente en columnas y vigas con desprendimiento del recubrimiento, y en los núcleos extraídos, cuyas características superficiales reflejan una matriz heterogénea.

b) Diseño estructural desactualizado

El sistema estructural del Hotel Samarina responde a criterios de diseño previos a la adopción de normas sismorresistentes modernas, lo cual representa una limitación significativa ante la demanda sísmica actual. De acuerdo con la NEC-SE-DS (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sismorresistente), las edificaciones deben diseñarse considerando zonas sísmicas específicas, lo cual no fue exigencia normativa en la época de construcción de este edificio.

Entre las deficiencias de diseño más relevantes consideradas en la metodología están:

- Ausencia de elementos de confinamiento y refuerzo transversal adecuado.
- Geometría estructural irregular, que genera concentraciones de esfuerzos.
- Uniones estructurales sin detalles de anclaje, especialmente en nudos viga-columna.
- Distribución no uniforme de cargas, generando asimetrías estructurales.
- Altura libre excesiva en planta baja, con tendencia a “piso débil”.

Estas características han sido verificadas durante la revisión de los planos estructurales originales y mediante observación directa en obra, en correspondencia con lo reportado en otros estudios similares sobre edificaciones antiguas (Paredes y otros, 2021).

c) Entorno agresivo y condiciones ambientales

El edificio se encuentra ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, zona costera caracterizada por alta salinidad ambiental, humedad relativa elevada y exposición a lluvias estacionales, condiciones que contribuyen al deterioro progresivo de los materiales.

Las condiciones del entorno identificadas como factores contribuyentes incluyen:

- Aerosoles marinos transportados por el viento, que aceleran la carbonatación y favorecen la corrosión superficial del acero expuesto.
- Ciclos térmicos extremos y exposición solar directa, que favorecen la formación de micro-fisuras en los elementos más delgados.
- Filtraciones por falta de impermeabilización en cubierta y losas, evidentes en manchas de humedad y eflorescencias en varios niveles.
- Acumulación de agua en zonas de contacto entre instalaciones sanitarias y estructura, lo cual incrementa la humedad interna en muros portantes y columnas.
- Estas variables fueron registradas sistemáticamente en las inspecciones y se documentarán con evidencia gráfica en los planos de patología y fichas detalladas.

3.6.5. Evaluación de vulnerabilidad sísmica según FEMA.

Como parte del diagnóstico estructural del Hotel Samarina, se procedió a la evaluación de su vulnerabilidad sísmica empleando la metodología propuesta en la guía FEMA P-154: Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, desarrollada por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de Estados Unidos (Federal Emergency Management Agency).

Esta herramienta metodológica es ampliamente utilizada a nivel internacional para identificar, mediante una inspección visual rápida y fundamentada, el grado de vulnerabilidad de edificaciones existentes ante eventos sísmicos. Su aplicación se adapta especialmente a edificios antiguos o sin refuerzo sísmico, como es el caso del Hotel Samarina, que fue construido antes de la implementación de normativas sismorresistentes modernas en el Ecuador.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica del Hotel Samarina se desarrolló conforme a los lineamientos establecidos por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Se empleó

una herramienta técnica estandarizada, cuya aplicación exige, como primer paso, la evaluación del nivel de peligro sísmico. Se obtuvo a partir de parámetros espectrales bajo la norma NEC.

a) Procedimiento para la obtención del espectro de aceleración de diseño.

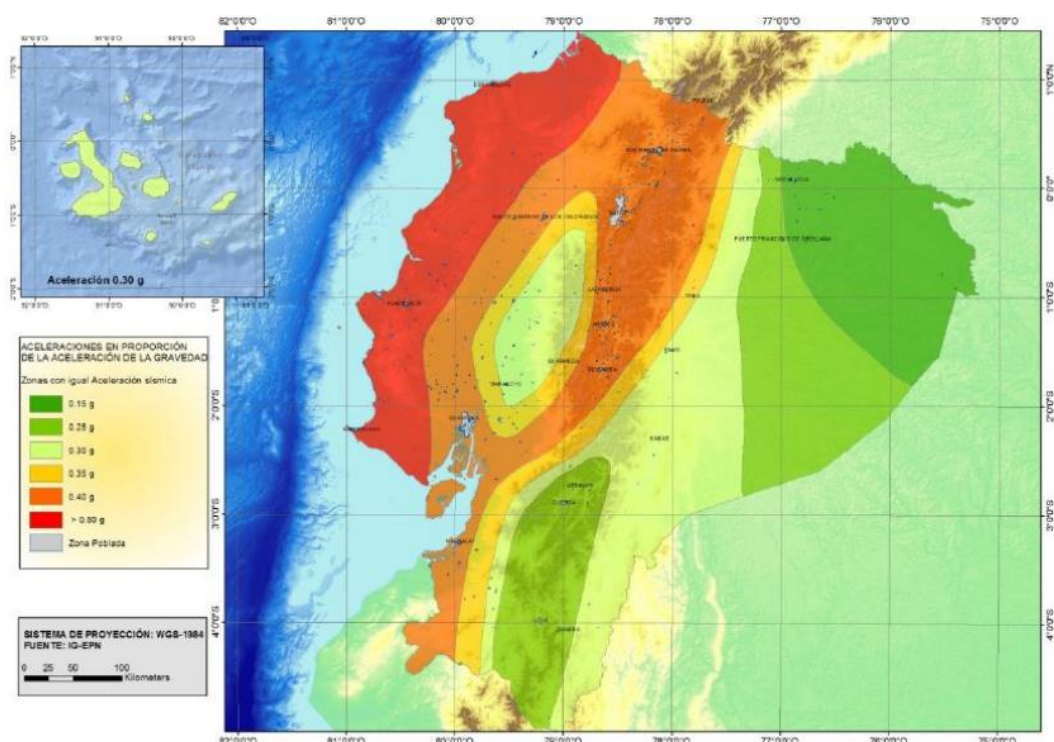
El espectro de aceleración nos permite aproximar las fuerzas que actuará sobre nuestra edificación en un sismo, considerando el tipo de suelo, la ubicación geográfica y el nivel de riesgo sísmico. Según la NEC-SE-DS (2015), el espectro de diseño refleja la respuesta máxima esperada de un sistema estructural idealizado sometido a un movimiento sísmico, y se utiliza para dimensionar y verificar el comportamiento sísmico de estructuras.

Para graficar el espectro de aceleración, es necesario seguir los siguientes pasos técnicos conforme a la Norma Ecuatoriana de Construcción.

1) Determinación de la zona sísmica

Los movimientos sísmicos dentro de nuestro territorio son eventos que ocurren frecuentemente y de altas probabilidades que se presenten en estos sitios. La **Figura 10** nos determina el *factor de zonificación Z*, en proporción al lugar donde se desea evaluar la estructura.

Figura 10 Mapa de peligro sísmico en el Ecuador NEC-2015



2) Determinación de los parámetros sísmicos fundamentales

En la **Tabla 17** se resume los parámetros utilizados en el análisis espectral.

Tabla 17

Parámetros para el diseño del espectro de aceleración sísmica

Símbolo	Nombre del factor	Método de obtención
Z	Aceleración sísmica de diseño	Figura 10: Mapa de peligro sísmico en el Ecuador NEC-2015
η	Factor de comportamiento por ductilidad	Anexo 5.
r	Factor de reducción por redundancia	$r = 1 \rightarrow$ Para todos los suelos, excepto tipo E $r = 1.5 \rightarrow$ Para tipo de suelo E

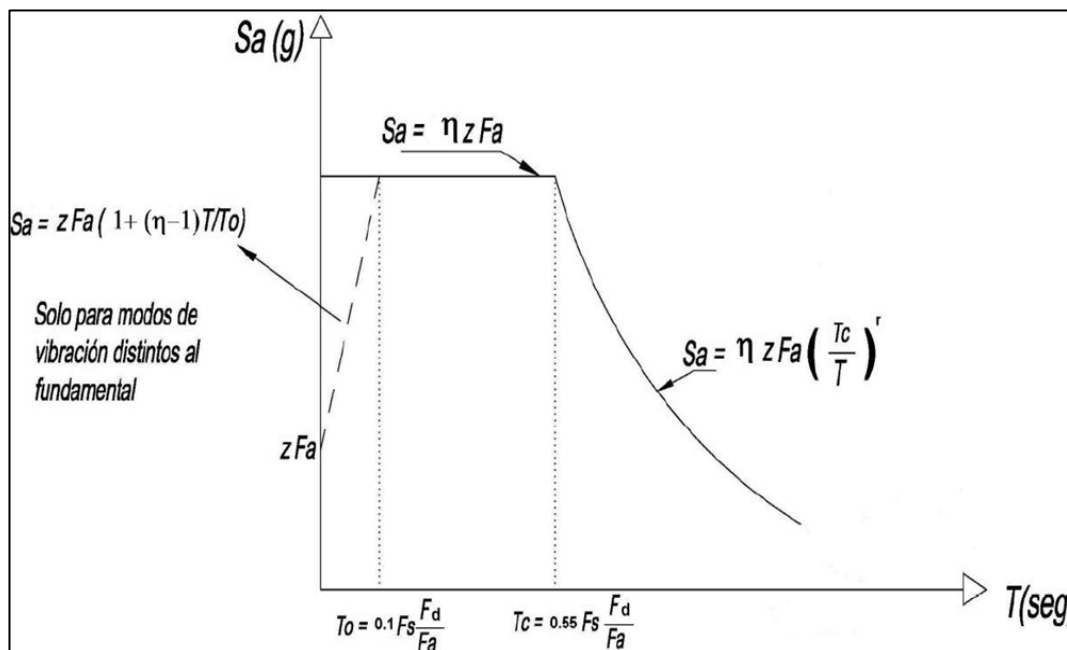
Fa	Factor de ampliación sísmica para periodos cortos	Anexo 2.
Fd	Factor de ampliación por tipo de suelo	Anexo 3.
Fs	Factor estructural	Anexo 4.
To	Periodo inicial del espectro	$To = 0.1 Fs \frac{Fd}{Fa}$
Tc	Periodo de transición	$Tc = 0.55 Fs \frac{Fd}{Fa}$

Nota. Elaboración propia.

En la siguiente **Figura 11** se muestra un ejemplo de espectro de aceleración de diseño obtenido de la NEC-2015.

Figura 11

Modelo de espectro de diseño sísmico



b) Determinación del formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica para edificaciones FEMA P-154

Para establecer el grado de amenaza sísmica del emplazamiento y formulario FEMA, se definió el espectro de aceleración elástico de diseño según lo especificado en el capítulo NEC-SE-DS. El espectro nos proporciona los siguientes parámetros:

- **Ss y S1:** Respuesta de aceleración espectral correspondiente a un período establecido de 0.2 segundos y 1.00 segundo respectivamente, asociado principalmente a estructuras de comportamiento rígido.

Una vez obtenidos los valores espectrales, se procede a clasificar el emplazamiento dentro de un nivel de peligrosidad sísmica: baja, moderada, moderadamente alta, alta y muy alta. Esta clasificación se realiza en base a la siguiente tabla de la ASCE/SEI 41-13, adaptada por la normativa ecuatoriana.

Tabla 18

Determinación de la región sísmica a partir de la respuesta de aceleración espectral para un MCER

Región sísmica	Respuesta de aceleración espectral, Ss (periodo corto, o 0.2 segundos)	Respuesta de aceleración espectral, S1 (periodo corto, o 1.0 segundos)
Baja	$Ss < 0.250g$	$S1 < 0.10g$
Moderada	$0.250 \leq Ss \leq 0.500g$	$0.100g \leq S1 \leq 0.200g$
Moderadamente alta	$0.500g \leq Ss \leq 1.000g$	$0.200g \leq S1 \leq 0.400g$
Alta	$1.000g \leq Ss \leq 1.500g$	$0.400g \leq S1 \leq 0.600g$
Muy alta	$Ss \geq 1.500g$	$S1 \geq 0.600g$

Fuente: Adaptado de ASCE/SEI 41-13.

c) Fundamento de la metodología FEMA P-154

Según FEMA (2015), la evaluación visual rápida tiene como objetivo establecer un índice de prioridad sísmica para cada edificación, basado en un sistema de puntuación que considera variables como:

- Sistema estructural principal.
- Materiales de construcción.
- Configuración en planta y elevación.
- Año de construcción y normativas aplicables.
- Irregularidades estructurales.
- Condiciones del suelo y localización sísmica.
- Nivel de deterioro observable.

Cada una de estas variables aporta un puntaje base o modificador, el cual se suma o resta al puntaje inicial correspondiente al tipo estructural del edificio. El resultado final se compara con umbrales establecidos para definir si la estructura presenta baja, media o alta vulnerabilidad sísmica, según se resume en la Tabla siguiente:

Tabla 19

Interpretación del puntaje final según FEMA P-154

Puntaje final (P)	Nivel de vulnerabilidad sísmica	Acción recomendada
$P \geq 0.3$	Baja	No se requieren estudios adicionales.
$P = 0.3$	Moderada	Revisión estructural técnica sugerida.
$P < 0.3$	Alta	Evaluación estructural detallada obligatoria.

Nota. Adaptado de FEMA P-154 (2015).

b) Aplicación al caso de estudio

Para aplicar esta metodología al Hotel Samarina, se utilizó la versión actualizada del formulario FEMA P-154 (Edición 2015), adaptada al contexto ecuatoriano mediante los lineamientos del Manual de procedimiento administrativo y técnico del MIDUVI (2021). El proceso fue ejecutado en campo por el equipo técnico, siguiendo los siguientes pasos:

- Identificación del sistema estructural principal: Se clasificó el edificio como estructura de concreto armado con pórticos, sin elementos de confinamiento moderno.
- Determinación de puntaje base: Asignado según tipología estructural y antigüedad.
- Evaluación de modificadores de vulnerabilidad: Se aplicaron descuentos por factores como altura libre excesiva, irregularidades en planta, materiales sin refuerzo sísmico, acero no corrugado, presencia de patologías graves y antigüedad superior a 50 años.
- Cálculo del puntaje final (P): Resultado de la sumatoria del puntaje base y modificadores negativos.
- Interpretación del nivel de vulnerabilidad: Según los rangos establecidos en la Tabla 17.

