



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**ANÁLISIS BASADO EN RESILIENCIA APLICADO EN ESTRUCTURAS
AFECTADAS POR SUBSIDENCIA**

PRESENTA

Ing. Leonardo García Gámez

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

TUTOR

Dr. José Ángel Ortiz Lozano

INTEGRANTES DEL COMITÉ TUTORAL

Dr. Mario Eduardo Zermeño de León

M. en Ing. Luis Daniel Vela Ortiz

Aguascalientes, Ags. México. 26 de noviembre de 2025

CARTA DE VOTO APROBATORIO

M. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANO (A) DEL CENTRO CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

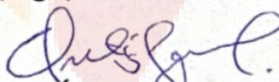
PRESENTE

Por medio del presente como **DIRECTOR** designado del estudiante **LEONARDO GARCÍA GÁMEZ** con ID 219255 quien realizó la tesis titulada: **ANÁLISIS BASADO EN RESILIENCIA APLICADO EN ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SUBSIDENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

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

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 20 de noviembre de 2025.



Dr. José Ángel Ortiz Lozano
Director de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado

CARTA DE VOTO APROBATORIO

M. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANO (A) DEL CENTRO CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

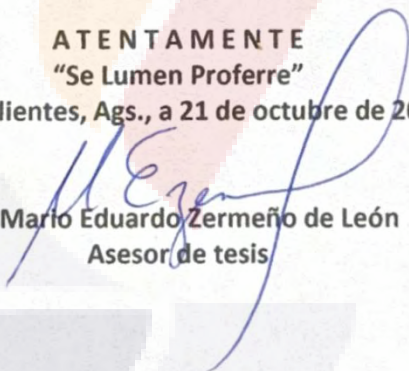
PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **LEONARDO GARCÍA GÁMEZ** con ID 219255 quien realizó la tesis titulada: **ANÁLISIS BASADO EN RESILIENCIA APLICADO EN ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SUBSIDENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

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

ATENTAMENTE
"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 21 de octubre de 2025.


Dr. Mario Eduardo Zermeno de León
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado

c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado

CARTA DE VOTO APROBATORIO

M. EN ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA
DECANO (A) DEL CENTRO CIENCIAS DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTE

Por medio del presente como **ASESOR** designado del estudiante **LEONARDO GARCÍA GÁMEZ** con ID 219255 quien realizó la tesis titulada: **ANÁLISIS BASADO EN RESILIENCIA APLICADO EN ESTRUCTURAS AFECTADAS POR SUBSIDENCIA**, un trabajo propio, innovador, relevante e inédito y con fundamento en la fracción IX del Artículo 43 del Reglamento General de Posgrados, doy mi consentimiento de que la versión final del documento ha sido revisada y las correcciones se han incorporado apropiadamente, por lo que me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que *él* pueda continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

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

ATENTAMENTE

"Se Lumen Proferre"

Aguascalientes, Ags., a 28 de octubre de 2025.

M. en Ing. Luis Daniel Vela Ortiz
Asesor de tesis

c.c.p.- Interesado
c.c.p.- Coordinación del Programa de Posgrado

Fecha de dictaminación (dd/mm/aaaa): 14 de Noviembre del 2025

NOMBRE: Leonardo García Gámez ID 219255

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

MODALIDAD DEL PROYECTO DE GRADO: Tesis (X) *Tesis por artículos científicos () **Tesis por Patente () Trabajo Práctico ()

TÍTULO: Análisis basado en resiliencia aplicado en estructuras afectadas por subsidencia.

IMPACTO SOCIAL (señalar el impacto logrado): Permite medir la capacidad de recuperación de una estructura mediante la cuantificación del costo, tiempo de reparación y pérdida asociada al daño por subsidencia, sentando un precedente para la evaluación de resiliencia en zonas vulnerables a este fenómeno.

INDICAR SEGÚN CORRESPONDA: SI, NO, NA (No Aplica)

Elementos para la revisión académica del trabajo de tesis o trabajo práctico:	
SI.	El trabajo es congruente con las LGAC del programa de posgrado
SI.	La problemática fue abordada desde un enfoque multidisciplinario
SI.	Existe coherencia, continuidad y orden lógico del tema central con cada apartado
SI.	Los resultados del trabajo dan respuesta a las preguntas de investigación o a la problemática que aborda
SI.	Los resultados presentados en el trabajo son de gran relevancia científica, tecnológica o profesional según el área
SI.	El trabajo demuestra más de una aportación original al conocimiento de su área
SI.	Las aportaciones responden a los problemas prioritarios del país
NO.	Generó transferencia del conocimiento o tecnológica
SI.	Cumple con la ética para la investigación (reporte de la herramienta antiplagio)
El egresado cumple con lo siguiente:	
SI.	Cumple con lo señalado por el Reglamento General de Posgrados
SI.	Cumple con los requisitos señalados en el plan de estudios (créditos curriculares, optativos, actividades complementarias, estancia, predoctoral, etc.)
SI.	Cuenta con los votos aprobatorios del comité tutorial
NA.	Cuenta con la carta de satisfacción del Usuario (En caso de que corresponda)
SI.	Coincide con el título y objetivo registrado
SI.	Tiene congruencia con cuerpos académicos
SI.	Tiene el CVU de la SECIHTI actualizado
NA.	Tiene el o los artículos aceptados o publicados y cumple con los requisitos institucionales (en caso de que proceda)
*En caso de Tesis por artículos científicos publicados (completar solo si la tesis fue por artículos)	
	Aceptación o Publicación de los artículos en revistas indexadas de alto impacto según el nivel del programa
	El (la) estudiante es el primer autor(a)
	El (la) autor(a) de correspondencia es el Director (a) del Núcleo Académico
	En los artículos se ven reflejados los objetivos de la tesis, ya que son producto de este trabajo de investigación.
	Los artículos integran los capítulos de la tesis y se presentan en el idioma en que fueron publicados
**En caso de Tesis por Patente	
	Cuenta con la evidencia de solicitud de patente en el Departamento de Investigación (anexarla al presente formato)

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

Sí X
No

Elaboró:

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

FIRMAS

DR. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN

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

NOMBRE Y FIRMA DEL COORDINADOR DE POSGRADO:

DR. MARIO EDUARDO ZERMEÑO DE LEÓN

Revisó:

NOMBRE Y FIRMA DEL SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO:

DR. MARIO ERNESTO ESPARZA DÍAZ DE LEÓN

Autorizó:

NOMBRE Y FIRMA DEL DECANO:

MTRA. EN-ING. AMB. MA. GUADALUPE LIRA PERALTA

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

En cumplimiento con el Art. 24 fracción V del Reglamento General de Posgrado, que a la letra señala entre las funciones del Consejo Académico: Proponer criterios y mecanismos de selección, permanencia, egreso y titulación de estudiantes para asegurar la eficiencia terminal y la titulación y el Art. 28 fracción IX, atender, asesorar y dar el seguimiento del estudiantado desde su ingreso hasta su titulación.

AGRADECIMIENTOS

Al redactar estos agradecimientos, me resulta inevitable recordar a todas las personas e instituciones que contribuyeron y me apoyaron durante la elaboración de este trabajo. A cada una de ellas deseo expresar mi sincera gratitud por haber sido parte de este proyecto académico y personal.

A la secretaria de ciencia, humanidades, tecnología e innovación (SECIHTI) por el apoyo otorgado, mismo que fue indispensable para la realización de este trabajo de investigación.

A mi Universidad, por brindarme un espacio de formación, rodeado de un ambiente académico, humano y natural que favoreció mi desarrollo.

A mi tutor, el Dr. José Ángel Ortiz Lozano deseo expresarle mi más sincero y profundo agradecimiento por su valioso apoyo, su compromiso, orientación, paciencia y la generosidad con la que compartió sus conocimientos durante la elaboración de esta tesis.

A mi comité tutorial, conformado por el Dr. Mario Zermeño y el M. Daniel Vela deseo expresarles mi más sincero agradecimiento por las valiosas revisiones y observaciones realizadas para el desarrollo de esta tesis.

A los profesores de la maestría y a los miembros del NAB, deseo expresar mi agradecimiento por compartir su conocimiento, su experiencia y su dedicación. Gracias a sus enseñanzas y orientación, es evidente el crecimiento académico y profesional adquirido durante el posgrado.

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento y reconocimiento a mi familia, por haberme acompañado durante cada etapa de este camino. Su apoyo incondicional y sus palabras de aliento fueron mi mayor fortaleza en los momentos de dificultad y mi mayor alegría en los de éxito.

DEDICATORIA

A mis padres Manuel Ramón y Teresa de Jesús, a mis hermanos, Ramón y Ana Victoria, por su cariño, su apoyo y por ser una fuente constante de motivación en mi vida.



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....1

ÍNDICE DE TABLAS4

ÍNDICE DE FIGURAS16

RESUMEN.....22

ABSTRACT.....23

1. INTRODUCCIÓN24

 1.1 OBJETIVOS24

 1.1.1 OBJETIVO GENERAL24

 1.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES24

 1.2 JUSTIFICACIÓN24

 1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....24

 1.2.2 ORIGEN DEL PROBLEMA25

 1.3 HIPÓTESIS28

 1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN28

2. ESTADO DEL ARTE28

 2.1 SUBSIDENCIA EN EL MUNDO28

 2.2 SUBSIDENCIA EN MÉXICO29

 2.3 SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES32

 2.4 CONSECUENCIAS TÍPICAS.....33

 2.5 ESCALAS DE DAÑO.....35

 2.6 MODELACIÓN DE SUBSIDENCIA36

2.7 ANÁLISIS NO LINEAL.....	37
2.7.1 ANÁLISIS PULL DOWN	38
2.8 RESILIENCIA	38
2.8.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO SISMORESISTENTE RESILIENTE.....	40
2.8.2 PARAMETROS DE EVALUACIÓN DE RESILIENCIA.....	41
2.9 ANALISIS DE RESILIENCIA	42
2.9.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO Y COSTO DE REPARACIÓN.....	42
3. MARCO TEORÍCO	45
3.1 SUBSIDENCIA	45
3.2 PARÁMETRO DE DEMANDA	46
3.2.1 NIVELES DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL	47
3.3 PRINCIPIOS DEL ANÁLISIS NO LINEAL.....	48
3.4 FRAGILIDAD ESTRUCTURAL.....	50
3.5 ACTIVIDADES DE REPARACIÓN.....	51
3.6 TIEMPOS DE REPARACIÓN	52
3.7 ESTIMACIÓN DE COSTOS	52
3.8 MEDIDA DE INFLACIÓN.....	53
4. METODOLOGÍA	54
4.1 INTRODUCCIÓN	54
4.2 CASO DE ESTUDIO	54
4.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS	56
4.4 ANÁLISIS NO LINEAL.....	57
4.5 CURVAS DE FRAGILIDAD.....	57
4.6 ESTIMACIÓN DE DAÑOS.....	59

4.7 ACTIVIDADES DE REPARACIÓN.....	60
4.8 TIEMPO DE REPARACIÓN.....	61
4.9 COSTO DE REPARACIÓN.....	64
4.10 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS.....	64
5. CAMPAÑA EXPERIMENTAL	65
5.1 MODELADO ESTRUCTURAL.....	65
5.2 ASIGNACIÓN DE CARGAS	69
5.3 ANÁLISIS CARGAS GRAVITACIONALES.....	70
5.4 ARTICULACIONES PLÁSTICAS.....	72
5.5 ANÁLISIS NO LINEAL <i>PULL DOWN</i>	73
6. RESULTADOS	76
6.1 RESPUESTA GENERAL	76
6.2 ARTICULACIONES PLÁSTICAS.....	76
6.3 ANÁLISIS DE FRAGILIDAD	81
6.4 ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL EDIFICIO.....	83
6.5 ANÁLISIS DE TIEMPO DE REPARACIÓN	84
6.5.1 GRUPO DE DESEMPEÑO TRABES	84
6.5.2 GRUPO DE DESEMPEÑO COLUMNAS	133
6.6 RESUMEN TIEMPO DE REPARACIÓN.....	153
6.7 ANÁLISIS DE COSTO DE REPARACIÓN	155
6.7.1 GRUPO DE DESEMPEÑO TRABES	155
6.7.2 GRUPO DE DESEMPEÑO COLUMNAS	189
6.8 RESUMEN COSTO DE REPARACIÓN.....	199
6.9 EVALUACIÓN DE RESILIENCIA.....	201

6.9.1 ESTACIÓN FG20 INEGI	202
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	208
CONCLUSIONES	211
BIBLIOGRAFÍA.....	213

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Balance de agua subterránea valle de Aguascalientes (Comisión Nacional del Agua 2024)	27
Tabla 2. Estimación de daño asociado al <i>DS</i> para columnas y trabes FEMA P 58-3.	44
Tabla 3. <i>TREP</i> asociado al <i>DS</i> para columnas y trabes FEMA P 58-3.	45
Tabla 4. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> para columnas y trabes FEMA P 58-3.....	45
Tabla 5. Resumen de las cargas aplicadas a los elementos estructurales, desglosadas por nivel del edificio.....	55
Tabla 6. Partidas que integran el costo del edificio.....	56
Tabla 7. Actividades de reparación asociadas a un <i>DS</i> para columnas y trabes FEMA P-58.....	61
Tabla 8. Distribución de probabilidad de los tiempos de reparación FEMA P-58. ..	61
Tabla 9. Resumen elementos dañados de acuerdo con el <i>PG</i>	77
Tabla 10. <i>DS</i> alcanzado asociado al <i>EDP</i> por elemento planta j=1.	78
Tabla 11. <i>DS</i> alcanzado asociado al <i>EDP</i> por elemento planta j=2.	79
Tabla 12. <i>DS</i> alcanzado asociado al <i>EDP</i> por elemento planta j=3.	79
Tabla 13. <i>DS</i> alcanzado asociado al <i>EDP</i> por elemento planta j=4.	80
Tabla 14. <i>DS</i> alcanzado asociado al <i>EDP</i> por elemento plantas j=1,2 y 4.....	80
Tabla 15. Parámetros de la distribución de probabilidad <i>PG</i> trabes.	81
Tabla 16. Parámetros de la distribución de probabilidad <i>PG</i> columnas.	82

Tabla 17. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =0.853%.	85
Tabla 18. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =0.853%.	85
Tabla 19. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =0.853%. ..	85
Tabla 20. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =0.853%.	85
Tabla 21. Estado general de la estructura con 1.321% de distorsión angular.	86
Tabla 22. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =1.321%.	86
Tabla 23. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =1.321%.	87
Tabla 24. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =1.321%. ..	88
Tabla 25. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =1.321%.	88
Tabla 26. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =1.738%.	89
Tabla 27. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =1.738%.	90
Tabla 28. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =1.738%. ..	91
Tabla 29. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =1.738%.	91
Tabla 30. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =2.155%.	92
Tabla 31. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =2.155%.	93
Tabla 32. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =2.155%. ..	94
Tabla 33. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =2.155%	94
Tabla 34. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =2.571%.	95
Tabla 35. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =2.571%.	96
Tabla 36. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =2.571%. ..	97

Tabla 37. <i>TREP</i> total para el $edp=2.571\%$	97
Tabla 38. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=2.988\%$	98
Tabla 39. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=2.988\%$	99
Tabla 40. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.988\%$	100
Tabla 41. <i>TREP</i> total para el $edp=2.998\%$	100
Tabla 42. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=3.405\%$	101
Tabla 43. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=3.405\%$	102
Tabla 44. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.405\%$	103
Tabla 45. <i>TREP</i> total para el $edp=3.405\%$	103
Tabla 46. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=3.821\%$	104
Tabla 47. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=3.821\%$	105
Tabla 48. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.821\%$	106
Tabla 49. <i>TREP</i> total para el $edp=3.821\%$	106
Tabla 50. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=4.238\%$	107
Tabla 51. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=4.238\%$	108
Tabla 52. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.238\%$	109
Tabla 53. <i>TREP</i> total para el $edp=4.238\%$	109

Tabla 54. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =4.655%.	110
Tabla 55. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =4.655%.	111
Tabla 56. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =4.655%.	112
Tabla 57. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =4.655%.	112
Tabla 58. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =5.071%.	113
Tabla 59. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =5.071%.	114
Tabla 60. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =5.071%.	115
Tabla 61. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =5.071%.	115
Tabla 62. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =5.488%.	116
Tabla 63. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =5.488%.	117
Tabla 64. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =5.488%.	118
Tabla 65. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =5.488%.	118
Tabla 66. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =5.905%.	119
Tabla 67. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =5.905%.	120
Tabla 68. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =5.905%.	121
Tabla 69. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =5.905%.	121
Tabla 70. Tabla probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =6.321%.	123

Tabla 71. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =6.321%.	123
Tabla 72. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =6.321%.	124
Tabla 73. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =6.321%.	124
Tabla 74. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =6.738%.	125
Tabla 75. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =6.738%.	126
Tabla 76. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =6.738%.	127
Tabla 77. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =6.738%	127
Tabla 78. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =7.155%.	128
Tabla 79. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =7.155%.	129
Tabla 80. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =7.155%.	130
Tabla 81. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =7.155%.	130
Tabla 82. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =7.571%.	131
Tabla 83. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =7.571%.	132
Tabla 84. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =7.571%.	133
Tabla 85. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =7.571%.	133
Tabla 86. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =2.155%.	134
Tabla 87. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =2.155%.	134

Tabla 88. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.155\%$	134
Tabla 89. <i>TREP</i> total para el $edp=2.155\%$	135
Tabla 90. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=2.571\%$	135
Tabla 91. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=2.571\%$	136
Tabla 92. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.571\%$	136
Tabla 93. <i>TREP</i> total para el $edp=2.571\%$	136
Tabla 94. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=2.988\%$	137
Tabla 95. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=2.988\%$	137
Tabla 96. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.988\%$	137
Tabla 97. <i>TREP</i> total para el $edp=2.988\%$	137
Tabla 98. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=3.405\%$	138
Tabla 99. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=3.405\%$	138
Tabla 100. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.405\%$	138
Tabla 101. <i>TREP</i> total para el $edp=3.405\%$	139
Tabla 102. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=3.821\%$	139
Tabla 103. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=3.821\%$	140
Tabla 104. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.821\%$	140

Tabla 105. <i>TREP</i> total para el $edp=3.821\%$	140
Tabla 106. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=4.238\%$	141
Tabla 107. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=4.238\%$	141
Tabla 108. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.238\%$	141
Tabla 109. <i>TREP</i> total para el $edp=4.238\%$	141
Tabla 110. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=4.655\%$	142
Tabla 111. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=4.655\%$	142
Tabla 112. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.655\%$	142
Tabla 113. <i>TREP</i> total para el $edp=4.655\%$	143
Tabla 114. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=5.071\%$	143
Tabla 115. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=5.071\%$	144
Tabla 116. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=5.071\%$	144
Tabla 117. <i>TREP</i> total para el $edp=5.071\%$	144
Tabla 118. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con $edp=5.488\%$	145
Tabla 119. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, $edp=5.488\%$	145
Tabla 120. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un $edp=5.488\%$	145
Tabla 121. <i>TREP</i> total para el $edp=5.488\%$	145

Tabla 122. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =5.905%.	146
Tabla 123. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =5.905%.	146
Tabla 124. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =5.905%.	147
Tabla 125. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =5.905%.	147
Tabla 126. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =6.321%.	148
Tabla 127. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =6.321%.	148
Tabla 128. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =6.321%.	148
Tabla 129. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =6.321%.	148
Tabla 130. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =6.738%.	149
Tabla 131. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =6.738%.	149
Tabla 132. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =6.738%.	150
Tabla 133. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =6.738%.	150
Tabla 134. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =7.155%.	151
Tabla 135. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =7.155%.	151
Tabla 136. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =7.155%.	151
Tabla 137. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =7.155%.	151
Tabla 138. Probabilidad y <i>DS</i> reportado por los elementos afectados con <i>edp</i> =7.571%.	152

Tabla 139. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en <i>DS</i> discreto, <i>edp</i> =7.571%.	152
Tabla 140. <i>TREP</i> por elemento, así como el total esperado para un <i>edp</i> =7.571%.	153
Tabla 141. <i>TREP</i> total para el <i>edp</i> =7.571%.	153
Tabla 142. Resumen <i>TREP</i> asociado al número de cuadrillas propuesto	153
Tabla 143. Comparativa entre <i>TREP</i> ajustado y el <i>TREP</i> estimado.	154
Tabla 144. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =0.853%.	156
Tabla 145. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =0.853%.	156
Tabla 146. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =0.853%.	156
Tabla 147. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =1.321%.	157
Tabla 148. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =1.321%.	157
Tabla 149. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =1.321%.	158
Tabla 150. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =1.738%.	159
Tabla 151. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =1.738%.	160
Tabla 152. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =1.738%.	160
Tabla 153. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =2.155%.	161
Tabla 154. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =2.155%.	162
Tabla 155. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.155%.	162
Tabla 156. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =2.571%.	163
Tabla 157. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =2.571%.	164
Tabla 158. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.571%.	164
Tabla 159. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =2.988%.	165
Tabla 160. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =2.988%.	166

Tabla 161. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.988%.....	166
Tabla 162. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =3.405%.....	167
Tabla 163. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =3.405%.....	168
Tabla 164. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =3.405%.....	168
Tabla 165. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =3.821%.....	169
Tabla 166. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =3.821%.....	170
Tabla 167. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =3.821%.....	170
Tabla 168. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =4.238%.....	171
Tabla 169. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =4.238%.....	172
Tabla 170. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =4.238%.....	172
Tabla 171. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =4.655%.....	173
Tabla 172. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =4.655%.....	174
Tabla 173. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =4.655%.....	174
Tabla 174. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =5.071%.....	175
Tabla 175. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.071%.....	176
Tabla 176. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.071%.....	176
Tabla 177. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =5.488%.....	177
Tabla 178. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.488%.....	178
Tabla 179. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.488%.....	178
Tabla 180. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =5.905%.....	179
Tabla 181. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.905%.....	180
Tabla 182. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.905%.....	180

Tabla 183. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =6.321%.....	181
Tabla 184. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =6.321%.....	182
Tabla 185. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =6.321%.....	182
Tabla 186. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =6.738%.....	183
Tabla 187. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =6.738%.....	184
Tabla 188. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =6.738%.....	184
Tabla 189. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =7.155%.....	185
Tabla 190. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =7.155%.....	186
Tabla 191. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =7.155%.....	186
Tabla 192. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> aplicando el método de la transformación inversa, <i>edp</i> =7.571%.....	187
Tabla 193. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =7.571%.....	188
Tabla 194. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =7.571%.....	188
Tabla 195. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =2.155% (columnas).	189
Tabla 196. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =2.155% (columnas).	189
Tabla 197. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.155% (columnas).	189
Tabla 198. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =2.571% (columnas).	189
Tabla 199. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =2.571% (columnas).	190
Tabla 200. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.571% (columnas).	190
Tabla 201. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =2.988% (columnas).	190
Tabla 202. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =2.988% (columnas).	190
Tabla 203. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =2.988% (columnas).	191
Tabla 204. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =3.405% (columnas).	191
Tabla 205. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =3.405% (columnas).	191
Tabla 206. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =3.405% (columnas).	191
Tabla 207. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =3.821% (columnas).	192
Tabla 208. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =3.821% (columnas).	192

Tabla 209. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =3.821% (columnas).	192
Tabla 210. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =4.238% (columnas).	192
Tabla 211. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =4.238% (columnas).	192
Tabla 212. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =4.238% (columnas).	193
Tabla 213. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =4.655% (columnas).	193
Tabla 214. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =4.655% (columnas).	193
Tabla 215. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =4.655% (columnas).	193
Tabla 216. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =5.071% (columnas).	194
Tabla 217. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.071% (columnas).	194
Tabla 218. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.071% (columnas).	194
Tabla 219. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =5.488% (columnas).	194
Tabla 220. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.488% (columnas).	195
Tabla 221. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.488% (columnas).	195
Tabla 222. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =5.905% (columnas).	195
Tabla 223. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =5.905% (columnas).	195
Tabla 224. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =5.905% (columnas).	196
Tabla 225. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =6.321% (columnas).	196
Tabla 226. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =6.321% (columnas).	196
Tabla 227. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =6.321% (columnas).	196
Tabla 228. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =6.738% (columnas).	197
Tabla 229. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =6.738% (columnas).	197
Tabla 230. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =6.738% (columnas).	197
Tabla 231. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =7.155% (columnas).	198
Tabla 232. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =7.155% (columnas).	198
Tabla 233. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =7.155% (columnas).	198
Tabla 234. <i>CREP</i> estimado para <i>DS1</i> , <i>DS2</i> y <i>DS3</i> , <i>edp</i> =7.571% (columnas).	198
Tabla 235. <i>CREP</i> asociado al <i>DS</i> reportado, <i>edp</i> =7.571% (columnas).	199
Tabla 236. <i>CREP</i> por elemento, <i>edp</i> =7.571% (columnas).	199
Tabla 237. Comparativa entre <i>CREP</i> ajustado y el <i>CREP</i> estimado.	200

Tabla 238. <i>CREP</i> asociado al nivel de asentamiento diferencial y distorsión angular.	200
Tabla 239. Comparativa entre el CREP ajustado y el CREP estimado.	201
Tabla 240. Resumen valores estimados de la reparación y del edificio (USD). ...	207
Tabla 241. Clasificación de resiliencia sísmica propuesta en el manual <i>REDi resilience objectives</i>	212

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Falla del terreno por hundimiento de la extracción de agua subterránea tomado de (Hernández-Madrigal et al. 2014)	25
Ilustración 2. Volumen de extracción del valle de Aguascalientes. Tomado de (Comisión Nacional del Agua 2024)	26
Ilustración 3. Inmuebles afectados tomado de (Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Aguascalientes 2021)	27
Ilustración 4. Hundimientos Calera, Zac. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	30
Ilustración 5. Hundimientos Celaya, Gto. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	30
Ilustración 6. Hundimientos Morelia, Mich. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	31
Ilustración 7. Hundimientos Querétaro, Qro. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	31
Ilustración 8. Hundimientos San Luis Potosí. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	32
Ilustración 9. Hundimientos Aguascalientes, Ags 2012, 2015 y 2017 respectivamente. Tomado de (Esquivel et al. 2019)	32
Ilustración 10. Hundimiento diferencial en Aguascalientes (Pacheco-Martínez et al. 2015)	33
Ilustración 11. Vivienda afectada por subsidencia tomado de (Julio Miranda et al. 2013)	34
Ilustración 12. Escala de Burland tomado de (Burghignoli et al. 2013)	36
Ilustración 13. Distorsiones angulares límite de Bjerrum (1963) tomado de (Chamorro Ramos 2005)	36

Ilustración 14. Generalidades análisis <i>pushover</i> tomado de (Arango and Paz 2009)	37
Ilustración 15 - Esquema de resiliencia estructural. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	39
Ilustración 16. Función de recuperación tomada de (Eguía 2019)	43
Ilustración 17. Función de tiempos de reparación tomada de (Niño Lazaro et al. 2024)	43
Ilustración 18 - Diagrama general de distorsión angular θ tomado de (Binesh et al. 2010)	47
Ilustración 19. Curva esfuerzo deformación tomada de (Valdés et al. 2014)	49
Ilustración 20. Curva de fragilidad y estados de daño tomado de (Velásquez and Blondet 2005)	51
Ilustración 21. Vista en planta del edificio. Las trabes se identifican en color rojo y las columnas en color azul.	54
Ilustración 22. Vista lateral del edificio correspondiente al eje A y al eje 1	55
Ilustración 23. Ubicación y alcance de la falla simulada.	56
Ilustración 24. curvas de fragilidad y la probabilidad de presentar cierto <i>DS</i>	59
Ilustración 25. Definición de las propiedades del concreto con $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en SAP2000.	66
Ilustración 26. Detalle del modelado de la sección columna dentro del software SAP2000.	67
Ilustración 27. Propiedades de la sección COLUMNA definidas en el modelo de SAP2000.	67
Ilustración 28. Detalle del modelado de la sección trabe dentro del software SAP2000.	67
Ilustración 29. Propiedades de la sección VIGA de concreto y del refuerzo de acero definidas en el modelo de SAP2000.	68
Ilustración 30. Vista isométrica del modelo estructural representado por secciones. Las columnas se muestran en color gris y las trabes en color violeta, con soportes empotrados asignados a todas las columnas.	68

Ilustración 31. Patrones de carga a evaluar (muerta, sobre muerta, carga viva y losa nervada).	69
Ilustración 32. Carga viva aplicada a las trabes del eje A, carga viva aplicada en eje B (kg/m)	69
Ilustración 33. Sobrecarga muerta aplicada en eje A, Sobrecarga muerta aplicada en eje B (kg/m)	70
Ilustración 34. Carga por losa equivalente aplicada en eje A, carga por losa equivalente aplicada en eje B (kg/m)	70
Ilustración 35. Definición de análisis no lineal CGNL.	71
Ilustración 36. Resultados asociados a desplazamientos expresados en mm CGNL.	71
Ilustración 37. Definición de rotulas plásticas columnas.	72
Ilustración 38. Asignación de rotulas plásticas columnas.	72
Ilustración 39. Definición de rotulas plásticas trabes.	73
Ilustración 40. Asignación de rotulas plásticas trabes	73
Ilustración 41. Definición de patrón de carga <i>pull down</i>	74
Ilustración 42. Columnas afectadas por subsidencia mediante la aplicación de desplazamiento en su base.	74
Ilustración 43. Definición del caso de carga.	75
Ilustración 44. Aplicación de los desplazamientos en la base.	75
Ilustración 45. Paso 17 del análisis no lineal -60.5689 cm, previo al colapso.	76
Ilustración 46. Rotulas plásticas generadas durante el step 3.	77
Ilustración 47. Curvas de fragilidad para columnas de acuerdo con su localización j.	82
Ilustración 48. Curva de fragilidad para <i>PG</i> columnas.	82
Ilustración 49. Estado general de la estructura con 0.853% de distorsión angular.	84
Ilustración 50. Estado general de la estructura con 1.738% de distorsión angular.	89

Ilustración 51. Estado general de la estructura con 2.155% de distorsión angular.	92
Ilustración 52. Estado general de la estructura con 2.571% de distorsión angular.	95
Ilustración 53. Estado general de la estructura con 2.988% de distorsión angular.	98
Ilustración 54. Estado general de la estructura con 3.405% de distorsión angular.	101
Ilustración 55. Estado general de la estructura con 3.821% de distorsión angular.	104
Ilustración 56. Estado general de la estructura con 4.238% de distorsión angular.	107
Ilustración 57. Estado general de la estructura con 4.655% de distorsión angular.	110
Ilustración 58. Estado general de la estructura con 5.071% de distorsión angular.	113
Ilustración 59. Estado general de la estructura con 5.488% de distorsión angular.	116
Ilustración 60. Estado general de la estructura con 5.905% de distorsión angular.	119
Ilustración 61. Estado general de la estructura con 6.321% de distorsión angular.	122
Ilustración 62. Estado general de la estructura con 6.738% de distorsión angular.	125
Ilustración 63. Estado general de la estructura con 7.155% de distorsión angular.	128
Ilustración 64. Estado general de la estructura con 7.571% de distorsión angular.	131
Ilustración 65. Estado general del <i>PG</i> con 2.155% de distorsión angular.	134
Ilustración 66. Estado general del <i>PG</i> con 2.571% de distorsión angular.	135

Ilustración 67. Estado general del <i>PG</i> con 2.988% de distorsión angular.....	136
Ilustración 68. Estado general del <i>PG</i> con 3.405% de distorsión angular.....	138
Ilustración 69. Estado general del <i>PG</i> con 3.821% de distorsión angular.....	139
Ilustración 70. Estado general del <i>PG</i> con 4.238% de distorsión angular.....	140
Ilustración 71. Estado general del <i>PG</i> con 4.655% de distorsión angular.....	142
Ilustración 72. Estado general del <i>PG</i> con 5.071% de distorsión angular.....	143
Ilustración 73. Estado general del <i>PG</i> con 5.488% de distorsión angular.....	144
Ilustración 74. Estado general del <i>PG</i> con 5.905% de distorsión angular.....	146
Ilustración 75. Estado general del <i>PG</i> con 6.321% de distorsión angular.....	147
Ilustración 76. Estado general del <i>PG</i> con 6.738% de distorsión angular.....	149
Ilustración 77. Estado general del <i>PG</i> con 7.155% de distorsión angular.....	150
Ilustración 78. Estado general del <i>PG</i> con 7.571% de distorsión angular.....	152
Ilustración 79. <i>TREP</i> ajustado para $ck=1$ y $nw=4$	155
Ilustración 80. <i>CREP</i> ajustado para $ck=1$ y $nw=4$	201
Ilustración 81. Localización estación FG20 INEGI	202
Ilustración 82. Tomada de (Esquivel and INEGI 2015)	202
Ilustración 83. <i>DS</i> esperado para trabes $j=1,2,3$ y 4.....	203
Ilustración 84. <i>DS</i> esperado en columnas.....	204
Ilustración 85. <i>TREP</i> esperado con una distorsión angular de 2.625%.	204
Ilustración 86. <i>CREP</i> esperado con una distorsión angular de 2.625%.....	205
Ilustración 87. Comportamiento estados de daño	209
Ilustración 88. Propuesta punto de tolerancia de daño.....	210
 Ecuación 1. Distorsión angular	46
Ecuación 2. ATC 58-1, 1996	50
Ecuación 3. $Pr(DS EDP)$ tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022).....	59
Ecuación 4. $Pr(DSkl = dsi NC, IM)$ tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	59
Ecuación 5. $Pr(DSkl = dsi NC, IM)$ adaptado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	60
Ecuación 6. <i>TREP</i> por componente <i>tREP</i> , tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)61	

Ecuación 7. <i>TREP</i> asociado a un número de unidades tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022).....	62
Ecuación 8. Actividades de reparación, Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)...	63
Ecuación 9. <i>TREP</i> de la actividad A. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	63
Ecuación 10. Tiempo de inicio de las actividades. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	63
Ecuación 11. <i>TREP</i> del proyecto, tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022).....	64
Ecuación 12. <i>CREP</i> por actividad. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022).....	64
Ecuación 13. <i>CREP</i> del edificio. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)	64
Ecuación 14. Estimación del valor pasado utilizando los índices <i>INPC</i>	65
Ecuación 15. Costo estimado para el edificio en CDMX	83
Ecuación 16. Costo estimado del edificio para la ciudad de Aguascalientes.	83
Ecuación 17. Costo estimado del edificio en Aguascalientes (USD)	84
Ecuación 18. Modelo de ajuste de tiempos de reparación.	154
Ecuación 19. Ajuste costos de reparación.....	200
Ecuación 20. Hundimiento máximo para el periodo 35 años estación FG20.	202
Ecuación 21. Distorsión angular máxima para el periodo 35 años estación FG20.	203
Ecuación 22. Factor de ajuste <i>INPC</i> para el periodo 1990 – 2025.	206
Ecuación 23. Estimación del costo inicial del edificio en 1990.	206
Ecuación 24. Factor de ajuste <i>INPC</i> para el periodo 2018 – 2025.	207
Ecuación 25. Estimación del costo de las reparaciones en 2025.	207
Ecuación 26. Cálculo de la pérdida esperada (periodo 1990 - 2025)	207
Ecuación 27. Valor de la pérdida esperada	207

RESUMEN

La subsidencia es el fenómeno asociado al hundimiento diferencial progresivo de la superficie de terreno, mismo que ha sido reportado en el estado de Aguascalientes desde la década de 1980, derivado de la sobreexplotación de los mantos freáticos del valle. Este factor ha provocado la aparición de numerosas fallas y grietas en gran parte de la zona urbana, afectando el patrimonio edificado en un área de más de 900 km², las estructuras colindantes con estas discontinuidades han sufrido agrietamientos, deformaciones e incluso colapsos, comprometiendo la seguridad de los ocupantes, la inversión económica y el patrimonio de los propietarios. Ante esta problemática el presente trabajo de investigación propone la adopción de una metodología de análisis de estructuras basada en resiliencia, centrada en la estimación de daños en elementos estructurales, además de la evaluación de parámetros de resiliencia tales como el tiempo y costo de reparación. La adecuación de esta metodología permite conocer las consecuencias que podría tener una edificación afectada, a través de las métricas de evaluación, permitiendo estimar la pérdida esperada ante riesgos de subsidencia y a su vez planificar estrategias de reparación oportuna, contribuyendo a prolongar la vida útil del edificio, esta investigación pretende ser pionera para el desarrollo de alternativas de diseño y/o procedimientos que contribuyan a incrementar la resiliencia de las estructuras afectadas por subsidencia en el estado de Aguascalientes.

Palabras clave: Subsidencia, falla, grieta, daño estructural, resiliencia, reparación, pérdida económica.

ABSTRACT

Subsidence is a phenomenon associated with the progressive differential settlement of the ground surface, which has been reported in the state of Aguascalientes since the 1980s as a result of the overexploitation of the valley's aquifers. This process has led to the formation of numerous faults and fissures throughout large portions of the urban area, affecting the built environment across more than 900 km². Structures located adjacent to these discontinuities have experienced cracking, deformation, and even partial or total collapses, thereby compromising occupant safety, economic investment, and property assets. In light of this issue, the present study proposes the adoption of a resilience-based structural analysis methodology, focused on the estimation of damage to structural elements and the evaluation of key resilience parameters such as repair time and repair cost. The implementation of this methodology enables the assessment of the potential consequences for affected buildings through quantitative evaluation metrics, allowing for the estimation of expected losses under subsidence-related risks and for the planning of timely repair strategies aimed at extending the service life of the structures. This research seeks to serve as a pioneering contribution toward the development of design alternatives and procedural frameworks that enhance the resilience of structures affected by subsidence in the state of Aguascalientes.

Keywords: Land subsidence, failure, crack, structural damage, resilience, repair, economic loss.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad de implementar un enfoque de resiliencia en el análisis estructural de edificaciones ubicadas en zonas con riesgos de subsidencia con el fin de estimar los costos, tiempos de reparación y pérdidas asociadas a los daños ocasionados por este fenómeno.

1.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Adaptar una metodología para la evaluación estructural basada en resiliencia.
- Obtener y cuantificar parámetros de resiliencia para la evaluación de estructuras afectadas por subsidencia.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Esta investigación surge a partir del aumento significativo de la formación de discontinuidades asociadas al fenómeno de subsidencia en el valle de Aguascalientes. Esto representa una amenaza tanto para la infraestructura existente como para los futuros proyectos en la región, ya que puede ocasionar daños en el patrimonio edificado, poner en riesgo la integridad de sus ocupantes y generar cuantiosas pérdidas económicas.

1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La subsidencia es un fenómeno geológico que consiste en el hundimiento diferencial progresivo de la superficie de terreno, está asociado con actividades antropogénicas que alteran el subsuelo como la extracción de agua subterránea, hidrocarburos, minerales o construcciones someras, este fenómeno tiene graves consecuencias en las estructuras afectadas como pueden ser la estabilidad y seguridad de estas. Una señal de que una región está siendo afectada por subsidencia es la formación de fallas o grietas en la superficie terrestre donde se

genera desplazamiento vertical en uno de los lados respecto al otro, lo que resulta en hundimientos diferenciales. Ciertos tipos de suelo tienen la capacidad de soportar importantes deformaciones por compresión sin que se formen fallas, sin embargo, estas pueden hacerse evidentes una vez que se ha alcanzado un hundimiento considerable (Esquivel et al. 2019).