Todo este proceso fue documentado en una ficha técnica de evaluación FEMA, que incluye:

- Información general del edificio.
- Croquis de planta y alzados.
- Fotografías de daños representativos.
- Lista de modificadores aplicados.
- Puntaje final obtenido.

c) Consideraciones metodológicas adicionales

Cabe destacar que, al tratarse de un edificio con función institucional y alta concurrencia, el MIDUVI establece que cualquier resultado con vulnerabilidad

media o alta debe derivar en un estudio estructural más profundo, en conformidad con la normativa NEC-SE y la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo (LOOTUGS).

La metodología FEMA no reemplaza un análisis estructural completo, pero constituye una herramienta objetiva para justificar la aplicación de ensayos mecánicos, refuerzos estructurales o, en casos extremos, la recomendación técnica de demolición. En el caso del Hotel Samarina, esta evaluación forma parte del marco técnico que sustenta las decisiones futuras.

3.6.6. Condiciones del acero de refuerzo (no corrugado, sin corrosión interna significativa).

Como parte integral del diagnóstico patológico del Hotel Samarina, se incluyó la evaluación visual y técnica del acero de refuerzo presente en los elementos estructurales expuestos. Esta evaluación se enfocó en verificar el tipo de acero utilizado, su condición superficial observable, el estado de protección del recubrimiento de concreto y la existencia de manifestaciones de corrosión, siguiendo criterios establecidos por la ACI 222R-19, la NEC-SE-HM y las recomendaciones de la norma española UNE 1504-9 para estructuras de concreto armado.

a) Tipo de acero identificado

Mediante inspección directa durante las fases de extracción de núcleos, fisuración y desprendimiento del recubrimiento en columnas y vigas, se pudo constatar que el refuerzo utilizado en la estructura corresponde a acero liso (no corrugado), comúnmente empleado en construcciones de mediados del siglo XX. Este tipo de refuerzo carece de adherencia mecánica al concreto, lo que compromete su capacidad de anclaje frente a cargas de tracción y flexión (ACI, 2019).

Figura 12

Acero liso observado en campo



Desde la perspectiva metodológica, este hallazgo implica una limitación estructural significativa, ya que la adherencia entre concreto y acero en elementos sometidos a esfuerzos combinados es crucial para el funcionamiento de la estructura como un sistema monolítico. El código ACI 318-19 actualmente no recomienda el uso de acero liso para estructuras nuevas, salvo en casos especiales con tratamiento superficial adicional.

b) Evaluación del estado de conservación del refuerzo

Durante la inspección visual, se realizó un registro fotográfico y descriptivo de las zonas donde el concreto se encontraba desprendido o donde el refuerzo quedaba expuesto. Se observó que, en la mayoría de los casos, el acero no presenta signos de corrosión activa o penetrante, lo que sugiere que la protección pasiva natural del concreto ha funcionado adecuadamente hasta el momento, al menos en las zonas evaluadas.

La inspección se enfocó en verificar las siguientes condiciones:

- Presencia de óxido superficial: En algunas zonas se detectó oxidación leve tipo 1 (película rojiza sin exfoliación), compatible con exposición ambiental moderada.
- Integridad de la sección: Se evidenció pérdida apreciable del diámetro original del refuerzo en los puntos inspeccionados.

- Recubrimiento de concreto: Se identificaron zonas con espesor insuficiente o deteriorado, lo cual representa un riesgo a futuro en zonas expuestas a humedad o sales.

La Tabla 20 resume los criterios técnicos aplicados durante la evaluación metodológica del estado del refuerzo:

Tabla 20

Criterios metodológicos para evaluación visual del acero de refuerzo

Criterio observado	Indicador metodológico	Interpretación técnica
Presencia de corrosión	Superficial, no penetrante	Mantenimiento preventivo recomendado
Estado del recubrimiento	Incompleto o degradado en zonas puntuales	Riesgo potencial de deterioro progresivo
Exposición ambiental	Localizada (hendiduras, juntas, fisuras)	Condición de vulnerabilidad controlada
Diámetro aproximado del acero	Conforme a prácticas de la época	Verificación pendiente en planos

Nota. Elaboración propia según ACI 222R-19 y UNE 1504-9.

c) Implicaciones metodológicas

La detección de acero liso sin signos de corrosión interna significativa permite establecer, dentro del marco metodológico, que la estructura se encuentra aún en un estado funcional, pero que requiere acciones preventivas de refuerzo o encapsulamiento para evitar el inicio de corrosión activa. Además, esta condición se considera dentro del análisis global de vulnerabilidad estructural y será incorporada al sistema de clasificación de patologías.

Asimismo, se ha previsto que, en caso de avanzar hacia una propuesta de rehabilitación, se deberán aplicar técnicas compatibles con estructuras antiguas, como el encamisado con concreto reforzado, uso de morteros poliméricos, o

refuerzo con FRP (fibras de polímero reforzado), teniendo en cuenta la baja adherencia del acero liso al concreto existente.

3.6.7. Registro gráfico y fotográfico de daños

Como parte del procedimiento metodológico de inspección visual y diagnóstico estructural del Hotel Samarina, se llevó a cabo un registro gráfico y fotográfico exhaustivo de todas las patologías estructurales identificadas en campo. Esta documentación técnica tiene como objetivo respaldar los hallazgos visuales, facilitar la elaboración de fichas técnicas y aportar evidencia visual para el análisis, comparación y priorización de intervenciones estructurales en los siguientes capítulos.

Según Moreno y Vásquez (2022), el registro fotográfico en el análisis patológico de estructuras cumple una doble función: documentar el estado actual del edificio con precisión técnica y brindar soporte visual a las evaluaciones cualitativas y cuantitativas que forman parte del diagnóstico. Asimismo, permite comparar el estado inicial con posibles intervenciones futuras o deterioros progresivos.

a) Protocolo de registro fotográfico aplicado

El proceso de captura y organización de imágenes se ejecutó conforme a un protocolo estandarizado, que incluyó los siguientes pasos:

- Identificación y codificación del elemento estructural: cada fotografía fue asociada a un código único (P01, P02, etc.) correspondiente a la patología identificada y registrada en la ficha técnica.
- Captura desde múltiples ángulos: se realizaron tomas generales del entorno del daño y tomas de acercamiento (macrofotografía) para detallar características específicas como tipo de fisura, textura del concreto, exposición del refuerzo, o presencia de humedad.

- Uso de escala gráfica de referencia: en cada imagen se incorporó una escala métrica visible (flexómetro o calibrador) para dimensionar el daño directamente en la imagen.
- Georreferenciación manual por croquis: cada imagen fue asociada a un plano esquemático o croquis de planta donde se marcó su localización exacta dentro del edificio.

Figura 13

Grietas y fisuras de la losa de hormigón



b) Organización de los registros gráficos

Las imágenes obtenidas fueron clasificadas y almacenadas digitalmente en carpetas organizadas por:

- Zona del edificio (planta baja, alta, cubierta).
- Tipo de elemento estructural (columna, viga, losa, muro portante).
- Tipo de patología (fisura, corrosión, desprendimiento, humedad, deformación).

Asimismo, se elaboró una base de datos fotográfica estructurada, en formato digital, donde cada imagen está vinculada a su respectiva ficha técnica, incluyendo metadatos como fecha de captura, autor, dispositivo utilizado, ubicación y observaciones relevantes.

c) Utilidad del registro gráfico en la metodología

El registro fotográfico cumple funciones clave dentro del análisis patológico:

- Verificación y validación visual de la información técnica levantada en fichas.
- Soporte gráfico para informes y presentaciones ante autoridades institucionales.
- Construcción de mapas de daño mediante la integración de imágenes en planos digitales.
- Evidencia de campo en caso de disputas técnicas o solicitudes de intervención estructural.

Además, estas imágenes serán empleadas en el capítulo de resultados para mostrar de forma ilustrativa las principales patologías identificadas y justificar técnica y visualmente la necesidad de intervenciones estructurales o la potencial recomendación de demolición técnica, si el deterioro acumulado y los riesgos estructurales lo justifican.

3.7. METODOLOGÍA DEL O.E.3.: PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL CONFORME ACI 211.1

3.7.1. Análisis de mezclas conforme el ACI 211.1 para elementos a rehabilitar.

La propuesta de rehabilitación estructural del Hotel Samarina contempla la aplicación de mezclas de concreto diseñadas específicamente para garantizar el desempeño estructural de los elementos intervenidos. Para ello, se adopta la metodología establecida en la norma ACI 211.1-91 (Reapproved 2009): Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, que constituye la guía oficial del American Concrete Institute (ACI) para el diseño y ajuste de mezclas de concreto de peso normal.

Este procedimiento metodológico es esencial para asegurar que el concreto de reparación presente características adecuadas de resistencia a compresión, trabajabilidad, durabilidad, adherencia al concreto existente y compatibilidad volumétrica, minimizando el riesgo de fisuración por retracción, pérdida de unión o incompatibilidad mecánica con el sistema estructural original.

a) Fundamento técnico del ACI 211.1

La metodología del ACI 211.1 se basa en el diseño racional de mezclas a partir de los siguientes parámetros técnicos:

- Resistencia requerida (f'_c) para el elemento estructural a intervenir.
- Tipo y tamaño máximo del agregado grueso.
- Relación agua/cemento (a/c) compatible con la resistencia y durabilidad esperadas.
- Contenido de aire (en caso de ambientes expuestos).
- Trabajabilidad adecuada al método de colocación y zona de aplicación.

Este procedimiento considera tanto el diseño inicial por volumen como los ajustes posteriores por absorción de agregados, contenido de humedad y condiciones climáticas del sitio (ACI, 2009).

b) Aplicación metodológica al caso de estudio

Para la intervención del Hotel Samarina, se adoptará el siguiente proceso técnico conforme al ACI 211.1:

- Determinación de f'_c objetivo para la mezcla de rehabilitación, basada en las exigencias estructurales de cada elemento, considerando:
 - ✓ Columnas: ≥ 21 MPa
 - ✓ Vigas: ≥ 17 MPa
 - ✓ Losas: ≥ 14 MPa
- Estos valores mínimos corresponden a los requerimientos estructurales típicos según ACI 318-19 y la NEC-SE-HM, adaptados al caso de rehabilitación de elementos antiguos con cargas moderadas.
- Selección del tamaño máximo del agregado (preferiblemente 19 mm), para facilitar la colocación en zonas confinadas y mejorar la trabajabilidad.
- Estimación inicial del contenido de agua y cemento, según tablas del ACI 211.1, ajustando la relación agua/cemento para asegurar una mezcla durable, con $r/c \leq 0.50$ en zonas expuestas a humedad o riesgo de carbonatación.
- Determinación de proporciones volumétricas por metro cúbico, incluyendo agregados finos y gruesos, mediante el método de peso absoluto.
- Diseño de mezcla base y mezcla corregida, considerando absorción y contenido de humedad del agregado, determinada mediante ensayos de laboratorio.

- Ensayos de trabajabilidad (slump test), densidad y resistencia potencial, como parte de la validación experimental en laboratorio antes de su aplicación en obra.

c) Consideraciones técnicas adicionales

Dado que se trata de una rehabilitación localizada, se diseñarán mezclas especiales para las siguientes aplicaciones:

- Concreto fluido autocompactante, para zonas de difícil acceso o elementos confinados.
- Mortero estructural modificado con polímeros, para encapsulado de refuerzos expuestos.
- Micro-concretos, para inyecciones en nidos de abeja o fisuras estructurales profundas.

Estas mezclas se seleccionarán no solo por su resistencia mecánica, sino también por su compatibilidad fisicoquímica con el concreto original, reduciendo el riesgo de delaminaciones o incompatibilidades térmicas.

El diseño de estas mezclas será validado mediante una campaña experimental en laboratorio, cuyos resultados se analizarán en el capítulo de resultados, y servirán como base para la formulación definitiva de la propuesta estructural.

3.7.2. Revisión de los planos arquitectónicos

La elaboración de una propuesta de rehabilitación estructural técnicamente fundamentada requiere como paso esencial la revisión detallada de los planos arquitectónicos y estructurales originales del edificio, con el objetivo de comprender su sistema constructivo, las relaciones geométricas entre elementos portantes, las características dimensionales de los componentes estructurales, y la distribución funcional que influye en el comportamiento estructural general.

Para esta tesis, se dispuso de un conjunto de planos del Hotel Samarina, suministrados por la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), que incluye tanto la información arquitectónica general. El análisis se desarrolla bajo un enfoque metodológico orientado a tres propósitos:

- Identificar zonas críticas para intervención.
- Correlacionar la información gráfica con los daños observados en campo.
- Definir las zonas de alto riesgo del edificio para establecer estrategias de refuerzo.

a) Planos arquitectónicos analizados

El levantamiento gráfico arquitectónico disponible comprende las siguientes láminas:

- Planta baja.
- Primer piso alto.
- Segundo y tercer piso alto – Azotea.
- Elevación principal sur – Sección A–A'.
- Elevación posterior norte – Sección B–B'.