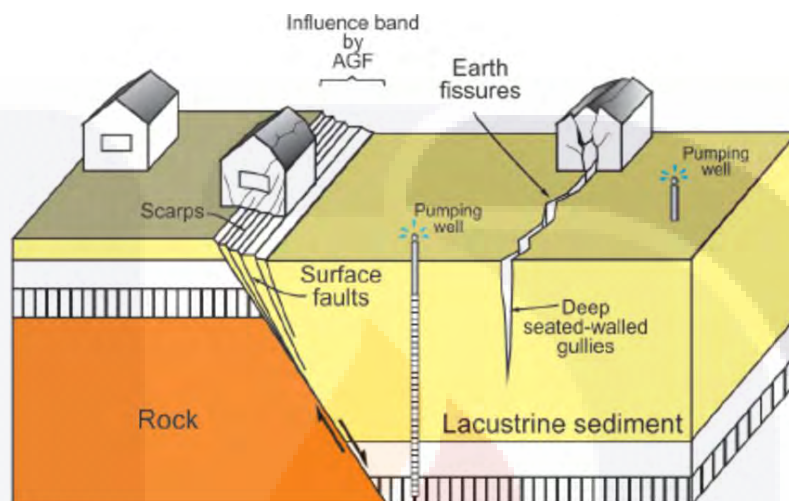


Ilustración 1. Falla del terreno por hundimiento de la extracción de agua subterránea tomado de (Hernández-Madrigal et al. 2014)

1.2.2 ORIGEN DEL PROBLEMA

El Valle de Aguascalientes, en el centro de México, ha estado experimentando un importante hundimiento de tierras desde la década de 1980, principalmente debido a la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Este hundimiento ha propiciado el desarrollo de numerosas fallas superficiales y fisuras terrestres, que plantean riesgos sustanciales para la infraestructura y la planificación urbana (Luna-Villavicencio et al. 2023). El valle se encuentra dentro de un graben tectónico definido por dos fallas normales con tendencia norte-sur. Esta depresión tectónica ha sido rellenada por sedimentos aluviales y fluviales terciarios y cuaternarios con un grado de consolidación bajo a medio formando el sistema acuífero. El clima en el Valle de Aguascalientes es árido a semiárido, lo que, en combinación con la falta de caudales superficiales y reservorios de agua superficiales, ha propiciado que el agua subterránea sea la principal fuente de agua no sólo para la agricultura, sino también para el consumo municipal e industrial (Pacheco-Martínez et al. 2020). De

acuerdo con el censo realizado por (Comisión Nacional del Agua 2024) en el año 2014 el volumen de extracción de agua subterránea fue de 427.4 hm³ anuales, distribuidos de la siguiente manera:

- 258.6 hm³ (60.5 %) uso agrícola.
- 132.9 hm³ (31.1 %) uso público-urbano.
- 11.6 hm³ (2.7 %) uso industrial.
- 2.7 hm³ (0.6 %) uso doméstico y pecuario.
- 2.5 hm³ (0.6 %) servicios.
- 19.1 hm³ (4.5 %) usos múltiples.

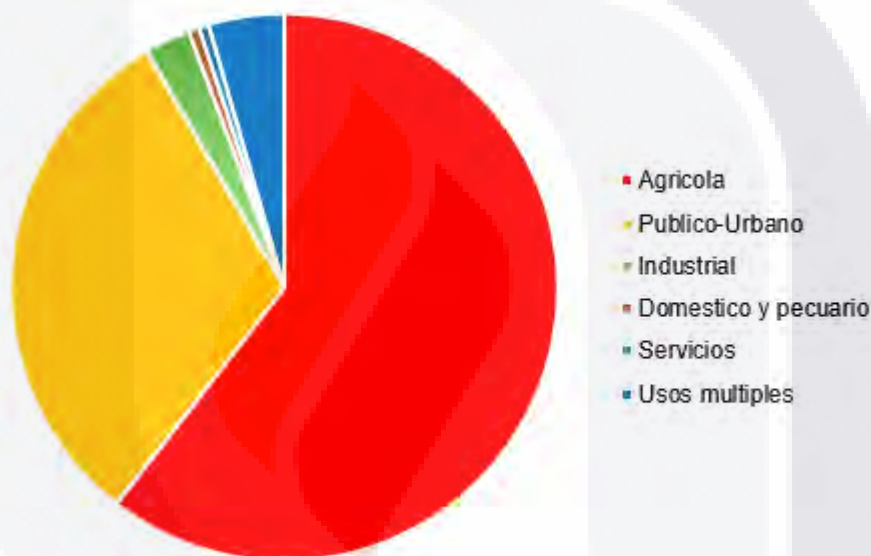


Ilustración 2. Volumen de extracción del valle de Aguascalientes. Tomado de (Comisión Nacional del Agua 2024)

Datos históricos comprendidos en el periodo del año 2000 al 2014 señalan que el acuífero del valle de Aguascalientes tuvo una recarga total de 249.60 hm³, una descarga natural comprometida de 2.40 hm³ y un volumen de extracción de 342.96 hm³ en promedio anual. Por lo cual, para este periodo existe un déficit de 95.76 hm³ anuales (95'758,309 m³), condiciones que han favorecido el hundimiento y la aparición de nuevas discontinuidades, permitiendo así el crecimiento del fenómeno de subsidencia en el valle.

Almacenamiento	Volumen hm3 (anuales)
Recarga total	249.60
Descarga natural comprometida	- 2.40
Volumen de extracción	- 342.96
Balance de agua subterránea	-95.76

Tabla 1. Balance de agua subterránea valle de Aguascalientes (Comisión Nacional del Agua 2024)

La generación de nuevas fisuras ha aumentado significativamente en los últimos 10 años, en 2013 se registraron 207 discontinuidades con una longitud total de 321,159 m, actualmente se encuentran registradas 802 discontinuidades con una longitud total de 361,938 m, la extracción de agua subterránea en el Valle de Aguascalientes ha provocado fracturas y fallas activas en un área de 900 km2 como se reportó en 2012 (Luna-Villavicencio et al. 2023).

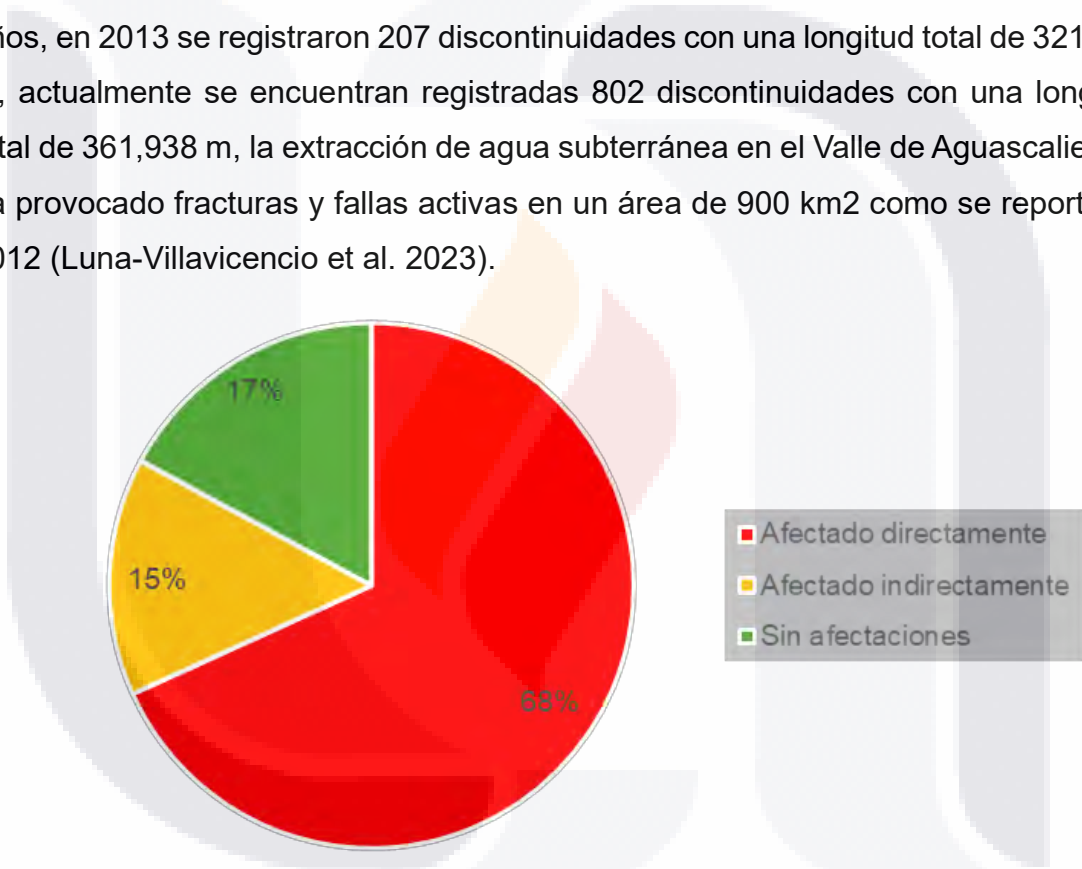


Ilustración 3. Inmuebles afectados tomado de (Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Aguascalientes 2021)

En enero de 2020, se censaron un total de 2.880 propiedades cercanas a una línea de falla en todo el estado, de las cuales 1,965 (68%) se vieron afectadas directamente, 422 (15%) experimentaron alguna afectación indirecta y 493 (17%) no se vieron afectadas (Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Aguascalientes 2021).

1.3 HIPÓTESIS

Se plantea que es posible adaptar una metodología de análisis basado en resiliencia para la evaluación de estructuras afectadas por subsidencia, aplicando el análisis no lineal *pull down* para estimar el estado de daño (*DS*) de los elementos de la estructura al ser sometida a diferentes intensidades de hundimiento diferencial. A partir del análisis, se contempla la adopción y propuesta de medidas de reparación estructural, con la finalidad de construir funciones predictivas que permitan estimar de manera práctica y simplificada, parámetros de resiliencia tales como los tiempos y costos de reparación en función de la respuesta estructural frente al fenómeno.

1.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de carácter exploratorio, dado que representa un trabajo inédito que vincula las afectaciones ocasionadas por el fenómeno de subsidencia y el concepto de resiliencia estructural. El propósito principal es establecer las bases teóricas y metodológicas para entender cómo los parámetros de resiliencia pueden ser aplicados al análisis de estructuras sometidas a subsidencia.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 SUBSIDENCIA EN EL MUNDO

El hundimiento, es un problema global con diversas causas y efectos, impacta significativamente las zonas urbanas y rurales, los ecosistemas y las economías. En Asia costera, particularmente en China, el hundimiento de la tierra exacerba los riesgos asociados con el aumento relativo del nivel del mar, lo que lleva a una mayor exposición de la tierra, la población y los activos a las inundaciones. Las medidas de control y las estrategias de adaptación, como los diques superiores, son esenciales para mitigar estos impactos (Nicholls and Fang 2022). En Indonesia, la conversión de turberas para la agricultura, particularmente para el cultivo de palma aceitera, da como resultado un hundimiento del suelo, aumentando los riesgos de inundaciones y, finalmente, haciendo que la tierra no sea apta para el cultivo, lo que

plantea un desafío económico y ambiental a largo plazo (Hein et al. 2022). Las áreas urbanas, como la ciudad de Taipéi, enfrentan desafíos de hundimiento debido a una combinación de factores que incluyen el cambio climático, la urbanización y la extracción de aguas subterráneas, con datos de teledetección que ofrecen una herramienta de monitoreo y planificación para mitigar estos efectos (Lin 2022).

En Europa, los movimientos verticales del suelo contribuyen al aumento relativo del nivel del mar, destacando la necesidad de un monitoreo y modelado precisos para ayudar a los esfuerzos de adaptación costera (Thiéblemont et al. 2023). Las actividades mineras, como se observa en la mina de cobre Lubambe, causan directamente hundimiento, lo que lleva a interrupciones operativas y mayores costos debido a daños a la infraestructura y la creación de sumideros. La extracción de agua subterránea en Irán ha llevado a un hundimiento significativo de la tierra, alterando los parámetros del acuífero y requiriendo una estimación y gestión precisas de los recursos hídricos para evitar daños mayores (Yousefi et al. 2022). El hundimiento en todo el mundo es un tema crítico impulsado por diversos factores como la extracción de agua subterránea y la urbanización (Wu et al. 2022). El hundimiento conduce a daños en diversas estructuras como edificios, pistas, puentes y carreteras, lo que plantea riesgos para la sociedad y la economía (Hu and Chiu 2023).

2.2 SUBSIDENCIA EN MÉXICO

En la República Mexicana, el caso de la Ciudad de México se destaca como el más relevante debido a la considerable escala de hundimiento observada en una gran parte de la extensión urbana, que abarca incluso el centro histórico. Sin embargo, este es solo uno entre muchos otros casos que prevalecen en todo el país; varios de estos casos han sido objeto de estudio debido a los daños que el hundimiento ha causado en las zonas residenciales e infraestructura urbana. De acuerdo con la (Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Aguascalientes 2021) este fenómeno se presenta en distintas regiones del país, principalmente en ciudades asentadas sobre depresiones conocidas como fosas tectónicas. Entre

ellas destacan la Ciudad de México, Calera, Aguascalientes, Morelia, Celaya, Irapuato, Salamanca, Abasolo, Silao, Juventino Rosas, Querétaro, Tepic, entre otras. Durante el período comprendido entre el 17 de diciembre de 2014 y el 1 de enero de 2019, se identificó un hundimiento significativo que alcanzó un máximo de 45 milímetros por año en las cercanías al oeste de la falla “Calera-Madero” en la región de Calera (Esquivel et al. 2019).

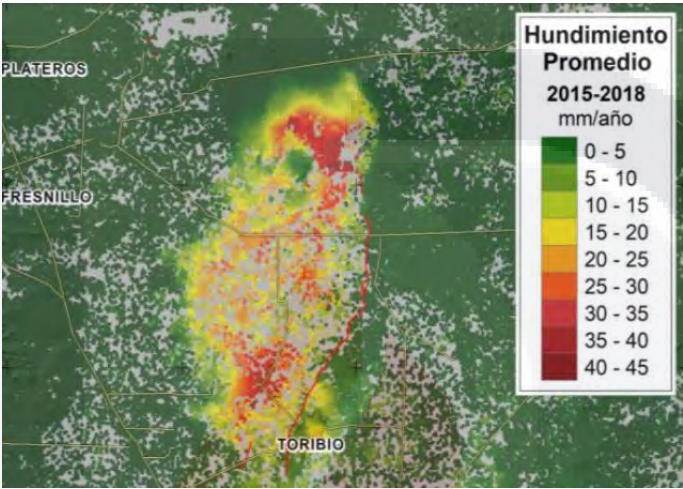


Ilustración 4. Hundimientos Calera, Zac. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

Una evaluación realizada durante el mismo período en la ciudad de Celaya reveló un hundimiento notable de hasta 130 milímetros (Esquivel et al. 2019).

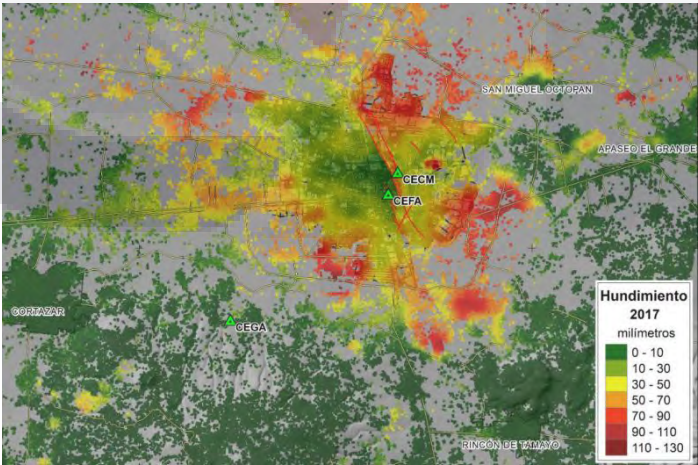


Ilustración 5. Hundimientos Celaya, Gto. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

Tanto en Morelia, Michoacán como en se manifestaron hundimientos máximos de hasta 140 milímetros (Esquivel et al. 2019).

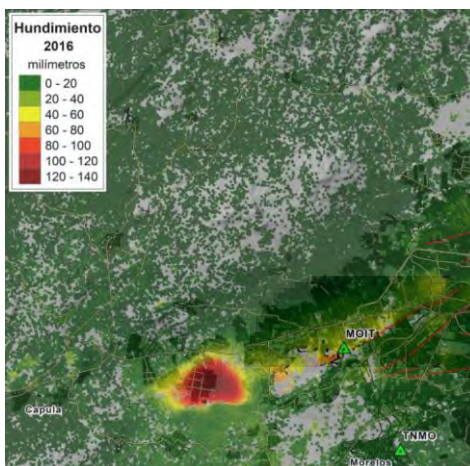


Ilustración 6. Hundimientos Morelia, Mich. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

Los resultados de las actividades de monitoreo en el entorno urbano de Querétaro durante el período mencionado muestran hundimiento máximo promedio anual de 14 milímetros (Esquivel et al. 2019).

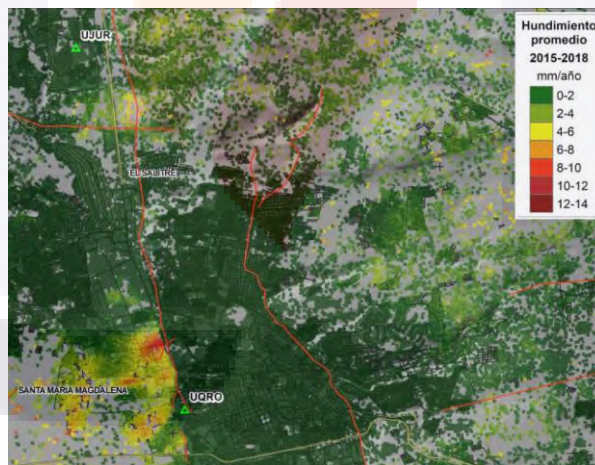


Ilustración 7. Hundimientos Querétaro, Qro. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

La región ubicada al norte de la ciudad de San Luis Potosí mostró un hundimiento máximo promedio anual de 8 centímetros por año (Esquivel et al. 2019).

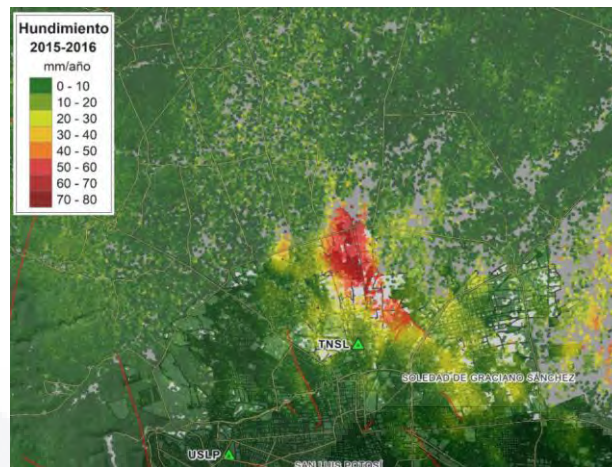


Ilustración 8. Hundimientos San Luis Potosí. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

Estas mediciones se realizaron mediante el uso de la interferometría (SAR), una técnica que analiza las variaciones de fase en un reflector permanente observado desde un satélite en relación con una fecha de referencia específica.

2.3 SUBSIDENCIA EN EL VALLE DE AGUASCALIENTES

Esta problemática ha sido una preocupación importante desde la década de 1980, afectando la planeación urbana y la infraestructura debido al desarrollo de fallas superficiales y fisuras de la tierra (Luna-Villavicencio et al. 2023).