Estos planos permiten identificar:

- La distribución de ambientes por nivel.
- La ubicación de muros portantes y ejes estructurales.
- El acceso vertical (escaleras), vanos y cargas permanentes.
- La geometría general del edificio, incluyendo salientes, retranqueos y cambios de altura.
- La simetría o irregularidad en planta y elevación, factores claves para evaluar el desempeño sísmico.

Figura 14

Planta baja del Hotel Samarina

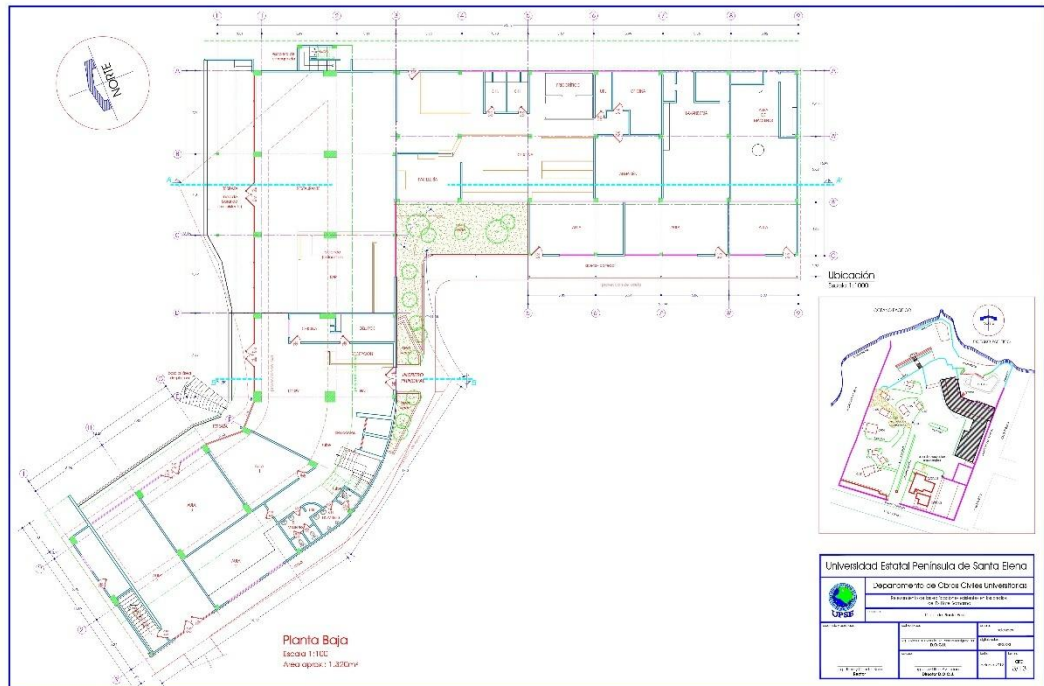


Figura 15

Primer piso alto del Hotel Samarina

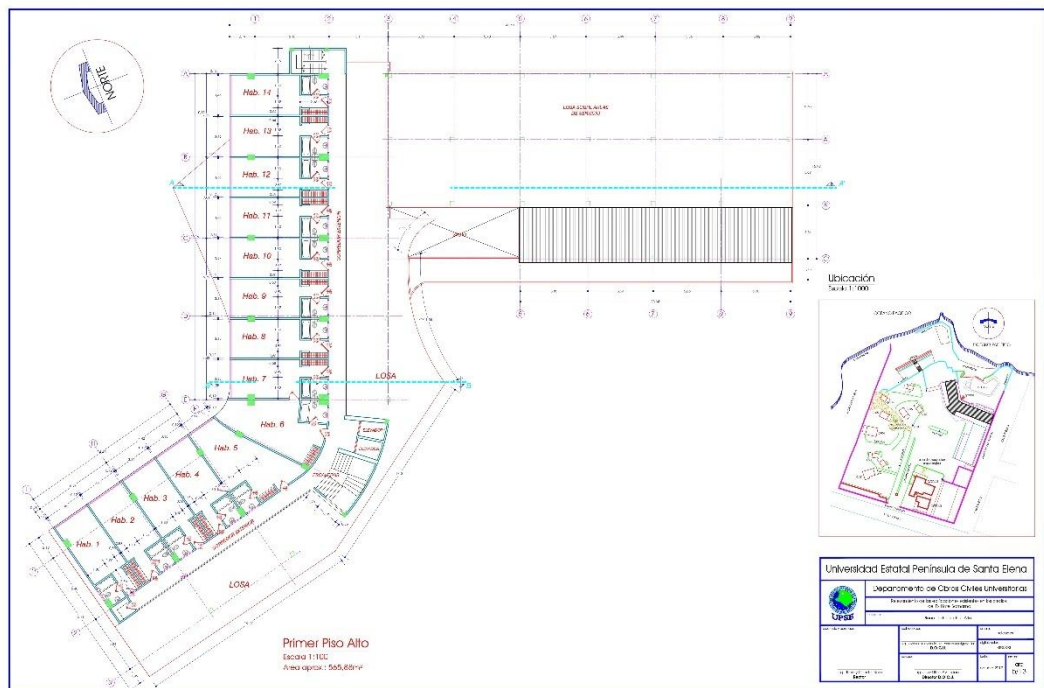


Figura 16

Segundo y tercer piso alto y azotea del Hotel Samarina

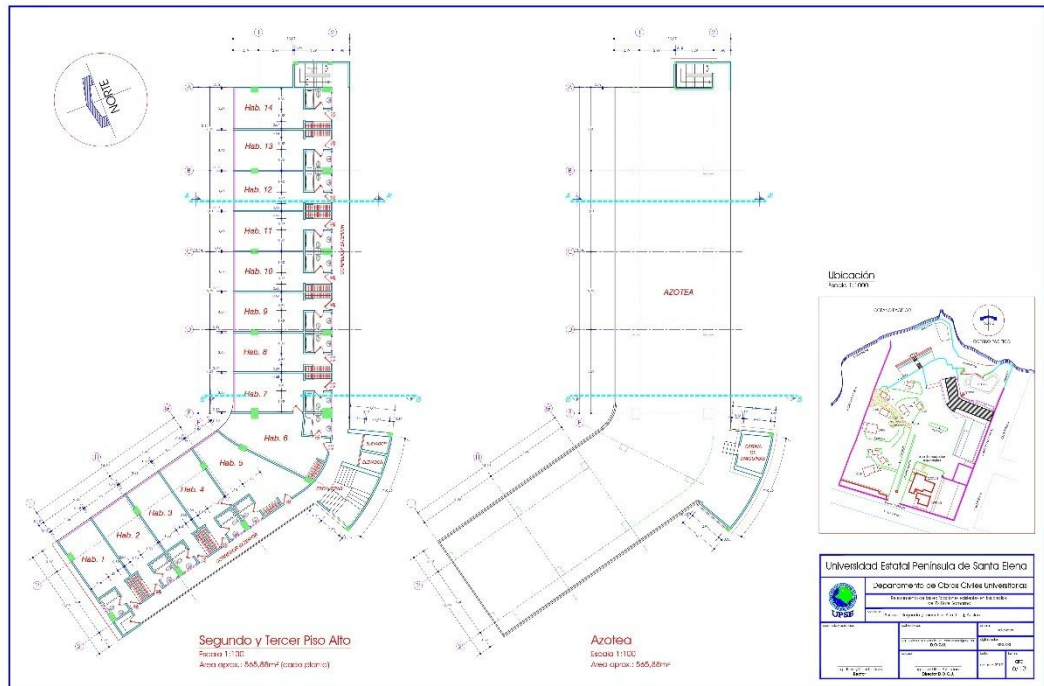
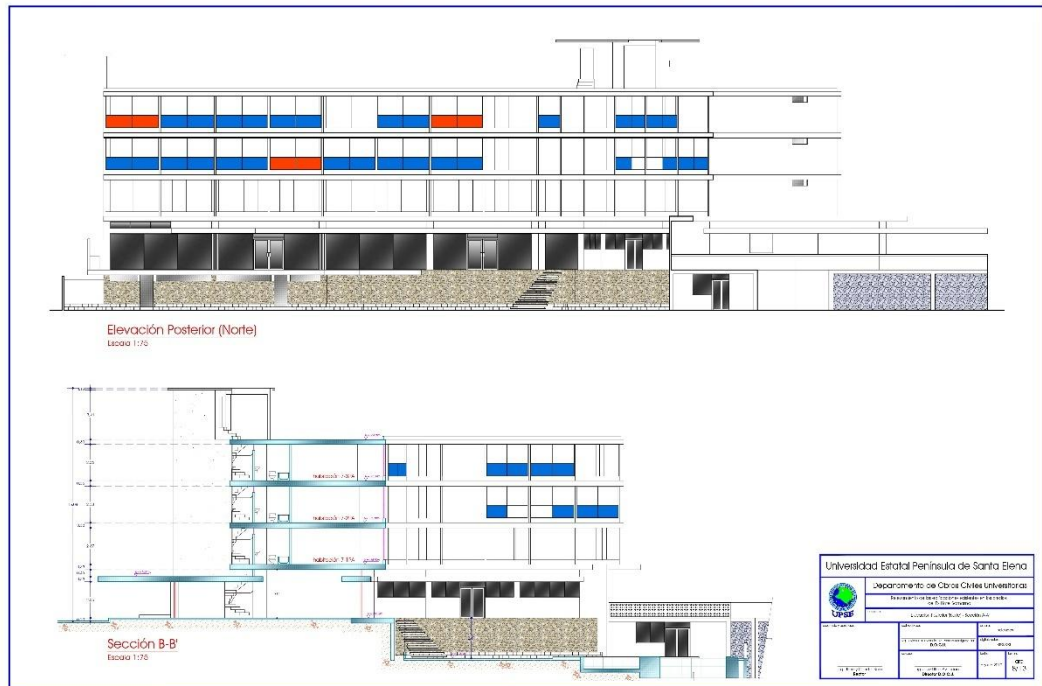


Figura 17

Elevación principal (Sur) y Sección A-A del Hotel Samarina



Elevación posterior (Norte) y Sección B'B del Hotel Samarina



El análisis gráfico de las elevaciones y secciones permitió establecer los límites volumétricos de cada nivel, así como verificar la altura libre por piso, especialmente en la planta baja, donde se sospecha la existencia de piso blando o irregularidad vertical, según criterios de vulnerabilidad sísmica (FEMA P-154, MIDUVI, NEC-SE-DS).

b) Estructura analizada

La edificación del Hotel Samarina no cuenta con planos detallados de la estructura interna, debido a su antigüedad y pérdida de documentación a través del tiempo. Sin embargo, Los hallazgos de (Ramírez et al. 2015) proporciona información detallada de los elementos estructurales (Columnas, losas y cimentaciones

1. Sus **columnas** constituidas con acero lisos (no corrugados) presentan dos dimensiones diferentes en consecuencia a la carga que soportara cada una de ellas.

- **Piso bajo y primer piso alto:** Sus columnas están constituidas por 16 varillas longitudinales de 25 milímetros de diámetro, con varillas de refuerzo de 10 milímetro de diámetro espaciadas cada 17 centímetros. Con dimensiones de 60x40 centímetros
- **Segundo y tercer piso alto:** Sus columnas están constituidas por 12 varillas longitudinales de 25 milímetros de diámetro, con varillas de refuerzo de 10 milímetro de diámetro espaciadas cada 17 centímetros. Con dimensiones de 50x40 centímetros

Su recubrimiento libre es de 4 centímetros entre el acero de transversal y la superficie de la columna.

2. Sus **losas** constituidas con el mismo acero presentan dos tipos de nervios el cual depende de su cercanía al nudo entre losa y columna.
 - **Nervios centrales:** Consta de 3 varillas de 25 milímetros de diámetro en la parte superior, y 2 varillas de 20 milímetros en la parte inferior.
 - **Nervios en zona columna (Nudos):** Consta de 2 varillas de 25 milímetros en la parte superior y 2 varillas de 20 milímetros en la parte inferior.

3.7.3. Propuesta de técnicas de rehabilitación: encamisados, inyecciones epóxicas, fibras FRP

Con base en el diagnóstico patológico estructural realizado y la revisión de los planos del Hotel Samarina, se estableció la necesidad de aplicar técnicas de rehabilitación estructural localizadas y específicas, orientadas a restaurar la funcionalidad mecánica de elementos afectados, mejorar el comportamiento global del edificio y prolongar su vida útil, en concordancia con los principios del ACI 562-19 (Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures).

Las intervenciones propuestas se enmarcan en las recomendaciones del ACI 546R-14 y del ACI 440.2R-17, seleccionadas por su compatibilidad con estructuras antiguas, su aplicabilidad a concreto existente de baja resistencia y su adaptabilidad a condiciones variables de accesibilidad, geometría y exposición ambiental.

a) Encamisado de elementos estructurales (Columnas y vigas)

En conformidad con lo establecido por el ACI 318, y la normativa para dosificación de mezclas del ACI 211.1. El encamisado estructural consiste en envolver total o parcialmente un elemento estructural con una nueva capa de concreto armado, la cual se adhiere al elemento existente y mejora sus propiedades mecánicas (resistencia, rigidez, ductilidad). Esta técnica es adecuada cuando se requiere aumentar la sección transversal de columnas o reforzar zonas críticas con pérdida de recubrimiento, fisuración o fallas por flexión/corte.

Tabla 21

Mejora estimada en el uso de encamisado estructural

Propiedad	Mejora esperada
Resistencia axial (columnas)	+100 % a +300 %
Capacidad a flexión (vigas encamisadas)	+50 % a +150 %
Rigidez estructural	+70 % a +200 %
Ductilidad	Aumento del doble al triple (mayor absorción sísmica)
Confinamiento	Mejora la energía disipada antes de falla frágil

Nota. Elaboración propia.

Evaluación Inicial del Elemento a Intervenir

Antes de ejecutar la intervención, se realizó una inspección visual y técnica detallada con el objetivo de:

- Identificar fisuras, desprendimientos, corrosión del refuerzo y pérdida de sección.
- Determinar las propiedades mecánicas del concreto existente mediante ensayos no destructivos y extracción de núcleos.
- Clasificar la severidad del daño y determinar la necesidad de intervención conforme al comportamiento estructural esperado.

Diseño del Encamisado

El diseño estructural del encamisado considera las exigencias de carga actuales y las condiciones reales del elemento afectado. Se diseñó el refuerzo adicional (acero longitudinal y transversal) considerando:

- Aumento de capacidad axial, flexional o cortante.
- Cuantías mínimas de acero según ACI 318.
- Espesor de encamisado suficiente para garantizar cobertura del refuerzo y adecuada colocación del concreto.
- Longitud de desarrollo y traslapes adecuados entre el acero nuevo y el existente.

Preparación del Elemento Existente

- Remoción de concreto deteriorado, partes sueltas o contaminadas.
- Limpieza profunda de la superficie mediante cepillado metálico, arenado o agua a presión, hasta alcanzar una textura rugosa que favorezca la adherencia.
- Evaluación del refuerzo expuesto para asegurar su estado funcional o su reemplazo parcial.

Colocación de Conectores y Encofrado

Para asegurar una conexión monolítica entre el concreto nuevo y el antiguo:

- Se instalaron conectores mecánicos embebidos mediante resinas epóxicas o anclajes mecánicos, con espaciamientos determinados por el diseño.
- Se procedió a la instalación del encofrado temporal, ajustado a la geometría del elemento a encamisar, y preparado para resistir presiones de vaciado.

Colocación del Refuerzo y Concreto

La armadura adicional debe ser colocada siguiendo los criterios del diseño sismorresistente, garantizando:

- Separación uniforme mediante calces plásticos.
- Amarre adecuado para evitar desplazamientos durante el vaciado.

El concreto empleado fue diseñado conforme al procedimiento del ACI 211.1, cumpliendo con las siguientes condiciones:

- Resistencia $f'_c \geq 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Relación agua/cemento ≤ 0.50 .
- Uso de aditivos plastificantes para mejorar trabajabilidad sin comprometer resistencia.
- Control de asentamiento para garantizar fluidez sin segregación.

El vaciado del concreto se debe realizar por capas, acompañado de vibrado mecánico para eliminar vacíos.

Curado y Control de Calidad

Una vez colocado el concreto, se deben ejecutar acciones de curado y verificación:

- Aplicación de curado húmedo continuo durante al menos 7 días para garantizar el desarrollo de resistencia.

- Monitoreo de fisuración superficial y aplicación de membranas de curado en condiciones climáticas adversas.
- Control de calidad mediante ensayos de compresión de cilindros testigo, verificación de adherencia superficial y mediciones geométricas post-encamisado.

b) Inyección de resinas epóxicas en fisuras estructurales

Para elementos que presentan fisuras finas (≤ 1 mm) sin pérdida de sección ni desplazamientos relativos, se propone la inyección de resinas epóxicas, técnica que permite sellar fisuras activas o pasivas y restaurar la continuidad del elemento.

La propuesta está fundamentada en las recomendaciones del ACI 224R-01 (Control de fisuración en concreto) y del ACI 503R-93 (Uso de resinas epóxicas para reparación estructural), los cuales establecen criterios técnicos para la aplicación segura y eficaz de este método.

Justificación del método propuesto

El uso de resina epóxica permitiría:

- Rellenar completamente las fisuras finas y moderadas.
- Reestablecer la adherencia entre partículas de concreto separadas.
- Incrementar localmente la rigidez y resistencia del elemento.
- Prevenir la entrada de humedad y agentes agresivos (carbonatación, cloruros, sulfatos).

Procedimiento propuesto

El procedimiento técnico propuesto para la inyección de resina epóxica incluiría las siguientes etapas:

- **Identificación y clasificación de fisuras:**

Se propone realizar una inspección visual y técnica para determinar el tipo, ancho, profundidad y longitud de las fisuras.

- **Preparación de la superficie:**

Las fisuras deberán ser limpiadas cuidadosamente para eliminar polvo, grasa y contaminantes con el objetivo es lograr una superficie limpia que garantice la adhesión de la resina.

- **Sellado externo y colocación de boquillas:**

Se propone sellar la fisura superficialmente con mortero epóxico, dejando instaladas boquillas o puertos de inyección cada 20 a 30 cm, lo cual permitiría aplicar la resina de forma controlada.

- **Preparación y aplicación de la resina:**

La resina epóxica seleccionada deberá ser preparada según las especificaciones del fabricante. La inyección se realizaría con equipos manuales o neumáticos.

- **Cierre y limpieza:**

Una vez completado el proceso, se sellarían los puertos de inyección y se retiraría el exceso de material, garantizando un acabado limpio y uniforme.

Resultados esperados

Se espera que esta técnica aporte los siguientes beneficios estructurales:

Tabla 22

Mejora estimada en el uso de inyección epóxica

Propiedad estructural	Mejora esperada estimada
Recuperación de resistencia a tracción/flexión	80 % – 100 % de la resistencia original
Reducción en propagación de fisuras	Disminución significativa
Incremento local en rigidez	Hasta 30 %
Impermeabilidad de la sección	Sellado completo de fisuras
Adherencia acero-concreto restaurada	Parcial o total, según severidad del daño

Nota. Elaboración propia.

Consideraciones técnicas

- La inyección de resina se considera viable siempre que las fisuras estén secas y estabilizadas.
- No se recomienda su uso como único método en fisuras activas o por esfuerzos sísmicos recurrentes, a menos que se complemente con refuerzos estructurales adicionales.
- Se deben respetar las condiciones ambientales de temperatura y humedad recomendadas para el curado de la resina.

c) Reforzamiento con FRP (fibras de polímero reforzado)

El uso de materiales compuestos tipo FRP (Fiber Reinforced Polymers) es una técnica moderna de refuerzo estructural no invasivo, ideal para estructuras existentes, ya que no incrementa significativamente el peso ni la rigidez, y permite una intervención superficial con altos beneficios mecánicos.

El refuerzo con fibras (FRP) como técnica de refuerzo externo en columnas y losas de concreto armado que presentan deterioro por fisuración, pérdida de capacidad portante o deficiencia estructural frente a cargas sísmicas. Esta técnica está respaldada por lo establecido en la norma ACI 440.2R-17, que regula el diseño y aplicación de FRP en estructuras de concreto.

El uso de FRP en columnas y losas se plantea debido a sus múltiples beneficios:

- En columnas, permite aumentar la resistencia axial y a corte, además de mejorar el confinamiento del concreto, lo cual es crítico en edificaciones con baja ductilidad o expuestas a cargas sísmicas.
- En losas, se propone para incrementar la resistencia a flexión en zonas debilitadas o donde se presenten fisuras activas y deflexiones excesivas.
- Esta técnica es idónea cuando se busca una solución liviana, de rápida instalación y sin incremento significativo en la sección transversal.

Procedimiento propuesto para columnas

- Evaluación estructural de la columna:
Se sugiere determinar si el refuerzo se orienta al aumento de resistencia axial, cortante o al confinamiento sísmico.
- Preparación de la superficie:
La superficie del fuste de la columna deberá ser limpiada, lijada y nivelada. Se eliminarán bordes agudos y se sellarán fisuras con resina epóxica.

Aplicación del refuerzo con FRP:

- Se propone envolver la columna en sentido circunferencial con tejidos de fibra de carbono o vidrio, impregnados con resina epóxica.
- La cantidad de capas dependerá del nivel de refuerzo requerido.
- Se considerará un solape mínimo de 10 cm entre tiras, según ACI 440.2R.

Curado y acabado:

Después de la aplicación, se dejará curar el sistema entre 24 y 72 horas y, si se requiere, se aplicará una capa de protección UV o ignífuga.

Procedimiento propuesto para losas

- Diagnóstico de la losa:
Se propone identificar zonas con fisuración por flexión, pérdida de rigidez o deformaciones excesivas. El refuerzo con FRP está orientado a mejorar la resistencia a flexión y controlar la propagación de fisuras.
- Preparación de la superficie inferior:
La superficie de la losa deberá ser lijada, limpia de polvo y grasa, y nivelada. Las fisuras activas serán tratadas previamente con inyección de resina epóxica.

Aplicación del FRP:

- Se recomienda aplicar láminas o bandas de fibra de carbono en dirección perpendicular a las fisuras o alineadas con los momentos positivos.
- Las bandas se adherirán con resina epóxica usando la técnica wet lay-up, asegurando una correcta impregnación y contacto con el concreto.

Curado:

Se prevé un curado mínimo de 48 horas, en condiciones ambientales controladas.

Resultados esperados

El refuerzo con FRP en columnas y losas proporcionaría los siguientes incrementos de desempeño estructural:

Tabla 23

Mejora estimada en el uso de fibras FRP en columnas y losas

Elemento estructural	Tipo de mejora con FRP	Mejora estimada (%)
Columnas	Resistencia axial	+50 % a +150 %
	Capacidad a corte	+30 % a +100 %
	Confinamiento y ductilidad sísmica	+60 % a +200 %
Losas	Resistencia a flexión	+40 % a +150 %
	Control de fisuración	Disminución significativa

Nota. Elaboración propia.

Tipos de fibras FRP disponibles y estimación de costos

Para la implementación de esta técnica se consideran distintos tipos de fibras dentro del sistema FRP, las cuales varían en propiedades mecánicas y durabilidad. La selección dependerá del tipo de esfuerzo a reforzar (flexión, corte o confinamiento), del entorno de exposición, y de la disponibilidad económica del proyecto.

Tabla 24

Tipos de fibras FRP y sus propiedades.

Tipo de fibra	Resistencia a tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Fibra de carbono (CFRP)	3,400 – 5,800	200 – 600
Fibra de vidrio (GFRP)	1,500 – 3,500	35 – 50
Fibra de aramida (AFRP)	2,800 – 3,500	70 – 125
Fibra de basalto (BFRP)	2,000 – 3,100	50 – 90

Nota. Elaboración propia.

Uso propuesto de varillas compuestas de fibra de carbono (CFRP bars)

Como complemento al sistema FRP basado en láminas o tejidos, se propone evaluar el uso de varillas compuestas de fibra de carbono (CFRP bars) para su incorporación en elementos como losas y columnas. Estas varillas se fabrican mediante la combinación de fibras de carbono con resinas epóxicas, formando un refuerzo longitudinal no metálico de alta resistencia.

- En losas, pueden utilizarse como refuerzo adicional embebido en una capa de sobre-concreto o mortero de reparación.
- En columnas, pueden instalarse como parte del refuerzo longitudinal en intervenciones donde se aplica encamisado estructural o confinamiento parcial.
- A diferencia del acero, no se corroen, por lo que son altamente recomendadas en zonas costeras o ambientes con humedad y agentes agresivos.

Tabla 25

Propiedades mecánicas de las varillas de fibra de carbono (CFRP bars)

Propiedad	Valor típico
Resistencia a tracción	1,400 – 2,000 MPa
Módulo de elasticidad	140 – 170 GPa
Densidad	~1.5 g/cm ³ (≈ 20–25 % del peso del acero)
Coefficiente de expansión térmica	Muy bajo (compatible con concreto)

Nota. Elaboración propia

d) Criterios de selección técnica de las soluciones

La elección entre estas técnicas dependerá de:

- Grado de daño estructural del elemento (leve, moderado o severo).
- Función estructural (elemento portante primario vs. secundario).
- Condiciones de accesibilidad y entorno (zonas húmedas, exteriores).
- Viabilidad económica y logística de ejecución.

A continuación, se presenta un resumen comparativo de las técnicas propuestas:

Tabla 26*Comparación técnica de soluciones de rehabilitación estructural*

Técnica	Aplicación principal	Ventajas	Limitaciones
Encamisado	Refuerzo de columnas/vigas	Aumenta sección, alta capacidad	Requiere intervención pesada
Inyección epóxica	Sellado de fisuras	No invasivo, restituye continuidad	Solo en fisuras finas y estables
FRP	Refuerzo de elementos frágiles	Alta resistencia, liviano, adaptable	Costo elevado, requiere especialistas

Nota. Elaboración propia con base en ACI 546R-14, 503.7-07 y 440.2R-17.

3.7.4. Propuesta argumentada y técnica sobre la posible demolición como alternativa final

Con base en el diagnóstico patológico, los resultados de los análisis de vulnerabilidad sísmica mediante FEMA - P154, la evaluación normativa, y el análisis técnico desarrollado en esta tesis, se considera metodológicamente pertinente incluir como alternativa final la demolición controlada del edificio del Hotel Samarina, en caso de que los niveles de daño estructural, los costos acumulados y la limitada vida útil restante no justifiquen una rehabilitación estructural sostenible.