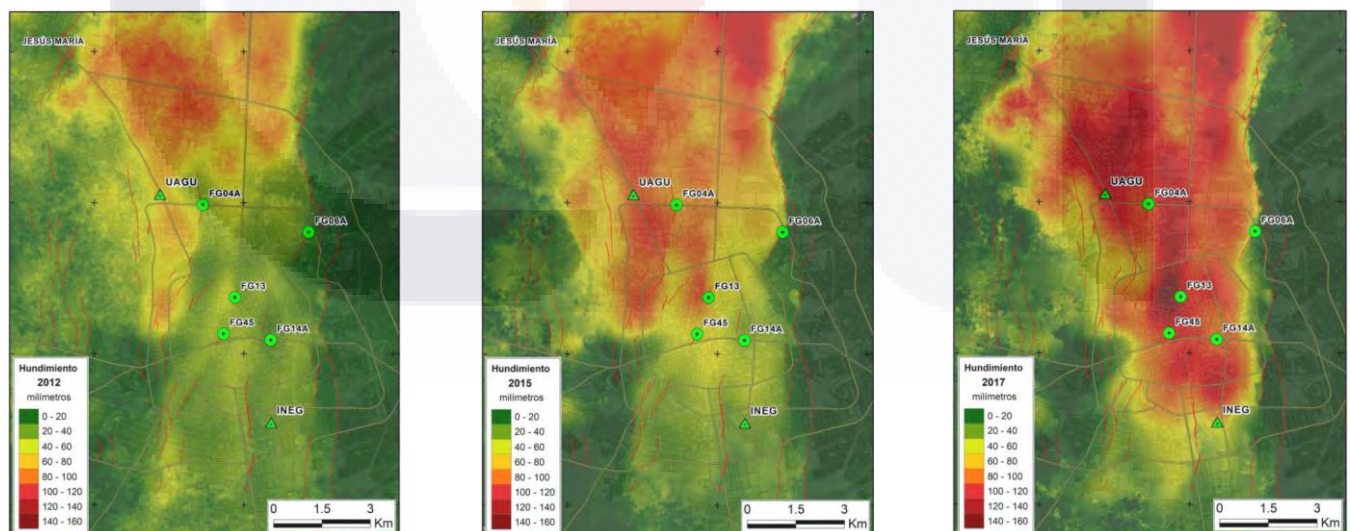


Ilustración 9. Hundimientos Aguascalientes, Ags 2012, 2015 y 2017 respectivamente. Tomado de (Esquivel et al. 2019)

(Esquivel et al. 2019) señala que existe un movimiento vertical descendente de la superficie terrestre que alcanza un máximo de 160 milímetros afectando una gran parte de la zona urbana de la ciudad de Aguascalientes, esta medición se llevó a cabo durante el período comprendido entre los años 2014 y 2019, mostrando un grado notable de hundimiento del suelo en esta área en particular. Este tema ha propiciado la conformación de un comité interinstitucional en 1994, integrando diversos organismos públicos y privados para atender los efectos de subsidencia mediante estudios técnicos, equilibrio del acuífero, normatividad, cartografía, y reparación de infraestructura (Pacheco-Martínez et al. 2020).

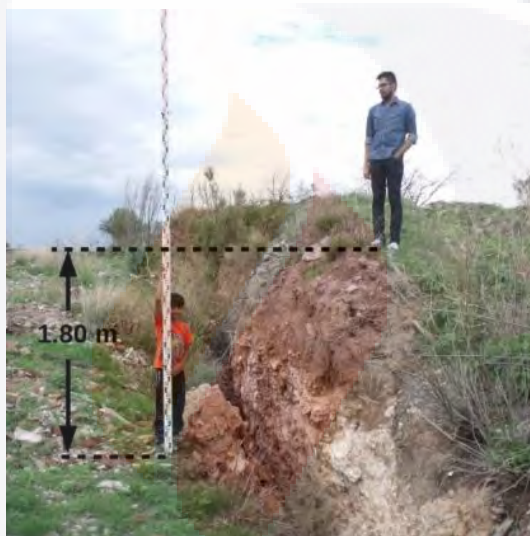


Ilustración 10. Hundimiento diferencial en Aguascalientes (Pacheco-Martínez et al. 2015)

Como medida cautelar la investigación de (Trejo 2021) propone que debe haber una zona de restricción total, es decir una franja de 3.00m a 7.00 m respecto al eje de la falla, donde no se permita la construcción de edificaciones de ningún tipo para evitar futuras afectaciones por subsidencia.

2.4 CONSECUENCIAS TÍPICAS

Uno de los principales peligros en las áreas de hundimiento del terreno es el desarrollo de fallas superficiales y fisuras terrestres relacionadas con el hundimiento, porque dañan las viviendas y otras infraestructuras, disminuyendo su valor inmobiliario (Pacheco-Martínez et al. 2020). El hundimiento puede provocar

daños significativos en las estructuras construidas por el hombre y los entornos naturales, manifestándose en diversas formas como distorsión angular, grietas en la construcción y deformación de los asentamientos de tierra (Fernández-Torres et al. 2020). El estudio realizado por (Julio Miranda et al. 2013) establece que dentro de las afectaciones más comunes por subsidencia se encuentran fisuras de diferentes formas y tamaños en muros, pisos y techos; desalineación de marcos de puertas, ventanas o portones que dificultan su operatividad; deformaciones en los pisos; separación respecto a las construcciones vecinas y hundimientos parciales del predio. Por otra parte de acuerdo con (Rodríguez Castillo and Rodríguez Velázquez 2006) “la subsidencia no está considerada como un desastre natural ni inducido, ni en la Ley de Aguas Nacionales ni en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), no se incluye en los programas urgentes de ayuda social. Una razón de tal exclusión es que los efectos por lo general se observan a largo plazo. De esta forma, los afectados por fenómenos de subsidencia no cuentan con elementos legales para ampararse o reclamar”.



Ilustración 11. Vivienda afectada por subsidencia tomado de (Julio Miranda et al. 2013)

Asimismo “los daños a edificios y casas habitación son asimilados por los afectados, llegándose a pérdidas totales en la construcción. Se rompen paredes y pisos y se colapsan los techos. Los afectados realizan continuas y costosas reparaciones, sin saber que el proceso no se detendrá. Los esfuerzos a que son sometidas las

estructuras rompen trabes y cimentaciones. Asimismo el precio de los terrenos baja de manera considerable” (Rodríguez Castillo and Rodríguez Velázquez 2006).

El estudio de (Camacho Sanabria et al. 2020) señala una metodología para estimar el daño socioeconómico debido a subsidencia tomando en cuenta el valor del terreno, de la construcción y la población afectada realizando la cuantificación de los daños en la ciudad de Santa Ana Tlapaltitlán, Estado de México. Esta metodología se basa en la obtención de un factor de demérito el cual toma en cuenta las propiedades físicas del predio tales como el área total, área afectada por subsidencia y distancia perpendicular del centroide del terreno al eje de falla, se señala que mediante esta relación es posible estimar los daños tanto en construcciones como en los terrenos afectados por discontinuidades.

2.5 ESCALAS DE DAÑO

Los movimientos del suelo generan esfuerzos y deformaciones en elementos estructurales y no estructurales, lo cual puede derivar en agrietamientos e incluso colapsos, para evaluar y clasificar el grado de afectación en edificaciones, se han desarrollado diversas escalas de daño estructural que permiten una interpretación rápida y objetiva del comportamiento de las estructuras ante hundimiento diferencial.

La escala de Burland es una herramienta utilizada para clasificar el nivel de daño en edificaciones como resultado de asentamientos diferenciales, esta clasificación se basa principalmente en la distorsión angular que ocurre entre dos puntos de una estructura debido a desplazamientos verticales desiguales. Propuesta por (Burland 1977), permite identificar de manera rápida el tipo y severidad del daño, desde grietas pequeñas hasta fallas estructurales importantes.

Category of damage	Normal degree of severity	Description of typical damage (ease of repair in bold type) Note: <i>Crack width is only one factor in assessing category of damage and should not be used on its own as a direct measure of it</i>
0	Negligible	Hairline cracks less than about 0.1 mm wide.
1	Very slight	Fine cracks that are easily treated during normal decoration. Damage generally restricted to internal wall finishes. Close inspection may reveal some cracks in external brickwork or masonry. Typical cracks widths up to 1 mm.
2	Slight	Cracks easily filled. Redecoration probably required. Recurrent cracks can be masked by suitable linings. Cracks may be visible externally and some repointing may be required to ensure weather-tightness. Doors and windows stick slightly. Typical crack widths up to 5 mm.
3	Moderate	The cracks requires some opening up and can be patched by a mason. Repointing of external brickwork and possibly a small amount of brickwork to be replaced. Doors and windows sticking. Service pipes may fracture. Weather tightness often impaired. Typical crack widths are 5–15 mm or several > 3 mm.
4	Severe	Extensive repair work involving breaking-out and replacing sections of walls, especially over doors and windows. Windows and door frames distorted, floor sloping noticeably. Walls leaning or bulging noticeably, some loss of bearing in beams. Service pipes disrupted. Typical cracks widths are 15–25 mm but also depends on the number of cracks.
5	Very severe	This requires a major repair job involving partial or complete rebuilding. Beams lose bearing, walls lean badly and require shoring. Windows broken with distortion. Danger of instability. Typical crack widths are greater than 25 mm, but depends on the number of cracks.

Ilustración 12. Escala de Burland tomado de (Burghignoli et al. 2013)

Por otro lado, la escala de Skempton y MacDonald es una herramienta para establecer límites admisibles de asentamientos y distorsiones angulares en edificaciones. Proporciona criterios para evaluar la tolerancia de las estructuras a asentamientos diferenciales (Chamorro Ramos 2005).

DISTORSIÓN ANGULAR	DAÑOS
1/100	Límite cuando se teme daño estructural. Límite seguro para muros flexibles de ladrillo con $h/L < 1/4$. Considerable agrietamiento en tabiques y muros de ladrillo.
1/250	Límite para el q el giro de edificios rígidos altos puede ser visible
1/300	Límite para el que se espera la primera fisura en tabiques. Límite en el que se esperan dificultades para puentes grúa.
1/500	Límite seguro para edificios que no permiten agrietamiento
1/600	Límite de peligro para pórticos con arriostramientos diagonales
1/750	Límite inferior, para maquinaria sensible a asientos

Ilustración 13. Distorsiones angulares límite de Bjerrum (1963) tomado de (Chamorro Ramos 2005)

2.6 MODELACIÓN DE SUBSIDENCIA

En la literatura diversos autores han utilizado la herramienta SAP2000 como alternativa para la realización de modelos y simulaciones de los efectos de subsidencia en edificaciones, el estudio realizado por (Dueñas 2021) evalúa la reacción de un marco en 2D cuando se aplica hundimiento en una de las columnas,

mientras que en el trabajo realizado por (De Lira 2016) se centra en evaluar la respuesta de elementos como muros de mampostería ante este fenómeno, por otra parte (Romero 2021) realiza la evaluación de un edificio en 3D basado en marcos estructurales de concreto reforzado simulando los efectos del hundimiento en uno de los apoyos. Sin embargo, esta no es la única herramienta que ha permitido realizar la simulación de este fenómeno ya que los estudios realizados por (Chávez Pérez 2018) y (Chirino Suarez 2018) evalúan la respuesta estructural de muros de mampostería y de concreto respectivamente mediante el software Abaqus/CAE, asimismo (Pacheco -Martínez 2007) utilizó el software ANSYS para simular el proceso de subsidencia. De tal forma que existen diversas formas de modelar y realizar simulaciones de subsidencia, evidentemente la selección de uno de los métodos depende del grado de complejidad y la situación que se desee abordar.

2.7 ANÁLISIS NO LINEAL

Mientras que el análisis lineal se basa en la proporcionalidad entre las acciones y sus efectos en una estructura (de acuerdo al principio de linealidad), el análisis no lineal proporciona los medios para calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico (Ocaña 2016), lo cual resulta fundamental para la evaluación de daños en elementos estructurales. En ingeniería sísmica el análisis *pushover* es un análisis estático no lineal que se usa para investigar hasta qué punto puede alcanzar un edificio el rango inelástico antes de estar al borde de un colapso total o parcial (Rajkumari et al. 2022).

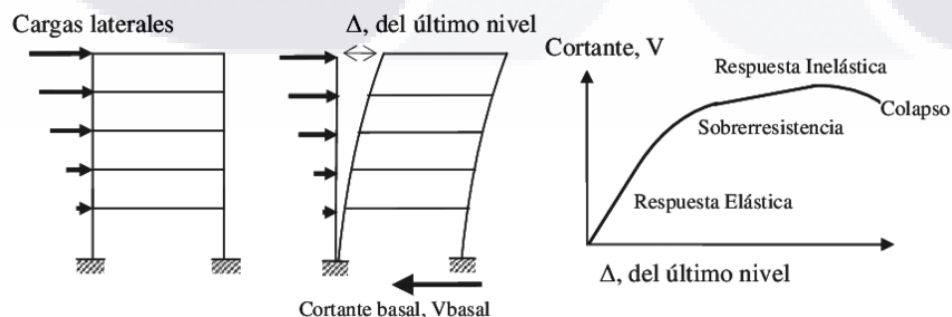


Ilustración 14. Generalidades análisis *pushover* tomado de (Arango and Paz 2009)

2.7.1 ANÁLISIS PULL DOWN

El análisis *pull down* representa una alternativa adecuada para estudiar estructuras que presentan hundimiento en alguno de sus apoyos, la diferencia respecto al análisis *pushover* radica en la dirección en la que se evalúan los desplazamientos (Chávez Pérez 2018), esta metodología permite evaluar desplazamientos en sentido vertical, semejantes a los provocados por fenómenos de subsidencia.

De acuerdo con (Romero 2021) el análisis estático no lineal *pull down* pretende modelar el comportamiento de una estructura afectada por el fenómeno de subsidencia, aplicando el hundimiento del suelo en alguno de sus puntos de apoyo. El mismo autor desarrolló una metodología implementada en SAP2000 para realizar un análisis de este tipo, los requisitos para aplicarla son los siguientes:

- Tener un modelo revisado con sus análisis correspondientes como cargas gravitacionales, diseño sísmico y cargas de viento; excluyendo las afectaciones por subsidencia.
- Se deben asignar a los elementos trabe y columna las posibles formaciones de articulación plástica.
- Crear patrón de carga *pull down* donde se agregara el desplazamiento forzado.
- Simular el hundimiento esperado por problemas de subsidencia mediante la aplicación de un desplazamiento forzado en el punto de apoyo afectado.

2.8 RESILIENCIA

El concepto resiliencia se utiliza en diversos contextos a menudo para denotar la capacidad de individuos, grupos o comunidades para navegar y superar de manera efectiva situaciones adversas o factores estresantes. Abarca diversos factores y procesos protectores que ayudan en la adaptación positiva después de los eventos estresantes, permitiendo a los individuos mantener o restaurar el funcionamiento normal (Barlach et al. 2008). De acuerdo con (Ayala and Gutiérrez 2022) “en ingeniería estructural se utiliza para describir la capacidad de un sistema de

absorber y reducir los cambios abruptos causados por un evento perturbador externo, y recuperar su nivel de funcionamiento original (o mejor) en el menor tiempo posible”.

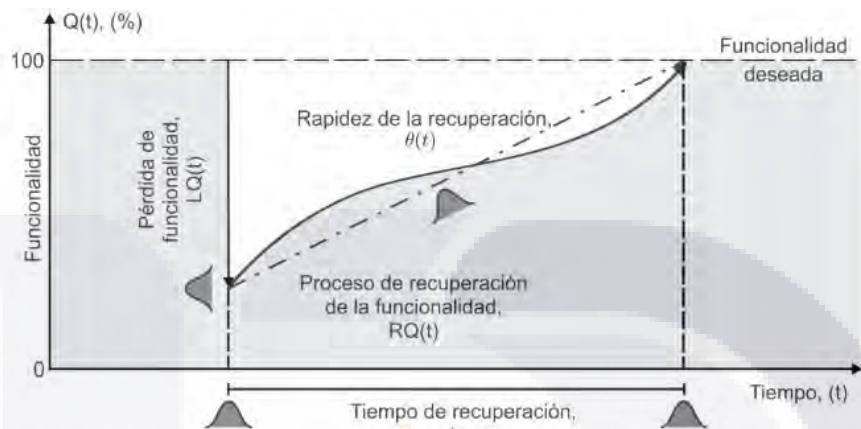


Ilustración 15 - Esquema de resiliencia estructural. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

(Bruneau and Reinhorn 2007) definen la resiliencia estructural como la capacidad que exhibe un sistema estructural, no solo para resistir sino también para adaptarse y recuperarse de diversos impactos y perturbaciones externos. Un sistema resiliente es aquel que muestra:

- Menor probabilidad de fallo.
- Menor consecuencia de los fallos, en términos de pérdida de vidas, daños y consecuencias económicas y sociales negativas.
- Menor tiempo de recuperación para restaurar un sistema específico o un conjunto de sistemas a su nivel normal de rendimiento funcional.

De acuerdo con (Lampropoulos 2022) implica la capacidad de dicho sistema para absorber eficazmente el impacto o la tensión que le infligen dichos eventos imprevistos y, posteriormente, para recuperar y restaurar con éxito su funcionalidad e integridad después de estos acontecimientos. En zonas de alta sismicidad, se destaca la importancia de la resiliencia estructural debido a los riesgos que plantean los materiales de calidad inferior y el diseño deficiente en estructuras de mampostería y concreto reforzado. La resiliencia urbana en el contexto de la ingeniería estructural abarca la capacidad de la infraestructura de una ciudad para

resistir, adaptarse y recuperarse de diversos choques y tensiones mientras se mantienen las funciones esenciales y el bienestar general (Cao 2023). La resiliencia urbana en ingeniería estructural tiene como objetivo garantizar que las ciudades puedan responder eficazmente a los desafíos, reducir las vulnerabilidades y promover el desarrollo sostenible e inclusivo mediante la mejora de la resiliencia de su infraestructura.

2.8.1 PRINCIPIOS DE DISEÑO SISMORESISTENTE RESILIENTE

Uno de los principios fundamentales de la resiliencia en ingeniería sísmica consiste en que “los usuarios finales de nuestras obras no sólo salven su vida durante un sismo extremo, sino que no pierdan totalmente su mayor patrimonio y queden en la ruina” (Tena-Colunga 2020). Por otra parte, un ideal principal de la filosofía de diseño resiliente frente al diseño por prevención de colapso es “el tiempo de recuperación de las estructuras ya que luego de casi tres años de ocurrido el sismo del 19 de septiembre de 2017 en Ciudad de México, miles de familias mexicanas sigan sin poder ocupar su hogar, y varias de ellas en la ruina económica prácticamente, por seguir fomentando procedimientos de diseño y reglamentaciones que favorecen el estado límite de prevención de colapso ante la acción de un sismo extremo, con la justificación de que, en promedio, se preservaron muchas vidas” (Tena-Colunga 2019).

Es debido a los problemas antes mencionados que “se debe trabajar en fomentar e implantar criterios de diseño sismorresistente resiliente en reglamentaciones futuras, de manera que no sólo se garantice la vida de la gente que habita las estructuras, sino que también se garantice que se preserve su patrimonio y, si debe experimentarse algún daño para resistir un sismo extraordinariamente fuerte, éste sea fácilmente reparable con una inversión que oscile de mínima a moderada y, en medida de lo posible, sin que sea necesario que se evacúe ninguna propiedad o inmueble por semanas, meses e incluso, por años” (Tena-Colunga 2020). Trasladando la problemática previamente descrita es fácilmente identificable y equiparable a la problemática que nos aqueja en el valle de Aguascalientes debido

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

a subsidencia, ya que miles de familias actualmente están viviendo en situaciones precarias debido a que su patrimonio resultó afectado por la presencia de una falla.

2.8.2 PARAMETROS DE EVALUACIÓN DE RESILIENCIA

Como menciona (Tena-Colunga 2020) “no existen actualmente ni existirán en el futuro recursos económicos, materiales y humanos extraordinarios suficientes en nuestra sociedad para hacerle frente a emergencias de este tipo y para restablecer la normalidad en cuestión de días o de algunas semanas”. Con esto en mente, resulta fundamental adoptar una filosofía resiliente en el diseño y análisis de edificaciones. (Niño Lazaro et al. 2024) señala que “actualmente no existe un consenso claro sobre cómo cuantificar e interpretar los valores de resiliencia, sin embargo, comúnmente se analizan tiempo de recuperación y funcionalidad como parámetros de resiliencia”. Por otra parte (Ayala and Gutiérrez 2022) señalan como variables de decisión fundamentales de la teoría de la resiliencia sísmica de edificios: costos de reparación (*CREP*), tiempo de reparación (*TREP*), tiempo de recuperación (*TREC*), número de trabajadores necesarios para realizar los trabajos de rehabilitación (*nw*), entre otros.

El estudio de (Niño Lazaro et al. 2024) señala que si bien es posible que las variables socioeconómicas puedan afectar la duración de las reparaciones, incluida la accesibilidad de la mano de obra en un contexto postsismo, se considera apropiado formular un cronograma de trabajo basado en los daños estructurales y en las metodologías de reparación tradicionales. El costo previsto del ciclo de vida se evalúa en relación con las posibles consecuencias de la falla, incluidas las posibles muertes, la pérdida de activos, los gastos relacionados con las reparaciones y las implicaciones financieras asociadas con la transferencia de las operaciones a instalaciones alternativas durante los períodos de reparación o reconstrucción (Guadarrama and León 2021).

2.9 ANALISIS DE RESILIENCIA

Un análisis de resiliencia sísmica es una evaluación estructural que no solo busca evitar el colapso de un edificio durante un sismo, sino también medir su capacidad para recuperar la funcionalidad en el menor tiempo posible. Según (Kim and Yi 2024) es un enfoque integral utilizado para evaluar y mejorar la capacidad de los sistemas estructurales para resistir y recuperarse de eventos disruptivos, como desastres naturales o peligros provocados por el hombre. Este análisis se centra en la capacidad de un sistema para minimizar las interrupciones y mantener la funcionalidad durante la recuperación, y de esta forma asegurar que las estructuras puedan resistir y recuperarse de manera efectiva de perturbaciones significativas. De acuerdo con el estudio realizado por (Olmedo-Cueva and Haro 2023) el análisis de resiliencia implica:

- Recolección de datos geológicos, análisis de vibración, inspección visual, ensayos destructivos y no destructivos.
- Análisis estático no lineal *pushover* y análisis dinámico no lineal *time history*.
- Estimar el daño en elementos estructurales y no estructurales.
- Presentar una propuesta de reforzamiento.
- Determinar de tiempo de recuperación de la funcionalidad.
- Determinar índice de resiliencia.

Al final con el índice de resiliencia se puede catalogar que tan resiliente es la edificación ante un evento determinado, tradicionalmente eventos sísmicos.

2.9.1 ESTIMACIÓN DE TIEMPO Y COSTO DE REPARACIÓN

De acuerdo con (Eguía 2019) “las funciones de recuperación expresan la evolución de la funcionalidad del elemento antes y después de un evento sísmico, así como el tiempo que se requiere para que logre recuperar su funcionalidad original. Para ello se considera que se han efectuado métodos de reparación, los cuales están en función del estado de daño (*DS*) de los elementos a consecuencia del evento sísmico”.

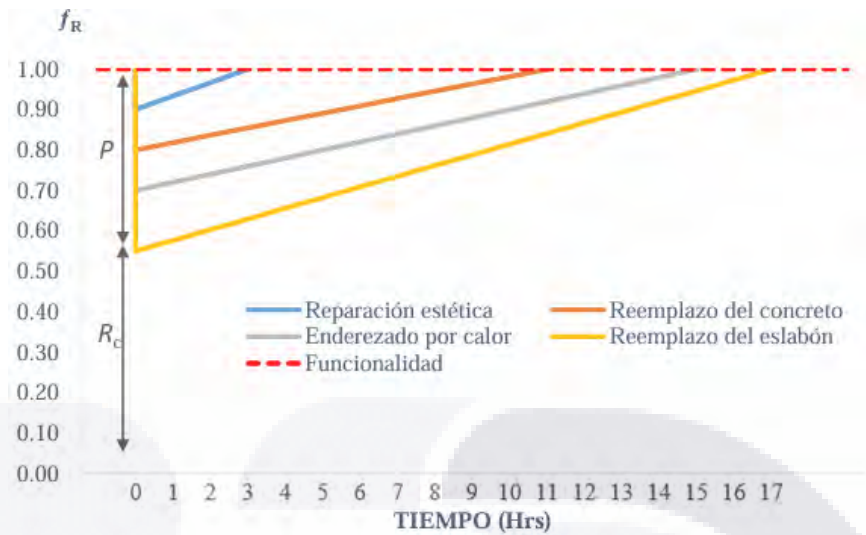


Ilustración 16. Función de recuperación tomada de (Eguía 2019)

Las funciones de recuperación se elaboran tomando en cuenta los daños presentados por el comportamiento inelástico de los elementos estructurales. En ingeniería sísmica es común que los daños estén en función de la rotación que tuvieron durante el análisis dinámico incremental (Eguía 2019).

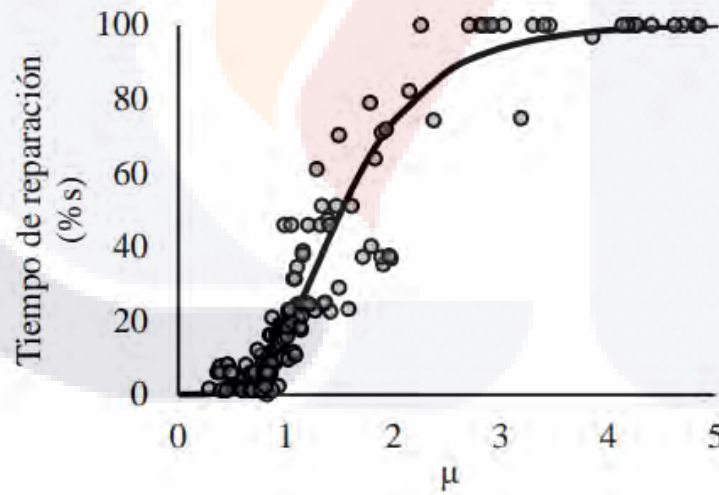


Ilustración 17. Función de tiempos de reparación tomada de (Niño Lazaro et al. 2024)

(Niño Lazaro et al. 2024) señala que, si se conoce el estado general del daño en una estructura, se pueden proponer medidas de reparación pertinentes, plasmadas en un programa general de obra. Asimismo el autor menciona que al estimar los tiempos de reparación para cada configuración de daño se obtiene una relación

creciente entre el parámetro de demanda y los tiempos de reparación, y al aplicar una regresión no lineal a los datos obtenidos se genera una función de los tiempos de reparación y de esta manera estimar de manera rápida los tiempos de reparación a partir de la respuesta estructural. Por otra parte de acuerdo con (Ayala and Gutiérrez 2022) “los daños en cada elemento se pueden describir dependiendo de la severidad de la rotación plástica presentada, se han desarrollado diversos programas experimentales y analíticos de los que se han obtenido aproximadamente 700 funciones de fragilidad representativas de una amplia variedad de grupos de desempeño (*PG*), así como su respectiva distribución de probabilidad de costo y tiempo de reparación”, estos anexos se enuncian en el manual FEMA P 58-3 de acuerdo con el estado de daño (*DS1*, *DS2*, *DS3*) que ha sufrido el elemento. A continuación, se muestran los daños, tiempos y costos de reparación esperados para algunos elementos estructurales.

Caso de daño	Descripción del daño		
	DS1	DS2	DS3
ACI 318 SMF, columna de concentración y fondo = 24" x 24", trabe de un lado	Las juntas presentan grietas residuales de ancho > 0,06 pulg. Sin desprendimiento significativo. Sin fractura ni pandeo del refuerzo.	Las juntas presentan grietas residuales de ancho > 0,06 in. El desprendimiento del hormigón de recubrimiento expone el refuerzo transversal de las trabes y las juntas, pero no el refuerzo longitudinal. No hay fractura ni pandeo del refuerzo.	Las juntas presentan grietas residuales de ancho > 0,06 pulgadas. El desprendimiento del hormigón de recubrimiento expone una longitud significativa del refuerzo longitudinal de la trabe. Puede producirse el aplastamiento del hormigón del núcleo. Puede producirse la fractura o el pandeo del refuerzo, lo que requiere su sustitución.
ACI 318 OMF con trabes débiles y juntas débiles, respuesta de flexión o corte de la trabe, Conc Col & Bm = 24" x 24", Viga de un lado	Las trabes presentan grietas residuales de ancho > 0,06 pulgadas. No hay desprendido significativo. No hay fractura ni pandeo del refuerzo.	Las trabes presentan grietas residuales de ancho > 0,06 in. El desprendimiento del hormigón de recubrimiento expone el refuerzo transversal de las trabes y las juntas, pero no el refuerzo longitudinal. No se observan fracturas ni pandeo del refuerzo.	Las trabes presentan grietas residuales de ancho > 0,06 in. El desprendimiento del hormigón de recubrimiento de las trabes deja expuesta una longitud significativa del refuerzo longitudinal de las trabes. Puede producirse el aplastamiento del hormigón del núcleo de las trabes. Puede producirse la fractura o el pandeo del refuerzo, lo que requerirá su sustitución.

Tabla 2. Estimación de daño asociado al *DS* para columnas y trabes FEMA P 58-3.

Elemento	TREP (JOR)		
	DS1	DS2	DS3
ACI 318 SMF, columna de concentración y fondo = 24" x 24", trabe de un lado	15.10	22.90	28.20
ACI 318 OMF con trabes débiles y juntas débiles, respuesta de flexión o corte de la trabe, Conc Col & Bm = 24" x 24", Viga de un lado	15.10	22.90	28.20

Tabla 3. TREP asociado al DS para columnas y trabes FEMA P 58-3.

Elemento	Costos de reparación (USD)		
	DS1	DS2	DS3
ACI 318 SMF, columna de concentración y fondo = 24" x 24", trabe de un lado	\$ 17,100.00	\$ 26,000.00	\$ 32,000.00
ACI 318 OMF con trabes débiles y juntas débiles, respuesta de flexión o corte de la trabe, Conc Col & Bm = 24" x 24", Viga de un lado	\$ 17,100.00	\$ 26,000.00	\$ 32,000.00

Tabla 4. CREP asociado al DS para columnas y trabes FEMA P 58-3.

3. MARCO TEORÍCO

3.1 SUBSIDENCIA

(Pacheco -Martínez 2007) define el fenómeno de subsidencia como la aparición de hundimientos graduales en el suelo, asociado a dicho hundimiento puede darse la aparición de fallas y grietas mismas que producen daños en todo tipo de infraestructura civil, desde edificaciones hasta redes de agua potable, alcantarillado, gas, entre otros. (Tomás et al. 2009) señala dos tipos de subsidencia, la endógena y la exógena la primera refiere a los movimientos terrestres asociados con procesos geológicos, mientras que el segundo término al proceso de deformación superficial relacionado con la compactación natural o antrópica de los suelos. De igual forma el autor señala como algunas causas de subsidencia “las actividades mineras, construcción de túneles, extracción de fluidos (agua, petróleo o gas), descenso del

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

nivel freático por tiempos prolongados, lavado de materiales por efecto del agua, sedimentación, consolidación de suelos blandos u orgánicos, entre otros”. Cuando esta se desarrolla sobre materiales no consolidados depositados sobre antiguas fallas geológicas o paleorelives abruptos, se produce la subsidencia diferencial (Hernandez Madrigal et al. 2015) la cual se produce de una manera no uniforme de un punto a otro en una distancia horizontal relativamente corta y se manifiesta por cambios abruptos de la pendiente natural de terreno.

3.2 PARÁMETRO DE DEMANDA

El estudio de (Ayala and Gutiérrez 2022) indica que “el daño en edificios dada una demanda sísmica se infiere a partir de variables físicas tales como distorsiones de entre piso, aceleraciones y velocidades de piso, y rotaciones de la sección transversal de los elementos, a estas variables se les ha denominado parámetros ingenieriles de demanda (EPD)”. Mientras que, en zonas de hundimiento, los daños en infraestructuras se relacionan con los cambios de deformación que se producen debido al asentamiento diferencial (IM), un buen indicador de dicho factor de deformación es la distorsión angular (θ) (Vassileva et al. 2021) la cual se define como la razón de la subsidencia diferencial en una distancia entre dos puntos de referencia, además es un criterio de cuantificación de daños de edificaciones utilizado ampliamente en ingeniería geotécnica (Fernández-Torres et al. 2025). La distorsión angular se mide en radianes o en unidades adimensionales y se expresa típicamente mediante la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{\Delta}{L}$$

Ecuación 1. Distorsión angular

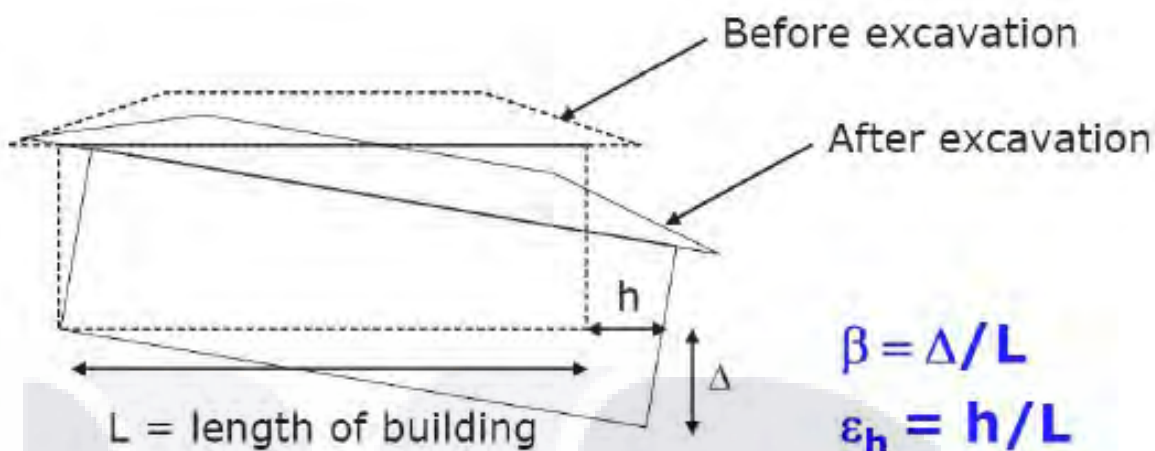


Ilustración 18 - Diagrama general de distorsión angular θ tomado de (Binesh et al. 2010)

3.2.1 NIVELES DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL

Los niveles de desempeño estructural discretos son ocupación inmediata, seguridad de vida, prevención de colapso y no considerado (FEMA. 2000).

El nivel de desempeño estructural ocupación inmediata (*IO*), se define como el *DS* posterior al terremoto que sigue siendo seguro para ocupar, esencialmente conserva la resistencia y rigidez de diseño de la estructura previas al terremoto y cumple con los criterios de aceptación especificados en esta norma para este nivel de desempeño estructural (FEMA. 2000). El nivel de desempeño estructural, ocupación inmediata, significa el *DS* posterior al terremoto en el que solo se han producido daños estructurales muy limitados. Los sistemas básicos de resistencia a las fuerzas verticales y laterales del edificio conservan casi toda su resistencia y rigidez previas al terremoto. El riesgo de lesiones que pongan en peligro la vida como resultado de daños estructurales es muy bajo y, aunque pueden ser adecuadas algunas reparaciones estructurales menores, por lo general no se requerirían antes de la reocupación.

El nivel de desempeño estructural seguridad de vida (*LS*), significa el *DS* posterior al terremoto en el que se han producido daños significativos a la estructura, pero aún queda cierto margen contra un colapso estructural parcial o total. Algunos

elementos y componentes estructurales están gravemente dañados, pero esto no ha provocado grandes peligros de caída de escombros, ni dentro ni fuera del edificio. Pueden producirse lesiones durante el terremoto; sin embargo, se espera que el riesgo general de lesiones que pongan en peligro la vida como resultado de daños estructurales sea bajo. Debería ser posible reparar la estructura; sin embargo, por razones económicas, esto puede no ser práctico. Si bien la estructura dañada no representa un riesgo inminente de colapso, sería prudente implementar reparaciones estructurales o instalar soportes temporales antes de volver a ocupar el edificio (FEMA. 2000).

El nivel de desempeño estructural prevención de colapso (*CP*), se definirá como el *DS* posterior al terremoto que incluye daños a los componentes estructurales de modo que la estructura continúa soportando cargas de gravedad, pero no conserva margen contra el colapso. El nivel de desempeño estructural, prevención de colapso, significa el *DS* posterior al terremoto en el que el edificio está al borde del colapso parcial o total. Se han producido daños sustanciales a la estructura, que pueden incluir una degradación significativa de la rigidez y la resistencia del sistema resistente a la fuerza lateral, una gran deformación lateral permanente de la estructura y, en un grado más limitado, una degradación de la capacidad de carga vertical. Sin embargo, todos los componentes significativos del sistema resistente a la carga de gravedad deben continuar soportando sus demandas de carga de gravedad. Puede existir un riesgo significativo de lesiones debido a peligros de caída de escombros estructurales. Es posible que la estructura no sea técnicamente práctica para reparar y no sea segura para su reocupación, ya que la actividad de réplicas podría inducir el colapso (FEMA. 2000).

3.3 PRINCIPIOS DEL ANÁLISIS NO LINEAL

De acuerdo con (López Hernández and Muñoz Vidal 1996) el concepto de linealidad es una idealización del comportamiento real de los materiales, esta aproximación se utiliza ampliamente en el análisis estructural, debido a que, generalmente, da

resultados suficientemente correctos y a que simplifica en gran manera los cálculos a realizar.

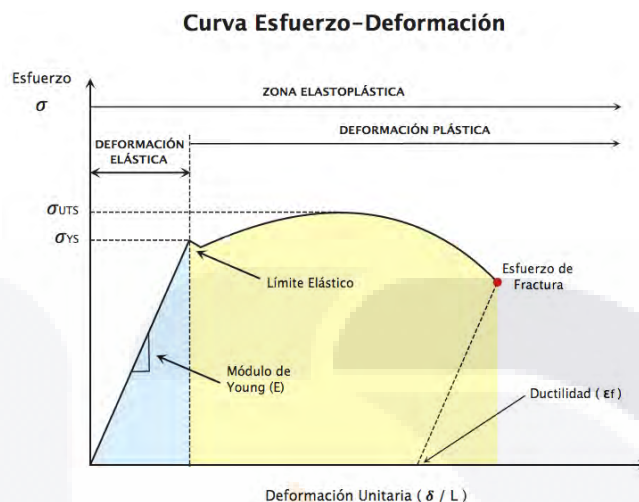


Ilustración 19. Curva esfuerzo deformación tomada de (Valdés et al. 2014)

En una curva típica esfuerzo-deformación existen tres etapas claramente definidas, “la primera etapa comprende desde el inicio del ensayo hasta aproximadamente un 30% del máximo esfuerzo de compresión f'_c , en esta etapa se observa un comportamiento lineal y se considera que el comportamiento es elástico debido a que las micro fisuras son estables y no se propagan. Después de ese límite la curva comienza a desviarse debido a la pérdida de rigidez como consecuencia de que las fisuras son más extensas. Puede considerarse que esta etapa está comprendida entre un 30% a un 75% de la resistencia f'_c aproximadamente. Un incremento de la carga en este punto causaría un estado inestable con grandes incrementos de deformación a menores aumentos de esfuerzos. El tercer estado el progresivo deterioro del material es causado básicamente por las fisuras que se producen en la pasta de cemento, estas fisuras añadidas a las fisuras que se producen en la adherencia del agregado con la pasta forman las zonas de fisuras y son evidentemente la causa principal de la falla del material” (Beas 2016).