Esta decisión no se plantea como una acción inmediata ni radical, sino como una opción técnica fundada, que deberá ser valorada por las autoridades correspondientes en función del equilibrio entre seguridad estructural, inversión económica, y sostenibilidad funcional a largo plazo.

a) Fundamento estructural y normativo

La inclusión de la demolición como posible alternativa se justifica sobre los siguientes criterios:

- Antigüedad estructural superior a 50 años, lo que implica superación del ciclo de vida funcional y estructural del concreto, conforme al criterio de durabilidad definido por el ACI 365.1R-00 y la NEC-SE-HM (2015).
- Presencia generalizada de patologías estructurales severas, que afectan a elementos críticos como columnas y vigas, identificadas mediante inspección visual y fichas técnicas detalladas, con daño acumulativo no reversible en zonas portantes.
- Ausencia de refuerzo sísmico moderno, sistema estructural original sin criterios de diseño sismorresistente, acero liso no adherente y elementos sin confinamiento, lo cual representa un riesgo alto ante eventos sísmicos en una zona con amenaza sísmica alta (Zona 4, Santa Elena), según la NEC-SE-DS.
- Condiciones del entorno costero, que favorecen la agresividad ambiental (humedad, salinidad, carbonatación), lo que a largo plazo acelerará el deterioro del concreto y del refuerzo, incluso tras una rehabilitación parcial.

b) Propuesta metodológica para decisión técnica

Ante este contexto, se propone que las autoridades responsables (Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE) consideren lo siguiente:

- Solicitar un estudio estructural complementario con ensayos destructivos ampliados, modelado sísmico detallado y evaluación de riesgo de colapsar.
- Valorar el uso actual y futuro del edificio, la densidad de ocupación y el impacto de una posible intervención sobre las actividades institucionales.

- Incluir el análisis aquí desarrollado como insumo técnico para una matriz multicriterio de decisión, que considere: costo, riesgo, tiempo, durabilidad y sostenibilidad.

c) Justificación sutil dentro del marco técnico

Finalmente, se establece que la demolición no debe ser vista como una pérdida, sino como una estrategia técnica de renovación ante una edificación que ha cumplido su ciclo estructural, cuya rehabilitación exige una inversión considerable, y cuyos beneficios estructurales no compensan completamente sus debilidades funcionales y normativas. Tal decisión permitiría replantear el espacio arquitectónico e institucional con criterios actuales, en beneficio de la seguridad de usuarios y la optimización de recursos públicos.

3.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 27

Operacionalización de Variables Independientes

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Estado actual del concreto en la estructura	Condición física, mecánica y química del concreto estructural luego de décadas de servicio y exposición a agentes externos.	Evaluación mediante extracción de núcleos, pruebas de compresión y verificación de propiedades físicas del material.	Resistencia mecánica	f'c obtenida por ensayo de compresión	MPa
			Durabilidad	Grado de carbonatación / presencia de microfisuras	Cualitativa / %
			Compacidad y adherencia	Presencia de vacíos o nidos de abeja	Visual / %
Tipos de patologías estructurales presentes	Manifestaciones físicas que afectan la integridad estructural, tales como fisuras, desprendimientos, deformaciones y corrosión.	Inspección visual sistemática y registro mediante fichas técnicas y fotografías.	Tipología del daño	Fisuras, corrosión, desprendimientos	Categórica
			Severidad del daño	Clasificación semafórica (leve, moderado, severo)	Ordinal
			Distribución espacial del daño	Número de elementos afectados por planta	Número

Aplicación del código ACI 211.1 en el análisis estructural	Estándar técnico del ACI que establece los criterios para el diseño y proporción de mezclas de concreto estructural.	Comparación entre propiedades reales del concreto y los valores establecidos en el ACI 211.1 para diseño estructural.	Parámetros normativos de diseño	f'c requerido según tipo de elemento	MPa
			Compatibilidad de mezcla propuesta	Relación a/c, tipo de agregado, trabajabilidad	Numérica / Ensayo

Tabla 28*Operacionalización de Variables Dependientes*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Nivel de deterioro estructural del edificio	Grado en el que las condiciones estructurales del edificio han sido afectadas por el paso del tiempo, uso y entorno.	Evaluación de la severidad y extensión de patologías estructurales, cruzada con resultados de ensayos del concreto.	Severidad acumulada	Número de patologías severas por nivel estructural	Numérica
			Índice de vulnerabilidad sísmica	Puntuación FEMA P-154	Valor FEMA
Estrategias de rehabilitación y reforzamiento propuestas	Conjunto de soluciones técnicas aplicadas para recuperar la funcionalidad estructural del edificio deteriorado.	Diseño de propuestas basadas en encamisados, FRP e inyecciones epóxicas, conforme al ACI 211.1 y otras normas complementarias.	Tipología de intervención	Técnica aplicada por tipo de elemento	Categórica
			Vida útil estructural proyectada	Años estimados según intervención aplicada	Años

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL O.E.1.: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

Con el objetivo de determinar la resistencia, durabilidad y el grado de deterioro del concreto estructural del edificio del Hotel Samarina, se realizaron extracciones de núcleos en tres niveles de losa representativos (cubierta, losa 2 y losa 3), con posterior análisis de resistencia a compresión en laboratorio, conforme a la norma ASTM C39 y aplicando los criterios de corrección de la relación altura/diámetro (h/d).

4.1.1. Extracción y Ensayo de Núcleos de Concreto

Se extrajeron tres núcleos cilíndricos mediante perforación con corona diamantada. Las perforaciones fueron realizadas con cuidado para no comprometer la integridad estructural de las losas ni afectar instalaciones adyacentes.

Tabla 29

Detalle de extracción de núcleos de concreto

N.º de Núcleo	Ubicación	Diámetro (cm)	Altura (cm)	h/d	Área (cm²)	Método de extracción
1	Losa de cubierta	7	6.5	0.93	38.48	Perforación con corona diamantada
2	Losa 2	7	6.5	0.93	38.48	Perforación con corona diamantada

3	Losa 3	7	6.5	0.93	38.48	Perforación con corona diamantada
---	--------	---	-----	------	-------	---

Nota: La relación h/d inferior a 2 requiere la aplicación del factor de corrección según ASTM C39 (≈ 0.88).

4.1.2. Resultados de la Resistencia a Compresión

Los núcleos extraídos fueron sometidos a ensayo de compresión simple. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 30

Resultados del ensayo de compresión de núcleos extraídos

N.º de Núcleo	Ubicación	Carga de rotura (N)	Resistencia sin corrección (MPa)	Resistencia corregida (MPa)	Equivalente (kg/cm²)
1	Losa de cubierta	60,900	15.82	13.93	142.03
2	Losa 2	25,100	6.52	5.74	58.50
3	Losa 3	38,900	10.10	8.89	90.64

Nota: La resistencia corregida refleja el valor estimado equivalente para un cilindro normalizado ($h/d = 2$), permitiendo una comparación confiable con los estándares del ACI.

4.1.3 Observaciones Técnicas

- Las perforaciones fueron controladas y no generaron daños estructurales visibles.
- Se mantuvo un espesor promedio de losa de 6.5 cm.

- No se detectaron fisuras nuevas ni desprendimientos significativos tras la extracción.
- Se recomienda el sellado de los orificios con mortero de reparación para evitar futuras infiltraciones o pérdida de funcionalidad.

4.1.4 Interpretación de Resultados

- Los resultados muestran una variabilidad significativa en la resistencia del concreto, con valores corregidos que van desde 5.74 MPa hasta 13.93 MPa, lo que indica un posible deterioro del concreto en algunos sectores, especialmente en la losa 2.
- Dichos valores están por debajo de los mínimos recomendados por el Código ACI 318 para estructuras nuevas ($f'_c \geq 21$ MPa), lo cual sugiere una pérdida de capacidad estructural en ciertas áreas.
- Esta información será fundamental para justificar intervenciones de refuerzo estructural en el capítulo de propuestas de rehabilitación.

4.2 RESULTADOS DEL O.E.2.: IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES MEDIANTE INSPECCIÓN VISUAL Y EVALUACIÓN TÉCNICA

Durante la evaluación in situ del Hotel Samarina, se llevó a cabo una inspección visual exhaustiva, complementada con la recolección de datos técnicos relevantes sobre las lesiones estructurales presentes en distintos niveles del edificio. Las observaciones se enfocaron en elementos portantes como losas, columnas y vigas, considerando su estado físico, tipo de daño, grado de corrosión de armaduras y comportamiento ante agentes ambientales agresivos (humedad, salinidad).

4.2.1 Corrosión de Armaduras en Losa de Cubierta

Uno de los hallazgos más críticos fue la exposición de aceros lisos en la losa de cubierta del ala norte (habitación 14, tercer piso). Las mediciones revelaron una

pérdida significativa de sección transversal en las barras de refuerzo, lo que compromete la capacidad estructural de las losas.

Tabla 31

Estado de corrosión en aceros expuestos de la losa de cubierta

Estado de corrosión	Diámetro original (mm)	Diámetro medido (mm)	Reducción (%)	Clasificación
No corroído	20	20	0	Aceptable
Media	20	13–15	25%–35%	Moderado
Grave	20	9–14	30%–55%	Crítico

Nota: La reducción de sección de hasta 55% implica una pérdida severa de capacidad de carga y alta vulnerabilidad frente a cargas dinámicas y sismos.

4.2.2 Daños Generalizados en Elementos Estructurales

Durante el recorrido técnico por el inmueble, se observaron patologías generalizadas que afectan el comportamiento global del edificio, tales como desprendimientos, fisuras y deterioro del concreto. A continuación, se describen las observaciones más relevantes:

Tabla 32

Registro de fallas estructurales observadas

Elemento afectado	Tipo de daño	Posible causa	Severidad
Corredores (todas las plantas)	Desprendimiento superficial del concreto	Carbonatación y humedad constante	Media

Losa de cubierta	Exposición de acero por desprendimiento	Infiltraciones, mala protección superficial	Alta
Torre de escaleras	Grietas diagonales y verticales	Efecto columna corta, sismos pasados	Alta
Cuarto de máquinas	Deterioro por humedad	Falta de impermeabilización	Media

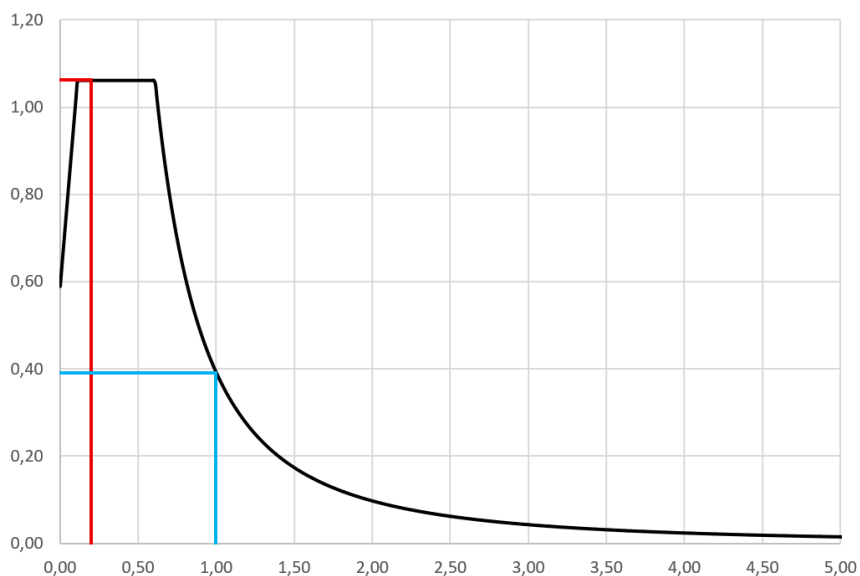
Nota: Se observa un patrón recurrente de deterioro relacionado con humedad, salinidad y envejecimiento del concreto, lo que indica un estado avanzado de desgaste estructural.

4.2.3 Vulnerabilidad sísmica según evaluación FEMA

Se construyó el espectro de aceleración en Microsoft Excel aplicando los parámetros establecidos por la NEC-SE-DS (2015). El grafico representa la aceleración espectral en función del periodo estructural.

Figura 19

Espectro de aceleración de diseño para la zona sísmica del Hotel Samaria.



Del espectro de aceleración se obtuvieron los siguientes resultados espectrales, de los cuales se detallan en la **Tabla 33**.

Tabla 33

Resultados obtenidos del espectro de aceleración (Figura 19)

	Ss	S1
Periodo estructural	0.20 Segundos	1.00 Segundos
Aceleración espectral	1.062 g	0.40 g

Fuente: Elaboración propia.

Se empleó el formato de ficha técnica FEMA nivel 1 de *Alta Sismicidad* (**Anexo 17: Ficha FEMA P-154**) para clasificar la vulnerabilidad sísmica de la estructura del edificio del Hotel Samarina, tomando en cuenta los parámetros calificativos de la estructura.

Tabla 34

FEMA

Parámetro	Puntaje
Estructura de pórticos hormigón armado	1.5
Irregularidad vertical moderado VL1	-0.5
Irregularidad en planta PL1	-0.6
Construcciones pre-código moderno	-0.4
Tipo de suelo C	0

Nota. Elaboración propia según FEMA P-154.

La puntuación final nivel 1 (SL1) tiene como resultado 0 (cero) y considerando el puntaje mínimo (Smin) es de 0.3; Se toma en cuenta los parámetros

establecidos por la norma FEMA para la interpretación del puntaje final (**Tabla 17**), se toma en consideración una **Alta vulnerabilidad sísmica**, por lo que, se recomienda realizar evaluaciones detalladas en la edificación.

4.2.4 Interpretación Técnica y Proyección

Los daños identificados demuestran un deterioro progresivo e irreversible del sistema estructural, asociado tanto a factores ambientales (humedad, salinidad) como a deficiencias constructivas (uso de varillas lisas, falta de recubrimiento y confinamiento, ausencia de diseño sismorresistente).

La pérdida de sección en aceros, la degradación del concreto y la existencia de fallas críticas en elementos portantes como columnas y losas, hacen inviable una rehabilitación rentable y segura. Si bien se podrían aplicar técnicas de refuerzo puntuales, su aplicación generalizada sería costosa, prolongada y no garantiza un nivel de seguridad adecuado para futuros usos intensivos.

Considerando que el edificio ya ha superado su vida útil y que se encuentra ubicado en una zona con potencial turístico, resulta más pertinente contemplar la demolición de la estructura como medida preventiva y de renovación urbana, favoreciendo futuras inversiones seguras y sostenibles.

4.3 RESULTADOS DEL O.E.3.: PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL BASADA EN EL CÓDIGO ACI 211.1

4.3.1 Diagnóstico General

Tras la inspección visual, pruebas de extracción de núcleos, y evaluación sísmica del Hotel Samarina, se identificaron múltiples patologías estructurales de severidad media y grave, particularmente en losas, columnas y corredores. Las columnas presentan agrietamientos profundos, pérdida de recubrimiento, corrosión avanzada del acero de refuerzo y una configuración estructural no sismorresistente.

Se determinó que la edificación:

- Tiene más de 50 años de antigüedad.
- Fue construida sin criterios sismorresistentes (ausencia de confinamiento, uso de acero liso).
- Presenta alta vulnerabilidad sísmica según la ficha FEMA (Nivel 1).
- Está construida sobre un suelo tipo D, con amplificación sísmica importante.

4.3.2 Parámetros de Diseño Según ACI 211.1 y Normativa Sísmica

Tabla 35

Parámetros de Diseño Según ACI 211.1 y Normativa Sísmica

Parámetro	Valor
Zona sísmica	La Libertad
Factor de zonificación	0.5
Tipo de suelo	C
Amplificación espectral (S_a)	1.17
Coef. uso e importancia (I)	1.3
Reducción por ductilidad (R)	8

Nota. Elaboración propia.

4.3.3 Propuesta de Rehabilitación Técnica

A. Refuerzo de Columnas

Tipo de intervención: Confinamiento con encamisado de concreto armado y/o FRP (fibras de carbono).

Motivo: Las columnas presentan fisuras longitudinales, pérdida de sección y deficiente confinamiento.

Tabla 36

Refuerzo de Columnas

Intervención	Técnica	Materiales	Ventajas
Encamisado de concreto	Sección adicional	Concreto $f_c = 280$ kg/cm ²	Mayor resistencia y rigidez
Refuerzo con FRP	Envoltura externa	Fibra de carbono + epóxico	Bajo peso, alta resistencia
Inyección de fisuras	Sellado de grietas	Epóxicos estructurales	Recuperación parcial de sección

Nota. Elaboración propia.

B. Reparación de Losa de Cubierta y Corredores

Tipo de intervención: Reposición parcial de secciones y protección anticorrosiva.

Tabla 37

Reparación de Losa de Cubierta y Corredores

Daño identificado	Intervención técnica	Material recomendado
Desprendimiento de recubrimiento	Mortero de reparación estructural	Mortero con inhibidor de corrosión
Corrosión severa en acero	Limpieza, pasivación y recubrimiento	Inhibidor + recubrimiento epóxico
Protección superficial	Capa de impermeabilización	Membranas acrílicas o poliuretano

Nota. Elaboración propia.

C. Reparación del núcleo de escaleras

Daño identificado: Fisuración por efecto columna corta.

Intervención: Generación de disipadores de energía (sistemas pasivos), redistribución de rigidez.

Tabla 38

Reparación de Losa de Cubierta y Corredores

Solución propuesta	Elemento
Incorporación de muretes	Base del núcleo de escaleras
Enlace estructural a muros	Vigas de confinamiento lateral

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Tras realizar un exhaustivo análisis técnico del estado actual del Hotel Samarina, se pudo determinar que la edificación presenta un deterioro estructural severo, resultado de múltiples factores que han comprometido su estabilidad y funcionalidad. La inspección visual reveló patologías avanzadas en elementos críticos como columnas, losas y corredores, caracterizadas por fisuras longitudinales, exposición de armaduras, desprendimiento de recubrimientos y pérdida significativa del diámetro de los aceros. Este fenómeno ha sido acelerado por la exposición prolongada a ambientes salinos propios del sector costero, ausencia de mantenimiento preventivo y deficiencias en el diseño y construcción originales, como el uso de acero liso y la falta de confinamiento en las columnas. La edad del edificio, que supera los 50 años, confirma que ha sobrepasado su vida útil funcional según los estándares actuales.

Asimismo, los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad sísmica, utilizando parámetros del FEMA y factores de zonificación sísmica del cantón La Libertad, ubican al edificio en un nivel de alta vulnerabilidad. Se ha identificado un perfil de suelo tipo C, con un alto coeficiente de amplificación sísmica, lo que incrementa de manera considerable los riesgos ante un evento sísmico moderado o fuerte. La estructura no cumple con normativas sismorresistentes actuales, carece de elementos de disipación de energía y presenta un diseño estructural inadecuado que agrava su respuesta dinámica. Todo esto pone en evidencia una condición estructural crítica que representa un riesgo tanto para los ocupantes como para la infraestructura circundante. La inspección y el análisis técnico realizado permiten concluir que, a pesar de que existen metodologías de rehabilitación, el estado actual del edificio no garantiza una intervención rentable ni eficaz en términos de seguridad.

Si bien se planteó una propuesta de rehabilitación basada en el código ACI 211.1 y otras normativas técnicas, esta implicaría una inversión económica elevada con resultados inciertos debido a la magnitud de las fallas estructurales existentes. Las técnicas de refuerzo mediante encamisado, fibras FRP y morteros de reparación especializada podrían restaurar parcialmente algunos elementos, pero no aseguran una funcionalidad integral del edificio, ni su comportamiento adecuado ante futuras cargas sísmicas. Por ello, se concluye que la demolición controlada del Hotel Samarina representa la alternativa más razonable y segura, tanto técnica como económicamente. Esta decisión también abre la oportunidad para el desarrollo de una nueva infraestructura moderna, sismorresistente y alineada con el crecimiento turístico del cantón, que aproveche de forma estratégica su ubicación y que esté diseñada para una larga vida útil con menores costos de mantenimiento.

5.2 RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos obtenidos, se recomienda de manera prioritaria que se proceda con la demolición técnica del Hotel Samarina, debido a que el costo y complejidad de una rehabilitación estructural no garantizan una solución segura ni duradera. Es fundamental que esta intervención se realice bajo estrictos protocolos de seguridad y conservación del entorno, especialmente por su cercanía a zonas de alto tránsito y valor turístico. Se sugiere que en el diseño del nuevo edificio se integren sistemas estructurales con alta capacidad de disipación de energía, cumpliendo plenamente con la normativa sísmica ecuatoriana vigente (NEC-SE-DS). Además, deben considerarse materiales resistentes a la corrosión, técnicas modernas de protección superficial y un plan de mantenimiento programado desde la etapa de construcción.

Adicionalmente, y para dimensionar de manera objetiva el grado de corrosión no visible, se recomienda examinar el estado de la armadura mediante un medidor de potencial de media celda (corrosímetro). Este equipo opera bajo estándares internacionales como la norma ASTM C876, proporciona un mapa detallado de la probabilidad de corrosión presente a lo largo de los elementos estructurales de

hormigón armado. Los datos recopilados de esta inspección técnica proporcionarían evidencia empírica irrefutable sobre la extensión real del daño por corrosión.

Se recomienda que se debe realizar una tesis del diseño de rehabilitación estructural del Hotel Samarina, en la que detalle todos los rubros y cálculos, en base a las propuestas técnicas mencionado por este estudio patológico. Además de su presupuesto detallado en base a las dimensiones de la estructura.

De igual manera, se recomienda que todas las nuevas edificaciones en zonas costeras como La Libertad incluyan estudios geotécnicos específicos y análisis dinámicos de suelo para determinar con precisión la respuesta sísmica del terreno. La experiencia obtenida con el Hotel Samarina debe servir como referencia para evitar errores estructurales similares, tales como el uso de acero liso, recubrimientos insuficientes o ausencia de criterios sismorresistentes. Las autoridades locales y entidades responsables de la planificación urbana deberían fortalecer los controles técnicos en las etapas de diseño y construcción de obras civiles, así como implementar normativas que promuevan la durabilidad y seguridad de las infraestructuras frente a condiciones ambientales agresivas.

Finalmente, se sugiere que los recursos económicos inicialmente destinados a la rehabilitación del edificio se redirijan a un proyecto nuevo que tenga un enfoque turístico, comercial o institucional, con proyección a largo plazo. Esta decisión no solo permitirá maximizar el retorno de la inversión, sino que también impulsará el desarrollo urbano ordenado del cantón, atrayendo nuevos actores económicos y mejorando la imagen del sector. La demolición del Hotel Samarina, lejos de ser una pérdida, debe considerarse una oportunidad para innovar en infraestructura, fortalecer la resiliencia urbana y ofrecer edificaciones seguras, modernas y funcionales para las futuras generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aurrekoetxea Aurrekoetxea, J. R. (2009). REPARACIÓN DE PILARES CON DAÑOS PARCIALES LOCALIZADOS. *Universidad de Burgos. Tesis Doctoral*. <https://core.ac.uk/download/pdf/61545615.pdf>
- Bernal Sigüenza, J. W. (2019). Determinación y evaluación de las patologías de la estructura de concreto armado del puente vial Miguel Grau con longitud de 300 metros, su progresiva de 992+346 km, de la vía panamericana norte Piura del caserío La Legua – distrito de Catacaos –provincia de Piura departamento de Piura – octubre 2018. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/10367>
- Cho, W., & Tanaka, K. (2010). Relative position estimation between multi-agent robots by using omnidirectional panoramic vision on simulations. *Proceedings of the IASTED International Conference on Robotics and Applications*, 362–368. <https://doi.org/10.2316/P.2010.706-035>
- Del Rio Bueno, A. (2021). *PATOLOGÍA, REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DE EDIFICACIÓN*. https://oa.upm.es/1159/1/LIBRO_RIO_BUENO_01.pdf
- Guerrero Vargas, S. M. (2022). Análisis de las patologías estructurales y su propuesta de solución del piso de concreto de 64 años de antigüedad sometido a grandes cargas de la sala de máquinas de la compañía de bomberos del Perú - Rímac N° 21, 2021. *Universidad Privada Del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29648>
- Ministerio de Turismo. (2012). *Provincia de Santa Elena contará con su primer hotel-escuela – Ministerio de Turismo*. <https://www.turismo.gob.ec/santa-elena-contara-con-su-primer-hotel-escuela/>
- Monge Zambrano, P. A. (2022). *Análisis y diseño estructural en hormigón armado de un edificio de 5 pisos*. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/12388>

ONU. (2023). *Goal 11 | Department of Economic and Social Affairs*.
https://sdgs.un.org/goals/goal11?utm_source=chatgpt.com

Oviedo Ccansaya, F. (2024). *Patologías estructurales y su influencia en la vulnerabilidad sísmica de un edificio de diez niveles vivienda multiuso en el distrito de Abancay - Apurímac, 2023*. Universidad Tecnológica de los Andes.
<https://hdl.handle.net/20.500.14512/721>

Panchana Zambrano, I. S. (2020). *Análisis y metodología de intervención en estructuras de hormigón armado sometidas a procesos corrosivos, en el cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena*.
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5416>

Pérez Valcárcel, J. (2000). *PATOLOGÍA DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*.

Priestley, M. J. N. ., Seible, F. ., & Calvi, G. M. . (1996). *Seismic design and retrofit of bridges*. 686.

Ramírez, R., Saltos, A., Lindao, P., Chunga, K., Garcés, J., Balón, A., Suárez, M., & Ordóñez, L. (2015). *EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y REHABILITACIÓN SÍSMICA DEL HOTEL SAMARINA DE PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD PENÍNSULA DE SANTA ELENA, PARA LA CREACIÓN DE UN MODELO DISIPADOR DE ENERGÍA*. *UPSE, III(1)*, 55–64.

Sancho Aznal, J. M. (1982). *HORMIGÓN Y ACERO* (Vol. 33). <http://e-ache.com/modules/hormigonyacero/pdf.php?id=144>

ACI Committee 318. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary*. American Concrete Institute. :
<https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=31819>

- Alcaide-Hoyos, J., & Gómez-Soberón, J. M. (2012). *Patología en estructuras de hormigón armado*. . Universidad Politécnica de Cataluña.: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/17233>
- American Concrete Institute. (2002). *Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91) (Reapproved 2002)*. ACI. https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/211191_pr.pdf
- American Concrete Institute. (2013). *ACI 228.2R-13: Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures*. . ACI Committee 228.: <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=228213>
- American Concrete Institute. (2016). *ACI 201.2R-16: Guide to Durable Concrete*. . ACI Committee 201.: <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=201216>
- Arias, F., & Covinos, M. (2021). *Metodología de la investigación científica*. . Editorial Episteme.
- ASTM International. (2020). *ASTM C1202-19: Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*. <https://www.astm.org/c1202-19.html>
- Bautista, R., Díaz, J., & Medina, S. (2020). Análisis de patologías más comunes en edificaciones de hormigón armado en zonas urbanas. *Revista Científica de Arquitectura y Urbanismo*, 41(3), 127–138. <https://doi.org/https://revistas.uh.cu/revau/article/view/3306>
- DIN. (1997). *DIN 1048-5: Testing of Hardened Concrete*. Deutsches Institut für Normung,: <https://www.beuth.de/en/standard/din-1048-5/1942471>
- Faneite, R. (2023). *Métodos de investigación científica en ingeniería civil*. Universidad de Los Andes.: <https://saber.ula.ve/handle/123456789/50852>
- Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado (FIHP). (2015). *Manual práctico del concreto premezclado*. . <https://fihpnet.org/wp->

content/uploads/2020/06/Manual-Practico-del-Concreto-Premezclado-FIHP.pdf

FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook (Third Edition)*. . Federal Emergency Management Agency.: https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_p154.pdf

FIB. (2010). *Model Code for Service Life Design (Bulletin55)*.,. Federación Internacional del Hormigón: <https://www.fib-international.org/publications/fib-bulletins/model-code-for-service-life-design.html>