Un modelo de plasticidad concentrada se define como aquel que considera que deformaciones se concentran en lugares designados denominados rótulas plásticas normalmente situados en los extremos del elemento Mientras que los segmentos

de barra situados entre estos puntos muestran una deformabilidad tanto axial como transversal; en consecuencia, la barra se representa por un modelo mecánico que pretende predecir el comportamiento de la curva de tensión-deformación promedio asociada a las barras de refuerzo (Andaur 2009). De acuerdo con (Núñez and García 2018) “las rótulas plásticas se pueden definir como mecanismos localizados en zonas específicas de los elementos estructurales que permiten la disipación de energía, logrando así la redistribución de acciones y junto a esto un mejor comportamiento global de la estructura, las rótulas plásticas aparecen en el instante en que el momento al que es sometido la sección sobrepasa el momento plástico de dicha sección”.

3.4 FRAGILIDAD ESTRUCTURAL

(Moreno González and Bairán García 2010) señalan que “la fragilidad de un edificio está relacionada con su vulnerabilidad y se puede cuantificar mediante curvas de fragilidad. Las curvas de fragilidad se definen como la representación gráfica de la función de distribución acumulada, de la probabilidad de alcanzar o exceder un *DS* límite específico, dada una respuesta estructural, ante una acción sísmica determinada”. El tipo y la magnitud del daño que sufrirá un componente, dado que experimenta una demanda particular, son inciertos, las funciones de fragilidad representan la probabilidad de que una estructura o elemento estructural alcance un *DS* específico bajo cierto parámetro de demanda, es decir, indican la probabilidad de sufrir daños dado un valor de demanda. Las curvas de fragilidad se obtienen mediante de distribuciones log normales, de acuerdo con (Hernández-Castillo et al. 2015) utilizando la ecuación (ATC 58-1, 1996):

$$Fi(D) = \Phi \left[\frac{\ln \left(\frac{D}{\bar{\theta}_i} \right)}{\beta_i} \right]$$

Ecuación 2. ATC 58-1, 1996

Donde:

- $Fi(D)$: Probabilidad de que la estructura alcance o exceda el *DS*.

- i : DS analizado.
- Φ : Distribución log normal acumulativa.
- θ_i : Mediana del DS i .
- β_i : Desviación estándar del DS i .
- D : Parámetro de demanda.

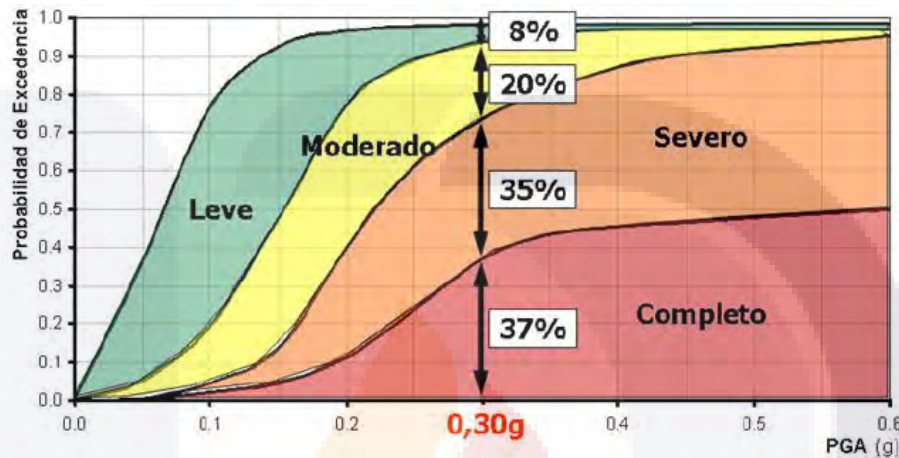


Ilustración 20. Curva de fragilidad y estados de daño tomado de (Velásquez and Blondet 2005)

3.5 ACTIVIDADES DE REPARACIÓN

Como se mencionó en apartados anteriores, el manual FEMA P-58-3 contiene una serie de actividades de reparación post-sismo, de acuerdo con el tipo de elemento afectado y el DS presentado. En el caso de daños por subsidencia no se tiene un manual especializado de donde se puedan tomar referencias para procedimientos de reparación en elementos estructurales o no estructurales, para ello, sería necesario intervenir *in situ* distintos elementos dañados de varias edificaciones afectadas por subsidencia, recabar datos de los tiempos y costos reales de obra y, a partir de ellos, proponer las distribuciones de probabilidad para estimar las duraciones y los costos de reparación. De esta forma se tendrían datos más adecuados al fenómeno de subsidencia y la región donde se atiende la problemática, sin embargo, el manual FEMA P-58-3 presenta actividades de reparación de carácter general para los estados de daño $DS1$ y $DS2$, mientras que para el $DS3$ aborda la reconstrucción del elemento; en consecuencia, su implementación se considera apropiada para aplicaciones prácticas.

3.6 TIEMPOS DE REPARACIÓN

De acuerdo con (Ayala and Gutiérrez 2022) para estimar el *TREP* se requiere definir un inventario de los elementos estructurales, no estructurales y contenidos que pueden ser susceptibles a experimentar daño, es decir, los *grupos de desempeño* (*PG*), algunos pueden ser: columnas, trabes, losas, muros, plafones, ventanas, sistemas de aire acondicionado, entre otros. Por otra parte el tiempo de recuperación *TREC* en resiliencia corresponde al periodo necesario para rehabilitar la instalación dañada y proveerle los elementos necesarios para que su funcionamiento y confort sean igual o mejor que los ofrecidos antes de ser afectada por el evento perturbador. Mientras que el *TREP* corresponde al tiempo total para la reparación de los elementos dañados de cada *PG* perteneciente al edificio analizado.

3.7 ESTIMACIÓN DE COSTOS

En el campo de la ingeniería civil, se ha empleado un enfoque sistemático en el ámbito del análisis de costos con el fin de calcular los presupuestos de los proyectos de construcción, conocido como análisis de precios unitarios (APU). Este método comienza con una descripción detallada de cada trabajo que debe ejecutarse; a continuación, le sigue la asignación de una unidad de medida específica; y culmina con una evaluación de los recursos utilizados (materiales, equipos y mano de obra), junto con la evaluación del rendimiento por unidad de medida o por unidad de tiempo relacionada con la tarea a ejecutar. En consecuencia, un precio unitario (PU) puede definirse como el gasto por unidad de medida asociado a una tarea en particular (Estrada and Meza 2015).

Adicionalmente, se cuentan con otros métodos para la estimación del presupuesto de una obra tal como los costos paramétricos, un paramétrico es un promedio de los cocientes del importe de cada proyecto entre su superficie construida.

3.8 MEDIDA DE INFLACIÓN

La subsidencia genera daños progresivos con el paso del tiempo, en ocasiones puede tardar muchos años en reportar daños visible, por ello resulta importante evaluar la inflación durante el periodo comprendido entre la construcción y la identificación de los daños. El Índice Nacional de Precios al Consumidor (*INPC*) es un indicador económico, cuya finalidad es la de medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta fija de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares. En México, el *INPC* es publicado por el INEGI, puede utilizarse para medir el crecimiento de la inflación, se utilizan índices que reflejan el crecimiento porcentual de una canasta de bienes y servicios ponderada.

Para determinar la inflación entre dos fechas, se considera el valor del índice de precios de la última fecha y se divide entre el valor de la primera. Por ejemplo, para conocer la inflación anual de la segunda quincena de octubre de 2017, se divide el índice de esta quincena entre el correspondiente a la segunda quincena de octubre de 2016. Al resultado obtenido se le resta la unidad y se multiplica por 100; de esta manera se obtiene la inflación anual del *INPC*:

- *INPC* de la segunda quincena de octubre de 2017: 96.791
- *INPC* de la segunda quincena de octubre de 2016: 90.932
- Variación en % = $(96.791 / 90.932 - 1) * 100 = 6.44$

4. METODOLOGÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

La metodología propuesta en este trabajo de investigación tiene como objetivo analizar el impacto del fenómeno de subsidencia en la resiliencia estructural de edificaciones afectadas, evaluando los parámetros tiempo de reparación (*TREP*), costo de reparación (*CREP*) y la pérdida económica estimada (*PE*).

4.2 CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio corresponde a un edificio de concreto reforzado con la siguiente configuración:

- Edificio de cuatro niveles con altura de entrepiso de 3.00 m tanto en la primera planta como en los niveles superiores.
- Cuatro columnas en el eje X espaciadas uniformemente a 8.00 m cada una.
- Cuatro columnas en el eje Y espaciadas uniformemente a 8.00 m cada una.

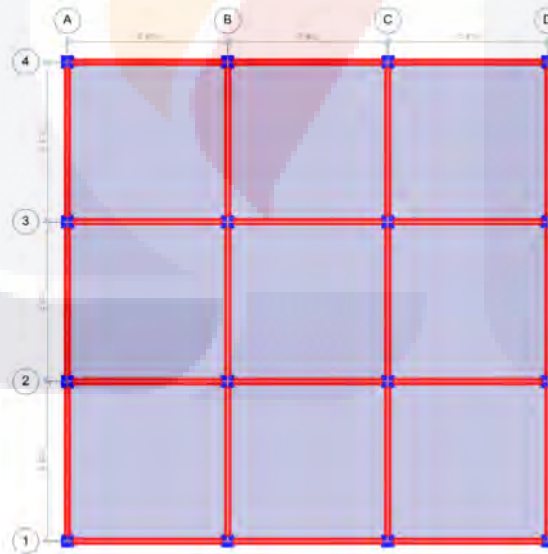


Ilustración 21. Vista en planta del edificio. Las trabes se identifican en color rojo y las columnas en color azul.

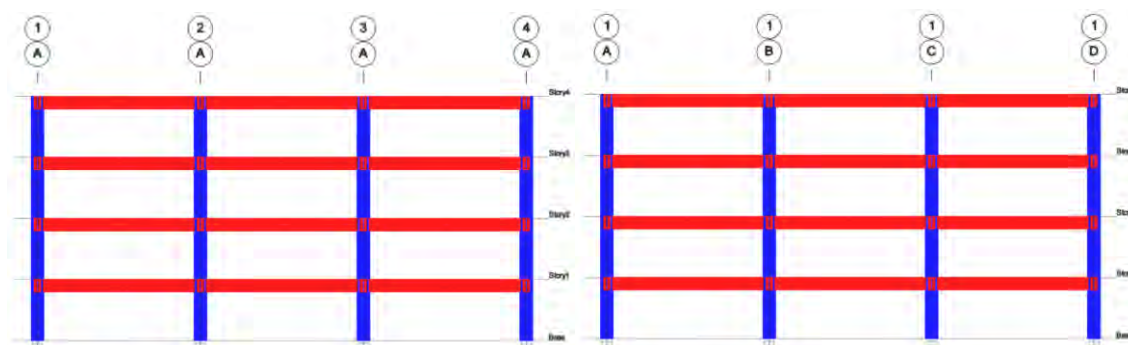


Ilustración 22. Vista lateral del edificio correspondiente al eje A y al eje 1.

Se analizarán dos grupos de desempeño, para el $PG_{COLUMNAS}$ se utilizó una sección única de 0.60 x 0.60 m, el material seleccionado fue concreto reforzado $f'_c=250$ kg/cm², para el PG_{TRABES} se definió una sección única de 0.40 x 0.60 m para las trabes, también de concreto reforzado $f'_c=250$ kg/cm². Se adoptó un sistema de losa aligerada del tipo nervada de 0.30 m de peralte total y una capa de compresión de 0.05 m hecha a base de concreto reforzado $f'_c= 250$ kg/cm² y casetón de poliestireno. El edificio se consideró de uso residencial, por lo que se aplicaron las siguientes cargas de acuerdo con el manual ASCE 7-10.

Nivel	Carga viva		Carga sobremuerta	
	psf	Kg/m ²	psf	Kg/m ²
Primer piso	40.00	195.20	20.00	97.60
Segundo piso	40.00	195.20	20.00	97.60
Tercer piso	40.00	195.20	20.00	97.60
Azotea (Roof garden)	100.00	488.00	20.00	97.60

Tabla 5. Resumen de las cargas aplicadas a los elementos estructurales, desglosadas por nivel del edificio.

El análisis *pull down* se realizó simulando una línea de falla específica, representada por el plano de falla mostrado en color rojo en la ilustración siguiente, misma que afecta la estabilidad en cinco columnas, el objetivo del análisis es evaluar los efectos que genera el hundimiento diferencial (*IM*) con la capacidad del sistema estructural.

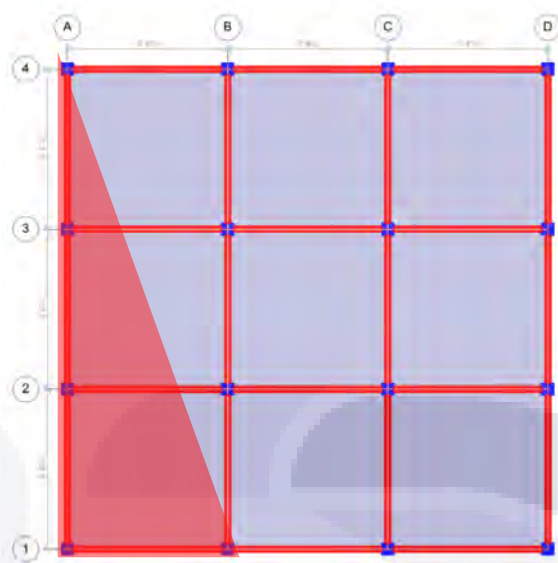


Ilustración 23. Ubicación y alcance de la falla simulada.

4.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS

El costo de la obra se estimó mediante el uso de costos paramétricos, esta metodología resulta adecuada para continuar con el alcance experimental de este trabajo de investigación, dado que permite una aproximación confiable aun cuando no se proyectó la distribución de cada una de las plantas del edificio trabajando principalmente con costos por m². Para este fin se utilizó como base el libro “Costos por metro cuadrado de construcción” (Varela Alonso 2025), asimismo, se aplicó el factor interciudad (*FIC*) propuesto por el autor para la estimación de costos en la ciudad de Aguascalientes; se tomaron en cuenta las siguientes partidas:

Clave	Partida	Unidad
CS	Cimentación y subestructura	m2
SE	Superestructura	m2
CE	Cubierta exterior	m2
CI	Construcción interior	m2
IX	Instalación mecánica	m2
IE	Instalación eléctrica	m2
CM	Complementos SHF 5	m2
ES	Especialidades	m2
CG	Condiciones generales	m2

Tabla 6. Partidas que integran el costo del edificio.

4.4 ANÁLISIS NO LINEAL

Para esta investigación se utilizó la metodología de análisis no lineal *pull down* propuesta por (Romero 2021) sin modificaciones ni adaptaciones respecto a su procedimiento original, debido a que presenta ventajas importantes para la simulación y evaluación de subsidencia en SAP2000, a partir de la definición y asignación de rotulas plásticas en los extremos de elementos tipo trabe y columna, y la aplicación incremental del desplazamiento vertical en los apoyos afectados es posible evaluar la respuesta de la estructura ante el hundimiento diferencial y conocer los elementos que son vulnerables ante esta condición. La metodología en términos generales consistió en:

1. Modelación del edificio en el software SAP2000, considerando los *PG* columna y trabe.
2. Asignación de cargas de acuerdo con la normativa vigente aplicable incluyendo carga muerta, viva y sobre muerta.
3. Análisis estático lineal bajo cargas gravitacionales para validar el comportamiento estructural bajo cargas de servicio y como análisis complementario al análisis no lineal *pull down*.
4. Definición y asignación de articulaciones plásticas en los elementos columna y trabe, para visualizar la respuesta no lineal del edificio durante el análisis *pull down*.
5. Definición del caso de carga *pull down* donde se aplican desplazamientos verticales controlados en dirección del eje -Z sobre los elementos afectados, simulando la condición de subsidencia.
6. Análisis de la respuesta estructural mediante la evaluación de la distorsión angular en los elementos estructurales e identificación del estados de daño.

4.5 CURVAS DE FRAGILIDAD

En este trabajo de investigación considera como parámetro ingenieril de demanda (*EDP*) la distorsión angular (θ) en la base del edificio, y el hundimiento máximo como medida de intensidad (*IM*). La evaluación de daños se realizará por cada elemento

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

k-ésimo perteneciente a determinado grupo de desempeño (PG) a partir de los resultados obtenidos del análisis *pull down*, es importante mencionar que la metodología de análisis *pull down* propuesta por (Romero 2021) y utilizada en este trabajo de investigación identifica y asigna de forma automática las articulaciones plásticas de cada elemento.