Gavilánez, M. (2021). Diseños de investigación no experimentales en ingeniería civil. . *Revista Científica UISRAEL*, , 8(2), 54–62. . <https://doi.org/https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/rcientifica/article/view/486>

González, J. A., & Andrade, C. (1995). Técnicas electroquímicas en el estudio de la corrosión del acero en hormigón armado. . *Materiales de Construcción*, , 45(240), 31–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/mc.1995.v45.i240.536>

Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Bases metodológicas para investigaciones en ingeniería*. . Alfaomega.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). . McGraw-Hill. : <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448195773.pdf>

INEN. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2517:2014 – Concreto. Clasificación por resistencia a compresión*. . Instituto Ecuatoriano de Normalización. : <https://www.normalizacion.gob.ec/buscador-de-normas/>

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2003). *Design and control of concrete mixtures (14th ed.)*. . Portland Cement Association.:

https://www.cement.org/docs/default-source/fc_concrete_technology/design-control-concrete-mixtures-14th.pdf

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870>

MIDUVI. (2021). *Manual de procedimiento administrativo y técnico para la evaluación de las edificaciones*. https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/03/Manual_Evaluacion_Edificaciones_MIDUVI.pdf

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). . Pearson Education. : <https://www.pearson.com/store/p/concrete/P100000124147>

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). . Pearson Education Limited. : <https://www.pearson.com/store/p/properties-of-concrete/P100000651036>

Ortiz, L., & Zambrano, E. (2021). Evaluación estructural visual de edificaciones con enfoque de riesgo sísmico. . *Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil*, , 15(1), 43–56. <https://doi.org/https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/rlic/article/view/19375>

Paredes, F., Andrade, L., & Loor, S. (2021). Evaluación estructural de edificaciones antiguas en zonas costeras de Ecuador. . *Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil*, , 17(3), 34–49. <https://doi.org/https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/rlic/article/view/19822>

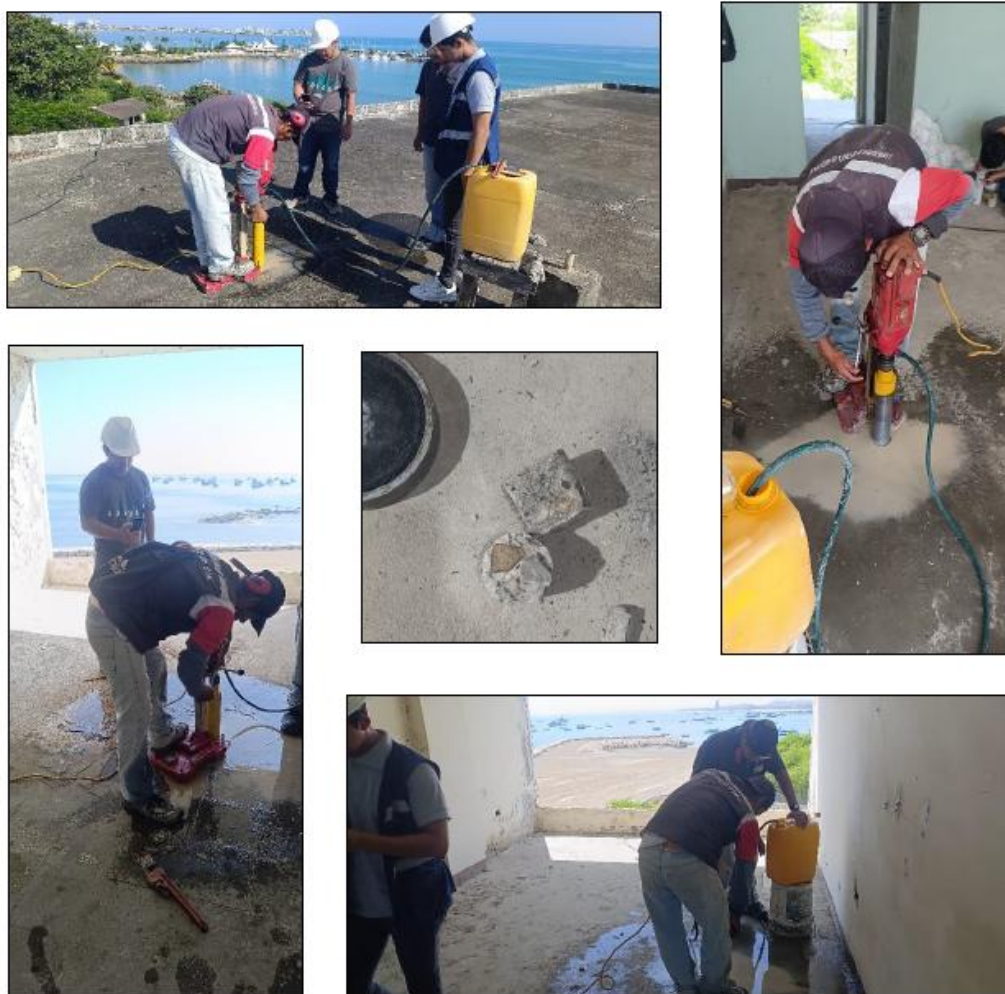
Paviconj. (2020). *Hormigón densidad*. <https://www.paviconj-es.es/hormigon-precios/densidad-hormigon/>

RILEM. (1988). *Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth*. . RILEM Technical Recommendations.: Measurement of Hardened Concrete Carbonation Depth.

- Silva, L., & Pérez, J. (2020). Diagnóstico de patologías en estructuras de concreto armado. . *Revista de Ingeniería Estructural*, , 28(2), 45–56.
<https://doi.org/https://revistaingenieriaestructural.com/articulo2020>
- Sonebi, M. (2010). Medium strength self-compacting concrete containing fly ash: Modeling using factorial experimental plans. . *Cement and Concrete Composites*,, 32(8), 574–583.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.06.008>
- Torres, D., & Alvear, M. (2020). Metodología para el análisis de patologías estructurales en edificaciones existentes. . *Revista de Ingeniería Civil y Arquitectura*, , 6(2), 33–41.
<https://doi.org/https://doi.org/10.33571/ricav6n2a5>
- Vizcaíno, J. (2023). Metodología de la investigación aplicada en ingeniería. *Revista de Ciencias Aplicadas*,, 12(1), 33–40.
<https://doi.org/https://revistas.uta.edu.ec/index.php/cienciasaplicadas/articloe/view/2310>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). ‘‘Norma Ecuatoriana de la Construcción: NEC-SE-DS. Diseño sismo resistente’’. MIDUVI.

ANEXOS

Anexo 1. Memoria fotográfica de la extracción de núcleos



Anexo 2. Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto

F_a	COEFICIENTE DE AMPLIFICACION DE SUELO EN LA ZONA DE PERIODO CORTO					
TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,1	1	0,85
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.5.4.					

Anexo 3. Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamiento para diseño en roca

F_d	DE LAS ORDENADAS DEL ESPECTRO ELASTICO DE RESPUESTA DE DESPLAZAMIENTO PARA I					
TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

Anexo 4. Comportamiento no lineal de los suelos

F_s	COMPORTAMIENTO NO LINEAL DE LOS SUELOS					
TIPO DE PERFIL DEL SUELO	ZONA SISMICA Y FACTOR Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,4
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F	VEASE LA TABLA 2: CLASIFICACION DE LOS PERFILES DE SUELOS Y LA SECCION 10.6.4.					

Anexo 5. Relación de amplificación espectral

η	RELACION DE AMPLIFICACION ESPECTRAL	
PROVINCIA DE LA COSTA (EXCEPTO ESMERALDAS)		1,8
PROVINCIAS DE LA SIERRA, ESMERALDAS Y GALAPAGOS		2,48
PROVINCIAS DEL ORIENTE		2,6

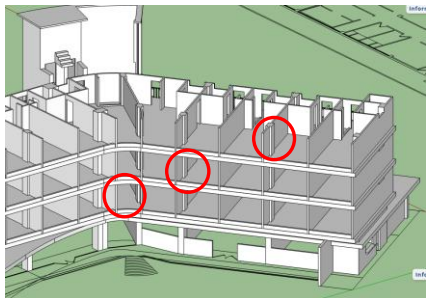
Anexo 6. Categoría del edificio y coeficiente de importancia I (NEC-2015)

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

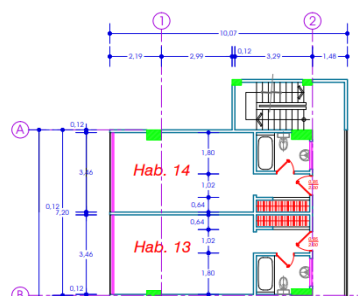
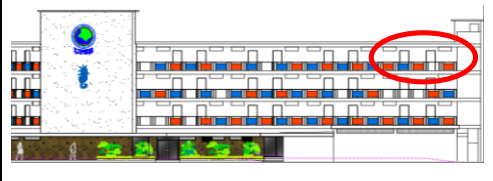
Anexo 7. Ductilidad y factor de reducción de resistencia sísmica (NEC-2015)

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8

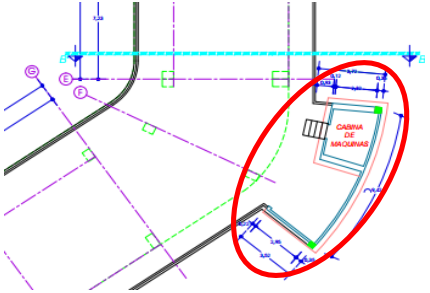
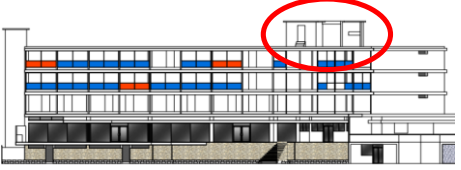
Anexo 8. Ficha de descripción patológica

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 9	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 28/05/2025
SEVERIDAD	Grave	EDAD		+50 años	
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica		-	
Patologia identificada	Agrietamiento Corrosión	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Columna	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X	X	X
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
Durante la inspección visual, se identificaron tres columnas estructurales con fisuras longitudinales en su zona inferior, cuyas longitudes varían, y que en ciertos tramos presentan aberturas considerables de hasta 2.5 cm. comprometiendo directamente la armadura interna, al facilitar la penetración de agentes agresivos como la humedad y la salinidad, lo que ha acelerado el proceso de corrosión del acero. Se ha evidenciado la presencia de corrosión activa en las varillas longitudinales y transversales, observándose una notable reducción de su sección transversal. Las columnas fueron construidas con varillas lisas, lo que disminuye la adherencia al concreto. Adicionalmente, se ha determinado que estas columnas no fueron diseñadas bajo criterios normativos sismorresistentes. La falta de confinamiento adecuado y la deficiente configuración del nudo columna-losa aumentan significativamente la vulnerabilidad ante eventos sísmicos.		TERCER PISO ALTO - HABITACION 02   SEGUNDO PISO ALTO - HABITACION 04   SEGUNDO PISO ALTO - HABITACION 06  			
UBICACIÓN ZONA OBSERVADA					
					
Observaciones:					

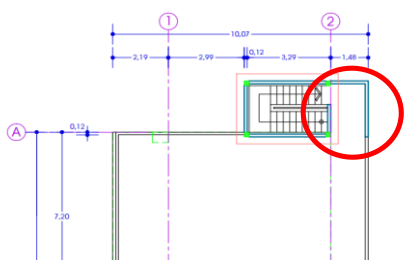
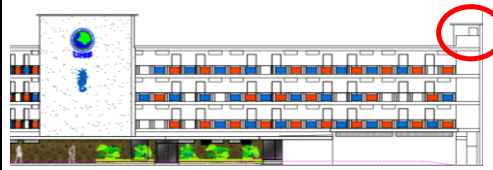
Anexo 9. Ficha Patológica P-02

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 4	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025
SEVERIDAD	Grave		EDAD	+50 años	
Localizacion General	Hotel Samarina		Localizacion Especifica	Tercer Piso Alto	
Patologia identificada	Desprendimiento	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Cubierta	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X	X	X
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
En las habitaciones 13 y 14 del tercer piso alto del hotel se presenta un desprendimiento del recubrimiento de la cubierta, con áreas afectadas de aproximadamente 7 m² y 3 m² respectivamente. Al quedar expuestas, las armaduras muestran corrosión avanzada; se identificó el uso de varillas lisas, las cuales, al no ser corrugadas, reducen la adherencia con el concreto. La corrosión se debe principalmente a la acción de agentes marinos como la salinidad, humedad constante y cloruros presentes en el ambiente. Adicionalmente, se observa el descascaramiento de la pintura en cielos rasos y muros, provocado por la humedad, condensación, presencia de sales y falta de mantenimiento, afectando tanto la apariencia como la protección de los elementos constructivos.		Habitacion 14 - 3PA   Habitacion 13 - 3PA  			
UBICACION ZONA OBSERVADA					
					
			Vista delantera del Hotel Samarina		
Observaciones:					

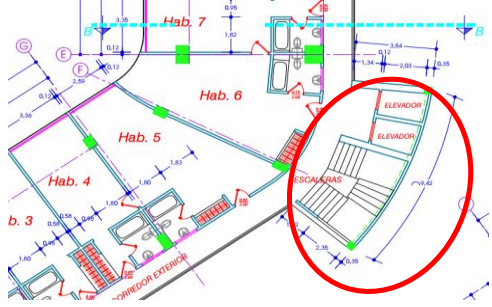
Anexo 10.. Ficha Patológica P-03

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 5	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025
Severidad	Grave	EDAD			+50 años
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica			Cabina de maquinas Azotea
Patologia identificada	Grietas / Fisuras	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Cubierta	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X	X	X
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
La cabina de máquinas ubicada en la azotea presenta un avanzado deterioro por la exposición al ambiente marino. Se observan fisuras en la cubierta de hasta 3 mm de ancho y 20 cm de largo, y en las paredes laterales fisuras de entre 3 mm y 5 mm. El daño más relevante se encuentra en los pedestales de anclaje de las antiguas máquinas de ascensor, los cuales presentan fisuras y desprendimientos debido a la corrosión de las varillas internas. La expansión del acero oxidado ha generado agrietamientos y pérdida de material, afectando gravemente la estabilidad de estos elementos. Algunos muestran signos de erosión superficial por efecto de la salinidad. Además, en el lado derecho del cuarto se encuentran paredes fisuradas con riesgo potencial de desprendimiento.					
UBICACION ZONA OBSERVADA					
			 Vista posterior del Hotel Samarina		
Observaciones:					

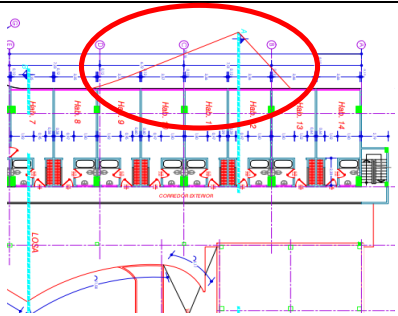
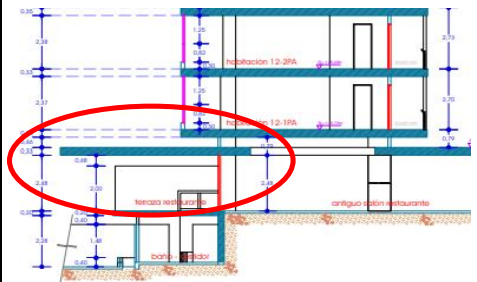
Anexo 11. Ficha Patológica P-04

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 6	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025
Severidad	Media	EDAD			+50 años
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica			Azotea
Patologia identificada	Grietas / Fisuras	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Muro	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X		
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
En la escalera de emergencia que conduce a la azotea se ha identificado un muro con riesgo de colapso, el cual presenta una grieta vertical que se extiende desde la base hasta la parte superior. La fisura tiene un ancho promedio de 3 cm, alcanzando hasta 5 cm en la zona donde ya se ha producido un desprendimiento parcial del material. Además, se evidencia un deslizamiento lateral de aproximadamente 5 mm, lo que indica una pérdida de estabilidad del muro y un potencial peligro de caída, tanto para los usuarios como para los elementos adyacentes.		 			
UBICACION ZONA OBSERVADA					
			 Vista delantera del Hotel Samarina		
Observaciones:					

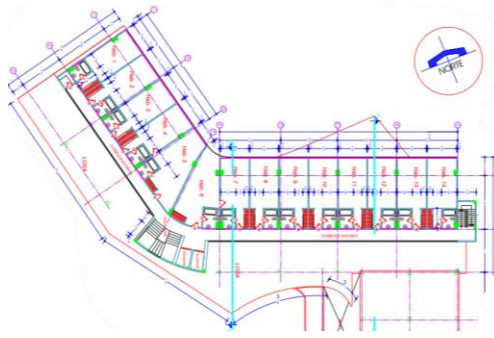
Anexo 12. Ficha Patológica P-05

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 7	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025
Severidad	Grave	EDAD			+50 años
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica			
Patologia identificada	Grietas / Fisuras	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Ascensor y escaleras principales	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X	x	x
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
La estructura que alberga los ascensores y las escaleras presenta fisuras en la parte delantera y posterior, evidenciando un deterioro generalizado. En la zona de escaleras, las grietas permiten identificar claramente la separación entre vigas y muros, lo que sugiere un mal comportamiento estructural. En el costado lateral de las escaleras, se observa un vano horizontal en el muro, lo que ha generado el efecto columna corta. Esta configuración ha provocado fisuras diagonales por concentración de esfuerzos, representando un riesgo estructural importante, especialmente ante eventos sísmicos.		   			
UBICACION ZONA OBSERVADA					
					
Observaciones:			Vista delantera del Hotel Samarina		

Anexo 13. Ficha Patológica P-06

		ESTUDIO PATOLOGICO			
		Proyecto:			
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD			
		MAYO 2025			
FICHA No 8	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025
Severidad	Media	EDAD			+50 años
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica			Primer piso alto
Patologia identificada	Deterioro estructural	Tipo de lesión			
Elemento afectado	Losas de servicios	Mecanica	Fisica	Quimica	Biologica
		X	X	x	x
DESCRIPCION DE LA PATOLOGIA		ESQUEMA/IMÁGENES			
La losa de servicio que cubre la planta baja presenta fisuras en su borde, con exposición del acero de refuerzo y signos de corrosión, lo que evidencia un deterioro generalizado. La estructura está expuesta a humedad constante y salinidad, condiciones que han acelerado el desprendimiento del recubrimiento. La presencia de vegetación cercana sugiere posibles filtraciones y deficiencias en el sistema de drenaje, comprometiendo la durabilidad del elemento estructural.		 			
UBICACION ZONA OBSERVADA					
		 Vista delantera del Hotel Samarina			
Observaciones:					

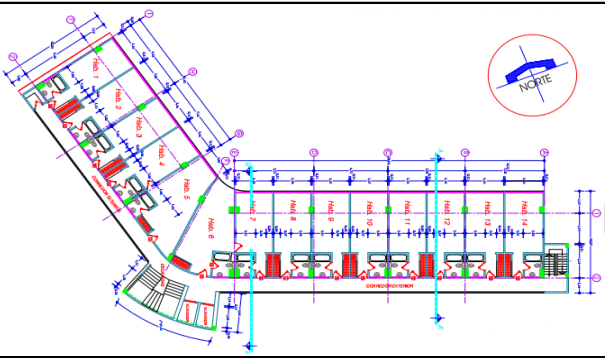
Anexo 14. Resumen de Patológica Menores P-07

		ESTUDIO PATOLOGICO								
		Proyecto:								
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD								
		MAYO 2025								
FICHA No 1	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025					
Elemento Estructural	Estructura de Hormigon Armado / Muros	EDAD		+50 años (aprox)						
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica		Primer Piso Alto						
RESUMEN DA PATALOGIAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA										
	CUBIERTA			COLUMNAS			PAREDES			EFLORESCENCIA
	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	
HABITACIO No 1 - 3PA	X		X		X	X			X	X
HABITACIO No 2 - 3PA	X		X			X		X	X	X
HABITACIO No 3 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 4 - 3PA			X		X	X			X	X
HABITACIO No 5 - 3PA	X		X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 6 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 7 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 8 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 9 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 10 - 3PA			X			X		X	X	X
HABITACIO No 11 - 3PA			X			X		X	X	X
HABITACIO No 12 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 13 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 14 - 3PA			X			X		X	X	X
PLANO GENERAL										
										
Observaciones:										

Anexo 15. Resumen de Patológica Menores P-08

		ESTUDIO PATOLOGICO								
		Proyecto:								
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD								
		MAYO 2025								
FICHA No 2	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025					
Elemento Estructural	Estructura de Hormigon Armado	EDAD		+50 años (aprox)						
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica		Segundo Piso Alto						
RESUMEN DA PATALOGIAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA										
	CUBIERTA			COLUMNAS			PAREDES			EFLORESCENCIA
	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	
HABITACIO No 1 - 3PA			X		X	X			X	X
HABITACIO No 2 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 3 - 3PA			X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 4 - 3PA			X		X	X			X	X
HABITACIO No 5 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 6 - 3PA	X		X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 7 - 3PA			X			X		X	X	X
HABITACIO No 8 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 9 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 10 - 3PA		X	X			X			X	X
HABITACIO No 11 - 3PA		X	X			X		X	X	X
HABITACIO No 12 - 3PA	X		X			X		X	X	X
HABITACIO No 13 - 3PA	X		X			X		X	X	X
HABITACIO No 14 - 3PA	X		X			X			X	X
PLANO GENERAL										
Observaciones:										

Anexo 16. Resumen de Patológica Menores P-09

		ESTUDIO PATOLOGICO								
		Proyecto:								
		HOTEL SAMARINA - LA LIBERTAD								
		MAYO 2025								
FICHA No 3	FICHA DE DESCRIPCION PATOLOGICA	ESTUDIO PATOLOGICO HOTEL SAMARINA			FECHA 08/04/2025					
Elemento Estructural	Estructura de Hormigon Armado	EDAD		+50 años (aprox)						
Localizacion General	Hotel Samarina	Localizacion Especifica		Tercer Piso Alto						
RESUMEN DA PATALOGIAS EXISTENTES EN LA ESTRUCTURA										
	CUBIERTA			COLUMNAS			PAREDES			EFLORESCENCIA
	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	DESPRENDIMIENTO	GRIETAS	FISURAS	
HABITACIO No 1 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 2 - 3PA	X		X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 3 - 3PA			X		X	X			X	X
HABITACIO No 4 - 3PA			X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 5 - 3PA			X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 6 - 3PA			X		X	X		X	X	X
HABITACIO No 7 - 3PA			X			X		X	X	X
HABITACIO No 8 - 3PA			X			X		X	X	X
HABITACIO No 9 - 3PA			X			X			X	X
HABITACIO No 10 - 3PA		X	X			X			X	X
HABITACIO No 11 - 3PA		X	X			X			X	X
HABITACIO No 12 - 3PA		X	X			X		X	X	X
HABITACIO No 13 - 3PA	X		X			X		X	X	X
HABITACIO No 14 - 3PA	X		X		X	X			X	X
PLANO GENERAL										
										
Observaciones:										

Anexo 17. Ficha FEMA P-154

CONSEJO TÉCNICO DE
USO Y GESTIÓN DEL SUELO

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154

Nivel 1

Alta sismicidad

100 FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA ESTRUCTURAL DEL INMUEBLE




101 DATOS EDIFICACIÓN

102 Nombre de la Edificación: HOTEL SAMARINA

103 Dirección: LA LIBERTAD

104 Sitio de referencia: TORRE MARINA

105 Código Postal: 2E+05

106 Tipo de uso: RESIDENCIAL

107 Latitud: 107B Norte: 1.01g

108 Longitud: 108A Este: 0.59 g

109 S: 109B Sur: 0.59 g

111 DATOS DEL PROFESIONAL

112 Nombre del evaluador: TESISTAS

113 Cédula del evaluador: -

114 Registro SENESCYT: -

115 Fecha: 13/05/25

116 Hora: 10:30 AM

117 DATOS CONSTRUCCIÓN

118 Número de Pisos: 3

119 Sobre el Suelo: 3

120 Bajo el Suelo: 0

121 Año de construcción: DNK

122 Área de Construcción: 309.21 M2

123 Código Año: DNK

124 Año(s) Remodelación: DNK

125 Número de Predio: DNK

126 Clave Catastral: DNK

127 Adiciones: Ninguna X Si

200 OCUPACIÓN:

201 Asambleas: Comercial

202 Industria: Oficina

203 Utilidad: Almacén

203A Histórico: Albergue

203B Residencial #

203C Público

204 TIPO DE SUELO:

204A Suelo: A B C X D E F DNK

204B Roca: Dura Dócil

204C Suelo: Duro Blando

204D Suelo: Denso Pobre

205 RIESGOS GEOLÓGICOS

206 Licuefacción: Si No

206A Si

206B No

206C DNK

207 Deslizamiento: Si No

207A Si

207B No

207C DNK

208 Ruptura de Superficie: Si No

208A Si

208B No

208C DNK

209 Peligro de Caída Exteriores

209A Chimeneas sin soporte lateral

209B Reves. Pesado o de chapa de madera pesada

209C Otros

209D Apéndice

209E Parapetos

210 COMENTARIOS

211 Dibujos o comentarios en una página aparte

300 TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

301 Pórticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos

302 Pórticos de Madera Livianos múltiples unidades, múltiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2

303 Pórticos de Madera para edificios comerciales e industriales con un área de piso mayor a 500m2

304 Pórtico Acero Laminado (Pórtico Resistente a Momento)

305 Pórtico Acero Laminado con diagonales

306 Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío

307 Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón

308 Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque

309 Pórtico Hormigón Armado

310 Pórtico H. Armado con muros de corte

311 Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo

312 Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up)

313 Pórtico de H. Armado prefabricados

314 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles

315 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos

316 Edificios de Mampostería no reforzada

317 Vivienda prefabricada

400 PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1

401 PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)

402 PUNTAJE BÁSICO

403 IRREGULARIDADES

403A Irregularidad vertical Grave, VL1

403B Irregularidad vertical Moderada, VL1

403C Irregularidad en planta, PL1

404 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

405A Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción

405B Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)

405C Post código moderno (construido a partir de 2015)

406 SUELO

406A Suelo Tipo A o B

406B Suelo Tipo D

406C Suelo Tipo E (1-3 Psos)

406D Tipo de suelo E (>3 Psos)

407 Puntaje Mínimo

408 PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN

500 GRADO DE REVISIÓN

501 Exterior:

502 Interior:

503 Planos revisados:

504 Fuente del Tipo de suelo: Asumida

505 Fuente del Peligro Geológico: dnk

506 Personas de Contacto:

507 Celular:

508 Correo:

600 OTROS RIESGOS:

601 Golpeo Potencial (a menor que SL2=límite, si es conocido)

602 Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos

603 Riesgo geológico o tipo de Suelo F

604 Daño significativo/deterioro del sistema estructural

700 ACCIÓN REQUERIDA:

701 Si, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio

702 Si, puntaje menor que el límite

703 Si, otros peligros presentes

704 NO

705 Si, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

706 No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

707 No, no se identifican peligros no estructurales

708 DNK= no conoce