Para ello, se identificará el valor de EDP que provoca que determinado elemento alcance los umbrales de daño definidos (IO , LS , CP) mediante la identificación de rótulas plásticas formadas en los elementos estructurales del PG trabe o columna, mismas que indican el grado de la deformación plástica localizada en los extremos del elemento. Con los resultados obtenidos de la estimación de daños se estimara el valor medio (μ) y desviación estándar (σ) para cada caso, estas funciones de fragilidad se obtendrán mediante distribuciones log normales de acuerdo con (Chrupalo et al. 2012). Para la obtención de curvas de fragilidad se trabajará con los umbrales de desempeño IO , LS y CP provistos por el análisis no lineal *pull down* en SAP2000, posteriormente los estados de daño se definen de acuerdo con lo propuesto por (Alva Bañuelos et al. 2021):

- $DS0$: Daño nulo, la rótula se encuentra por debajo del límite establecido para ocupación inmediata (IO).
- $DS1$: Daño leve, la rótula se encuentre entre los límites IO y de seguridad de vida (LS)
- $DS2$: Daño moderado, la rótula se encuentra entre los límites LS y prevención de colapso (CP)
- $DS3$: Daño severo o fallo total, la rótula se encuentra por arriba del límite CP

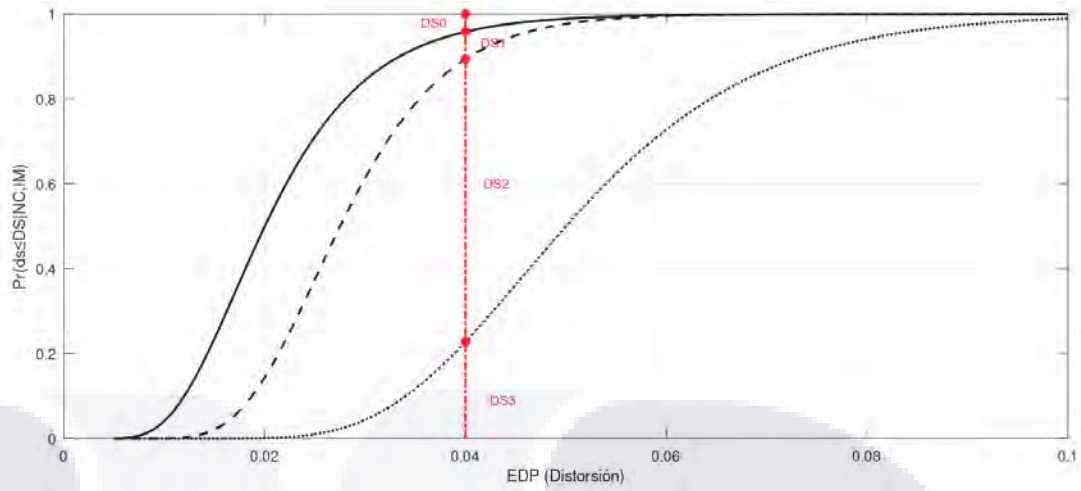


Ilustración 24. curvas de fragilidad y la probabilidad de presentar cierto DS

4.6 ESTIMACIÓN DE DAÑOS

Para la estimación de daño en cada elemento estructural se utilizó la metodología propuesta por (Ayala and Gutiérrez 2022), la primera parte consiste en estimar la probabilidad de que se presente cada DS mediante el uso de las expresiones para daño secuencial ya ambos PG analizados se comportan de esa manera.

$$Pr(DS|EDP) = \begin{cases} 1 - Pr(DS \leq ds_i | EDP = edp) & \text{si } i = 0 \\ Pr(DS \leq ds_{i+1} | EDP = edp) - Pr(DS \leq ds_i | EDP = edp) & \text{si } i \leq i \leq n_{ds} \\ Pr(DS \leq ds_i | EDP = edp) & \text{si } i = n_{ds} \end{cases}$$

Ecuación 3. $Pr(DS|EDP)$ tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

Posteriormente se estimó la probabilidad del daño del componente k -ésimo perteneciente al PG l -ésimo, mediante el uso del teorema de la probabilidad total.

$$Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) = \int_{edp_i} Pr(DS = ds_i | EDP = edp_i) pr(edp_i | NC, IM) dedp_i$$

Ecuación 4. $Pr(DS_{kl} = ds_i | NC, IM)$ tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

$Pr(DS = ds_i | EDP = edp_i)$ es la probabilidad del DS obtenida con la ecuación 3

$pr(edp_i | NC, IM)$ es la función de densidad de probabilidad del parámetro ingenieril de demanda

En el análisis *pull down* el hundimiento impuesto al edificio se definió de forma determinista, en este caso no existe incertidumbre en el parámetro $pr(edp_i | NC, IM)$

cuyo propósito es determinar la variabilidad de respuesta ante acciones sísmicas. Al conocer el valor del hundimiento (IM), se cambia el enfoque de probabilidad a uno de respuesta determinista, en el cual existe una única probabilidad asociada a cada nivel de distorsión angular (θ) resultante (EDP). Por lo tanto, la expresión ajustada para estimar la probabilidad de daño por componente se definió como:

$$Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) = \int_{edp_i} Pr(DS = ds_i | EDP = edp_i)$$

Ecuación 5. $Pr(DS_{kl} = ds_i | NC, IM)$ adaptado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

4.7 ACTIVIDADES DE REPARACIÓN

Se utilizaron las actividades de reparación propuestas por el FEMA P-58 dado que, aunque están calibradas para la intervención de estructuras luego de un sismo presentan un carácter general en términos de los procedimientos para $DS1$ y $DS2$, mientras que para $DS3$ representan la reconstrucción del elemento.

Grupo de desempeño (PG)	Actividades de reparación		
	DS1	DS2	DS3
Columna	Retire los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 8 pies de cada lado del área dañada. Limpie el área adyacente al concreto dañado. Prepare el concreto desprendido y las grietas adyacentes, según sea necesario, para parcharlas y recibir la inyección de epoxi. Parche el concreto con lechada. Reemplace y repare los acabados. Reemplace los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería según sea necesario.	Quitar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 15 pies de cada lado del área dañada. Apuntalar los elementos dañados al menos un nivel por debajo (pueden requerirse más niveles). Quitar el concreto dañado al menos 1 pulgada más allá del acero de refuerzo expuesto. Colocar los encofrados de concreto. Colocar el concreto. Quitar los encofrados. Quitar los apuntalamientos después de una semana. Reemplazar y reparar los acabados. Reemplazar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario).	Quitar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 15 pies de cada lado del componente dañado. Apuntalar los elementos dañados al menos un nivel por debajo (pueden requerirse más niveles). Quitar el componente dañado. Colocar y unir (según sea necesario) el acero de refuerzo nuevo al refuerzo existente que no esté dañado. Colocar los encofrados de hormigón. Colocar el hormigón. Quitar los encofrados. Quitar los apuntalamientos después de una semana. Reemplazar y reparar los acabados. Reemplazar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario).
Viga	Retire los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 8 pies de cada lado del área dañada. Limpie el área adyacente al concreto	Quitar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 15 pies de cada lado del área dañada. Apuntalar los elementos	Quitar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario) a 15 pies de cada lado del componente dañado. Apuntalar los elementos

dañado. Prepare el concreto desprendido y las grietas adyacentes, según sea necesario, para parcharlas y recibir la inyección de epoxi. Parche el concreto con lechada. Reemplace y repare los acabados. Reemplace los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería según sea necesario.	dañados al menos un nivel por debajo (pueden requerirse más niveles). Quitar el concreto dañado al menos 1 pulgada más allá del acero de refuerzo expuesto. Colocar los encofrados de concreto. Colocar el concreto. Quitar los encofrados. Quitar los apuntalamientos después de una semana. Reemplazar y reparar los acabados. Reemplazar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario).	dañados al menos un nivel por debajo (pueden requerirse más niveles). Quitar el componente dañado. Colocar y unir (según sea necesario) el acero de refuerzo nuevo al refuerzo existente que no esté dañado. Colocar los encofrados de hormigón. Colocar el hormigón. Quitar los encofrados. Quitar los apuntalamientos después de una semana. Reemplazar y reparar los acabados. Reemplazar los muebles, los cielorrasos y los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería (según sea necesario).
---	--	---

Tabla 7. Actividades de reparación asociadas a un *DS* para columnas y trabes FEMA P-58.

4.8 TIEMPO DE REPARACIÓN

Para estimar el *TREP* por componente se utilizó la metodología de (Ayala and Gutiérrez 2022) ya que representa un enfoque consolidado que, incluso ha sido aplicado en estudios internacionales, como el de (Olmedo-Cueva and Haro 2023). Para ello se establece una relación entre el *DS* discreto que puede experimentar cada componente y sus respectivas actividades de reparación. Se emplearon las funciones de distribución de probabilidad provistas por FEMA P-58 para estimar la probabilidad del *TREP* de cada elemento dado un *EDP* y un *DS*.

Grupo de desempeño (PG)	DS discreto (DS)	Unidad	Cantidad máxima	Distribución de probabilidad	Tiempo (días)	C.V. ó σ
Columna	DS1 (sec.)	unitario	20	Normal	15.1	0.46
	DS2 (sec.)		20	Normal	24.3	0.39
	DS3 (sec.)		20	Normal	28.9	0.39
Trabe	DS1 (sec.)	unitario	20	Normal	15.1	0.46
	DS2 (sec.)		20	Normal	24.3	0.39
	DS3 (sec.)		20	Normal	28.9	0.39

Tabla 8. Distribución de probabilidad de los tiempos de reparación FEMA P-58.

Aplicando el método de la transformación inversa, el *TREP* de cada componente se modela como una variable aleatoria:

$$t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$$

Ecuación 6. *TREP* por componente *tREP*, tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

U: variable aleatoria distribuida uniformemente que toma valores entre 0 y 1

θ : vector que contiene los parámetros de la distribución de probabilidad.

El *TREP* asociado al número de unidades u_k correspondientes al elemento k -ésimo, condicionado al daño que lo origina, se estima como:

$$\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$$

Ecuación 7. *TREP* asociado a un número de unidades tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

Se adoptó la metodología de optimización de tiempos de reparación basada en *PERT* propuesta por (Ayala and Gutiérrez 2022) dado que las funciones provistas por (FEMA 2018) fueron calibradas para que un solo trabajador ejecute todas las actividades de reparación, lo cual podría ser difícil si los daños son considerables. Para construir las actividades y eventos el autor propone las siguientes reglas:

1. Proponer un número realista de cuadrillas, y una cantidad de trabajadores n_w dentro de cada una de ellas, para realizar los trabajos de reparación del *DS* discreto que experimentó cada *PG*.
2. Asignar a cada cuadrilla la misma proporción de elementos (de forma aproximada) que desarrollaron un mismo *DS*, n_{DS_k} .
3. Para definir las actividades considérese el siguiente evento: la cuadrilla ck reparará la cantidad de elementos del conjunto $e = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ de los cuales un subconjunto se localiza en la planta r y el resto de los elementos, m , en la planta q , donde $r < q$. Entonces, las actividades que debe realizar la cuadrilla ck serán A_i^r y A_{i+1}^q (el subíndice indica el número de actividad y el superíndice el número de la planta del edificio). Estas actividades deben ser realizadas de forma secuencial por su cuadrilla correspondiente ya que la primera actividad contiene los primeros x elementos a reparar y la segunda los siguientes y elementos, asociados a las plantas q y r , respectivamente. Teniendo esto en mente, las actividades que debe realizar la cuadrilla c_k pueden definirse mediante la siguiente expresión:

$$A_i^j(PG_l, \overline{DS}_{kl}, e_i, n_w | NC, IM) \rightarrow c_k$$

Ecuación 8. Actividades de reparación, Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

4. Para todos los *PG* las reparaciones se iniciarán con las actividades cuyos elementos pertenezcan al *DS* de mayor severidad. Una vez finalizadas esas actividades se prosigue a realizar las actividades cuyos elementos correspondan a un *DS* de menor severidad, y así sucesivamente.

5. Es posible programar actividades en paralelo, realizadas por dos o más cuadrillas distintas, siempre y cuando dichas actividades estén definidas por reparaciones de elementos en el mismo *DS* y correspondan al mismo *PG*.

6. Asimismo, se considera que no hay pérdida de tiempo entre el inicio de la reparación de un elemento y la finalización de la reparación del elemento anterior. En general, el tiempo de ejecución de la actividad A_i^j dado que la estructura no colapsa ante una intensidad sísmica y a que los elementos en un *DS* particular, pertenecientes a un *PG* específico son reparados por un conjunto de trabajadores pertenecientes a la cuadrilla determinada, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$\tilde{t}_{REP, c_k} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$$

Ecuación 9. *TREP* de la actividad A. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

El *TREP* $\tilde{t}_{REP, c_k}$ se calcula como la sumatoria del *TREP* de cada elemento que experimentó el mismo *DS*, asociado al mismo *PG*, y normalizado por el número de trabajadores pertenecientes a la cuadrilla c_k .

El tiempo de inicio de algunas de las actividades depende de la finalización de una o más actividades predecesoras; en este caso el tiempo de inicio de dicha actividad corresponde al *TREP* máximo de las actividades predecesoras:

$$TI = \max (T_{A_1^j, pred}, T_{A_2^j, pred}, \dots, T_{A_n^j, pred})$$

Ecuación 10. Tiempo de inicio de las actividades. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

7. El tiempo de finalización, $TF_{A_i^j}$, de la actividad A_i^j se calcula como la suma del tiempo inicial, TI , más el $TREP$, $\tilde{t}_{REP,c_k}$. El $TREP$ máximo de todo el proyecto se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$t_{REP_{max}} = \max (T_{A_1^j}, T_{A_2^j}, \dots, T_{A_n^j} | NC, IM)$$

Ecuación 11. $TREP$ del proyecto, tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

4.9 COSTO DE REPARACIÓN

De igual forma, la estimación de costos de reparación se realizó bajo la metodología desarrollada por (Ayala and Gutiérrez 2022). El $CREP$ de una actividad se calcula con la siguiente ecuación:

$$\tilde{C}_{REP,c_k} = \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \hat{C}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k) (1 + n_w c_k \alpha)$$

Ecuación 12. $CREP$ por actividad. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

El costo total de reparación del edificio es calculado como la sumatoria de los costos de reparación de cada PG dañado,

$$C_{REP} = \beta_1 \beta_2 \varphi \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \tilde{C}_{REP,c_k}(A_i^j | NC, IM)$$

Ecuación 13. $CREP$ del edificio. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

Donde:

$\varphi = (1 + \gamma)/(1 + \delta)$ es un factor que toma en cuenta la depreciación γ y la tasa anual de descuento, aplicada a un intervalo de tiempo de t años.

β_1 toma en cuenta los precios locales y el aumento del precio de los materiales.

β_2 el aumento del costo de la mano de obra tras un terremoto potencialmente destructivo.

4.10 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS

El fenómeno de subsidencia no ocurre súbitamente, sino que es un proceso de hundimiento progresivo que puede tardar varios años en producir daños visibles.

Esto implica que tanto los daños como los efectos económicos derivados de esta problemática no se pueden concentrar en un solo momento, sino que se extienden a través del tiempo. Entonces para realizar la evaluación de pérdidas económicas asociadas a este fenómeno es inevitable el uso de funciones e indicadores de actualización financiera que permitan trasladar los costos estimados a valor presente o valor pasado, esto permite facilitar la comparación entre el costo de la alternativa de reparación y el costo inicial de la obra, lo cual permite la toma de una decisión apropiada en función de la vida útil del edificio. En esta investigación se utilizó el *INPC*, este indicador permitió trasladar los costos estimados en el año 2025 al pasado y conocer de forma aproximada cuál fue el valor original del inmueble lo cual facilita la evaluación entre distintos periodos.

Al usar el indicador *INPC*, los costos estimados pueden ser estimados en el pasado mediante la expresión:

$$V_{pasado} = V_{actual} \left(\frac{INPC_{pasado}}{INPC_{actual}} \right)$$

Ecuación 14. Estimación del valor pasado utilizando los índices *INPC*.

Donde:

V_{actual} : Valor actualizado del año de analisis

V_{pasado} : Valor historico registrado

$INPC_{actual}$: Indice nacional de precios al consumidor del año de analisis

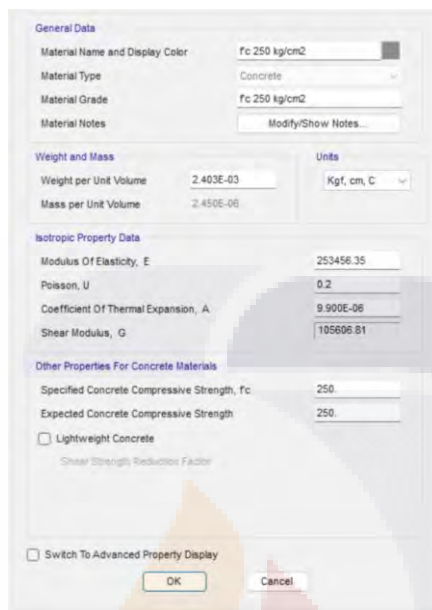
$INPC_{pasado}$: Indice nacional de precios al consumidor del costo original

5. CAMPAÑA EXPERIMENTAL

5.1 MODELADO ESTRUCTURAL

Para la definición del material concreto se asumió que cuenta con una resistencia a la compresión especificada de 250 kg/cm², al igual que una resistencia a la compresión esperada de 250 kg/cm². Para el módulo de elasticidad, módulo de

Poisson, coeficiente de expansión térmica y módulo de cortante, se utilizó el valor predeterminado para el material de concreto de SAP2000.



The screenshot shows the 'Material Properties' dialog box in SAP2000, specifically the 'General Data' and 'Isotropic Property Data' tabs. The material is defined as concrete with a compressive strength $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$. The 'Isotropic Property Data' section shows the following values: Modulus Of Elasticity, E = 253456.35; Poisson, U = 0.2; Coefficient Of Thermal Expansion, A = 9.900E-06; and Shear Modulus, G = 105606.81. The 'Other Properties For Concrete Materials' section shows 'Specified Concrete Compressive Strength, f'_c ' = 250 and 'Expected Concrete Compressive Strength' = 250. The 'Lightweight Concrete' checkbox is unchecked. The 'Switch To Advanced Property Display' checkbox is also unchecked. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Ilustración 25. Definición de las propiedades del concreto con $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ en SAP2000. Tal como se mencionó en el apartado 4.2 CASO DE ESTUDIO, se asumió que las columnas tienen una sección uniforme de $0.60 \text{ m} \times 0.60 \text{ m}$, fabricadas en concreto con una resistencia de $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, el refuerzo de la sección se definió con 8 varillas de acero $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ del #9 y estribos #4 dispuestos a cada 0.15 m , con base en la verificación realizada en el software se determinó que esta sección cumple satisfactoriamente con los criterios establecidos en la normativa aplicable.

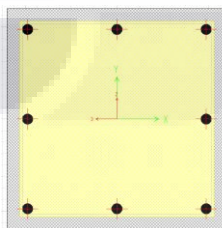


Ilustración 26. Detalle del modelado de la sección columna dentro del software SAP2000.

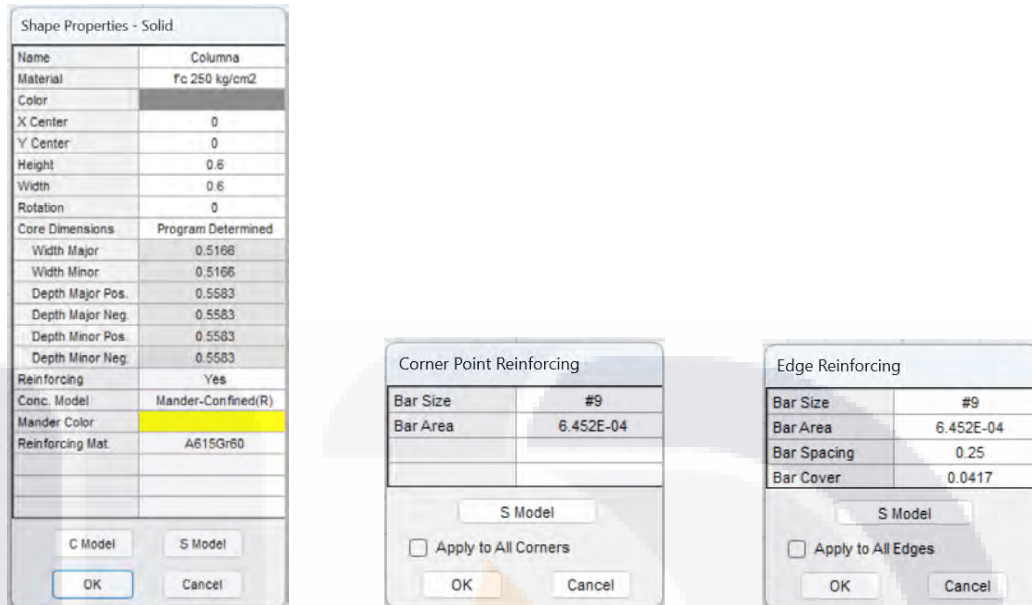


Ilustración 27. Propiedades de la sección COLUMNA definidas en el modelo de SAP2000.

Las trabes tendrán una sección uniforme de 0.40 m x 0.60 m, fabricadas en concreto con una resistencia de $f'_c=250$ kg/cm². El refuerzo de la sección se definió con 8 varillas de acero $f_y=4,200$ kg/cm² del #9 y estribos #4 dispuestos a cada 0.15 m, de igual forma, se verificó en el software que esta sección cumple satisfactoriamente con los criterios establecidos en la normativa aplicable.

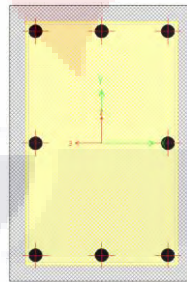


Ilustración 28. Detalle del modelado de la sección trabe dentro del software SAP2000.

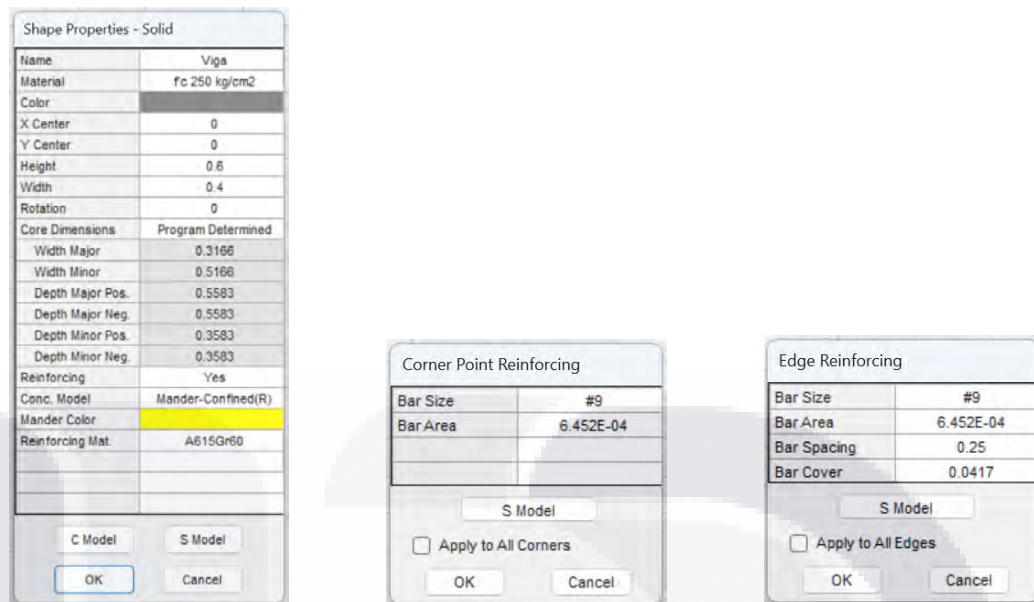


Ilustración 29. Propiedades de la sección VIGA de concreto y del refuerzo de acero definidas en el modelo de SAP2000.

Una vez definidas las propiedades de los materiales y las secciones a utilizar continuamos con el modelado de la estructura de acuerdo con las condiciones establecidas en el apartado 4.2 CASO DE ESTUDIO.

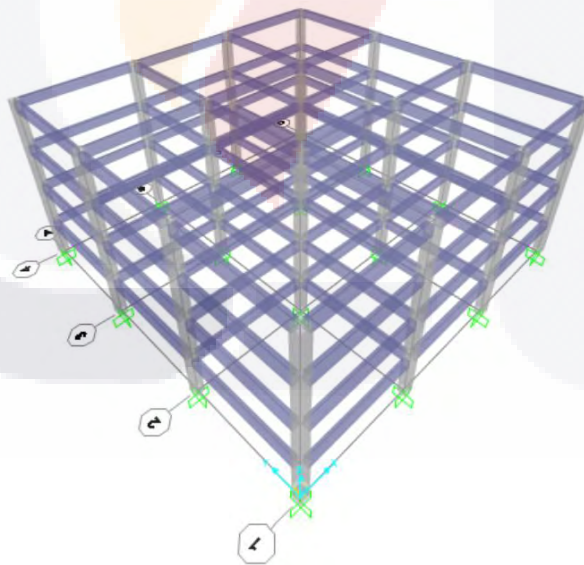


Ilustración 30. Vista isométrica del modelo estructural representado por secciones. Las columnas se muestran en color gris y las trabes en color violeta, con soportes empotrados asignados a todas las columnas.

5.2 ASIGNACIÓN DE CARGAS

Se definieron los patrones de carga que van a actuar sobre la estructura, en este caso carga muerta, carga sobre muerta, carga viva y losa nervada (el peso de la losa nervada se estimó en 515.51 kg/m2 mediante el método de la losa equivalente).

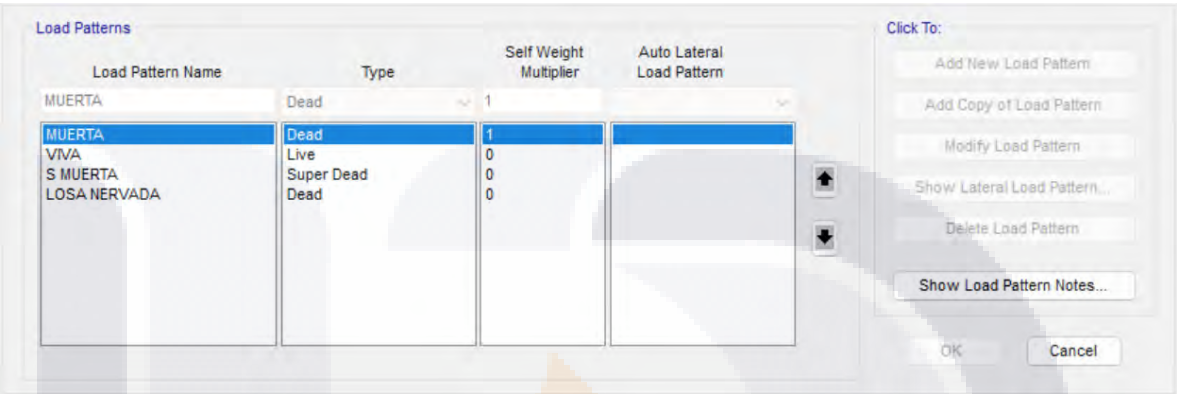


Ilustración 31. Patrones de carga a evaluar (muerta, sobre muerta, carga viva y losa nervada). Al ser un edificio simétrico, las traves de los ejes intermedios (B, C, 2 y 3) reciben una mayor área tributaria en comparación con las traves de los ejes extremos (A, D, 1 y 4). Esto se debe a que las traves intermedias soportan cargas tributarias provenientes de losas ubicadas a ambos lados, mientras que las traves de colindancia solo reciben las cargas de las losas de un solo lado. A continuación, se muestran las cargas asignadas a las traves de los ejes extremos e intermedios:

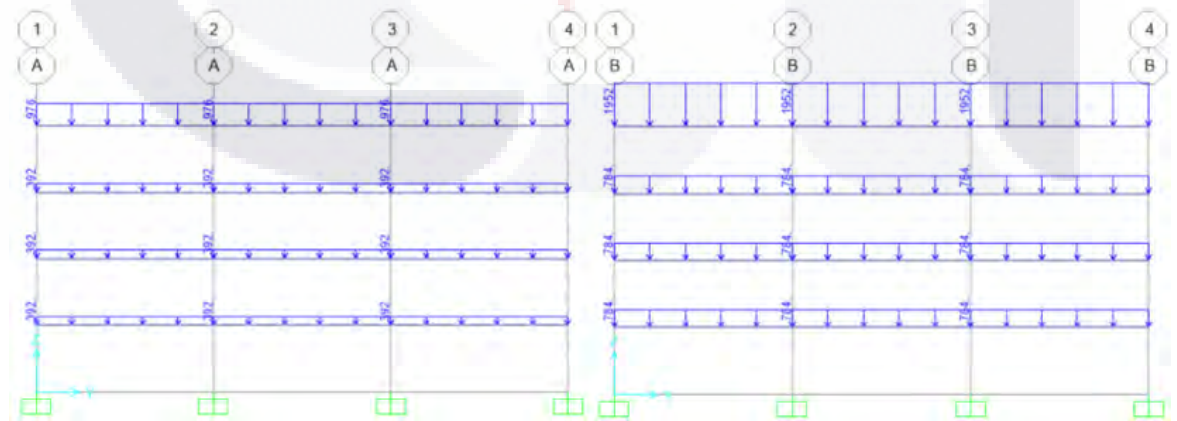


Ilustración 32. Carga viva aplicada a las traves del eje A, carga viva aplicada en eje B (kg/m)

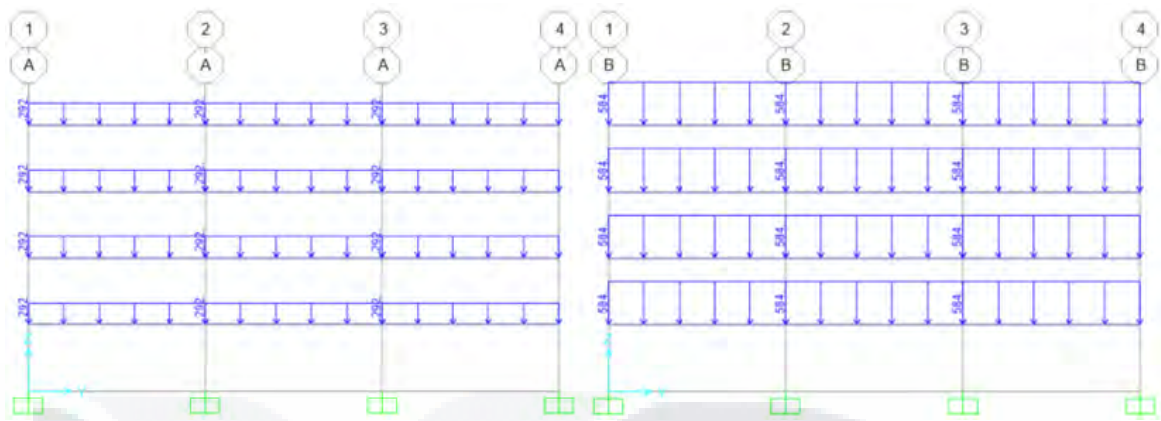


Ilustración 33. Sobrecarga muerta aplicada en eje A, Sobrecarga muerta aplicada en eje B (kg/m)

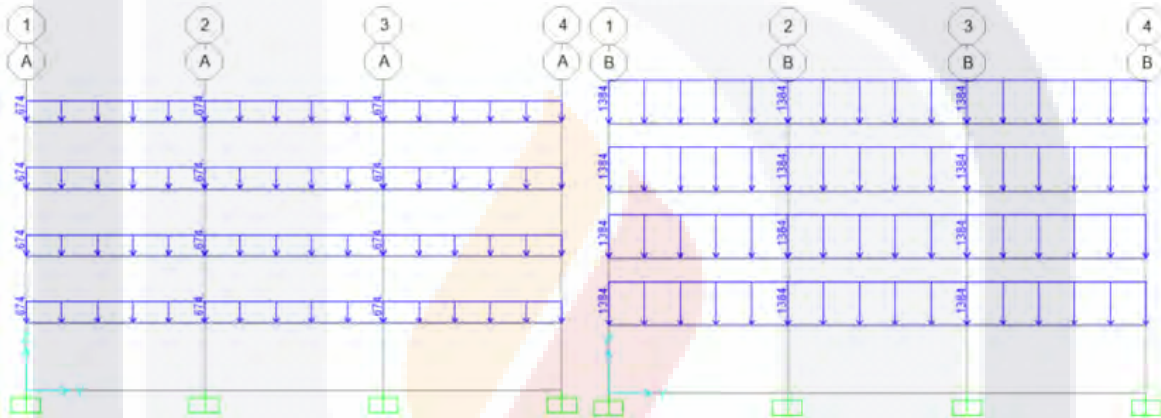


Ilustración 34. Carga por losa equivalente aplicada en eje A, carga por losa equivalente aplicada en eje B (kg/m)

5.3 ANÁLISIS CARGAS GRAVITACIONALES

A continuación se procedió con la definición del caso de carga gravitacional basado en un análisis no lineal estático, una vez establecidos y asignados los patrones de carga. El desarrollo fue siguiente:

Load Case Name: CGNL Set Def Name: Modify/Show...

Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:

- ☒ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ☐ Continue from State at End of Nonlinear Case

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	LOSA NERVADA	1.2
Load Pattern	MUERTA	1.2
Load Pattern	S MUERTA	1.2
Load Pattern	VIVA	1.6

Buttons: Add, Modify, Delete

Geometric Nonlinearity Parameters:

- ☒ None
- ☐ P-Delta
- ☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source: Previous

Other Parameters:

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Buttons: OK, Cancel

Ilustración 35. Definición de análisis no lineal CGNL.

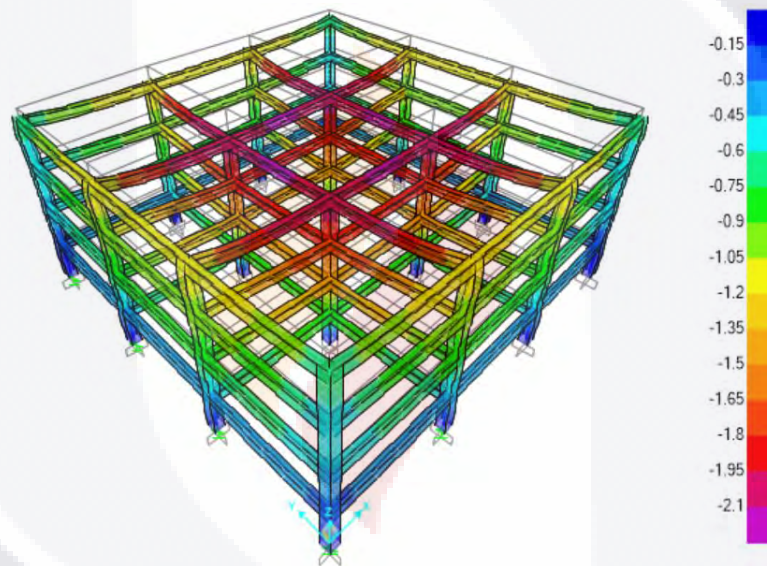


Ilustración 36. Resultados asociados a desplazamientos expresados en mm CGNL.

5.4 ARTICULACIONES PLÁSTICAS

Ilustración 37. Definición de rotulas plásticas columnas.

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.05
Auto P-M2-M3	0.95
Auto P-M2-M3	0.05

Ilustración 38. Asignación de rotulas plásticas columnas.

(Romero 2021) señala que la distancia relativa de las articulaciones plásticas se rige bajo la reglamentación del código, pero para fines de investigación se decidió usar un 5 y un 95% de la longitud de la sección. Similarmente para la definición de articulaciones plásticas en traveses se realizaron los siguientes pasos:

Auto Hinge Type

From Tables in ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

V Value From
☒ Case/Combo MODAL
☐ User Value V2

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

OK Cancel

Ilustración 39. Definición de rotulas plásticas trabes.

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Relative Distance
Auto	0.95
Auto M3	0.05
Auto M3	0.95

Add Hinge...
 Modify/Show Auto Hinge...
 Delete Hinge

Current Hinge Information
 Type: From Tables in ASCE 41-13
 Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
 DOF: M3

Options
☐ Add Specified Hinge Assigns to Existing Hinge Assigns
☒ Replace Existing Hinge Assigns with Specified Hinge Assigns

Existing Hinge Assignments on Currently Selected Frame Objects
 Number of Selected Frame Objects: 240
 Total Number of Hinges on All Selected Frame Objects: 480
 All 480 existing hinge assignments will be removed when the above hinge assignment is applied.

Fill Form with Hinges on Selected Frame Object

OK Close Apply

Ilustración 40. Asignación de rotulas plásticas trabes

5.5 ANÁLISIS NO LINEAL *PULL DOWN*

Se agregó un caso de carga donde se aplicaron las fuerzas que produzcan el hundimiento de los apoyos de acuerdo con el patrón de falla a simular, se definió con el nombre *PULL DOWN*, tipo de carga “other” y el multiplicador de peso propio en cero.

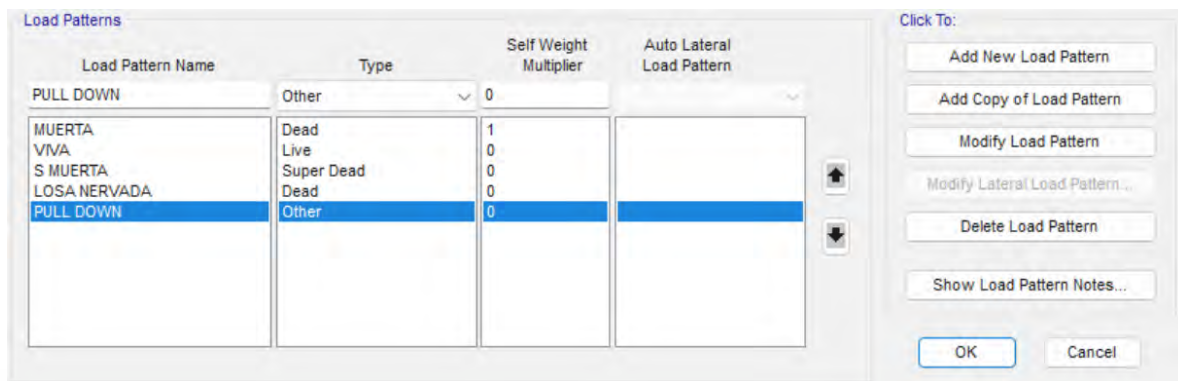


Ilustración 41. Definición de patrón de carga *pull down*

Para simular la falla propuesta se aplicaron fuerzas de tipo desplazamiento en la dirección -Z, con una magnitud de 1.20 m, dentro del parámetro que recién se acaba de crear *PULL DOWN*.

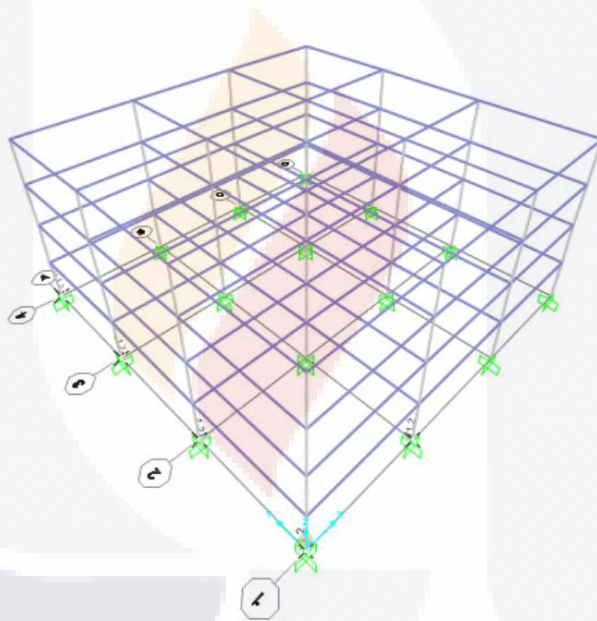


Ilustración 42. Columnas afectadas por subsidencia mediante la aplicación de desplazamiento en su base.

El análisis no lineal *pull down* (ANL *PULL DOWN*) se ejecutará posterior al análisis por cargas gravitacionales (CGNL), usando únicamente el patrón de carga *PULL DOWN* con factor de escala igual a uno.

Load Case Name
ANL PULLDOWN

Notes
Modify/Show...

Load Case Type
Static Design...

Initial Conditions
☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
☒ Continue from State at End of Nonlinear Case

Modal Load Case
All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	PULL DOWN	1.

Other Parameters
 Load Application: Displ Control
 Results Saved: Multiple States
 Nonlinear Parameters: Default

Analysis Type
☐ Linear
☒ Nonlinear

Geometric Nonlinearity Parameters
☐ None
☒ P-Delta
☐ P-Delta plus Large Displacements

Mass Source
Previous

OK Cancel

Ilustración 43. Definición del caso de carga.

El tipo de aplicación de carga será control de desplazamiento, utilizando un desplazamiento monitoreado de hasta 1.20 m, se tomará como nudo 1 como el nudo de control.

Load Application Control
☐ Full Load
☒ Displacement Control

Control Displacement
☐ Use Conjugate Displacement
☒ Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of 1.2

Monitored Displacement
☒ DOF U3 at Joint 1
☐ Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements
None

OK Cancel

Ilustración 44. Aplicación de los desplazamientos en la base.

6. RESULTADOS

6.1 RESPUESTA GENERAL

El análisis no lineal *pull down* mostró a lo largo de 19 pasos, que la estructura mantiene su integridad hasta el $EDP=7.751\%$, es decir, 0.6057 m de hundimiento diferencial, en ese momento los elementos tipo trabe presentan rotaciones plásticas próximas a su capacidad última casi al borde del colapso, por otro lado, las columnas afectadas se mantienen en un umbral de daño leve (IO) sin alcanzar niveles altos de deformación.

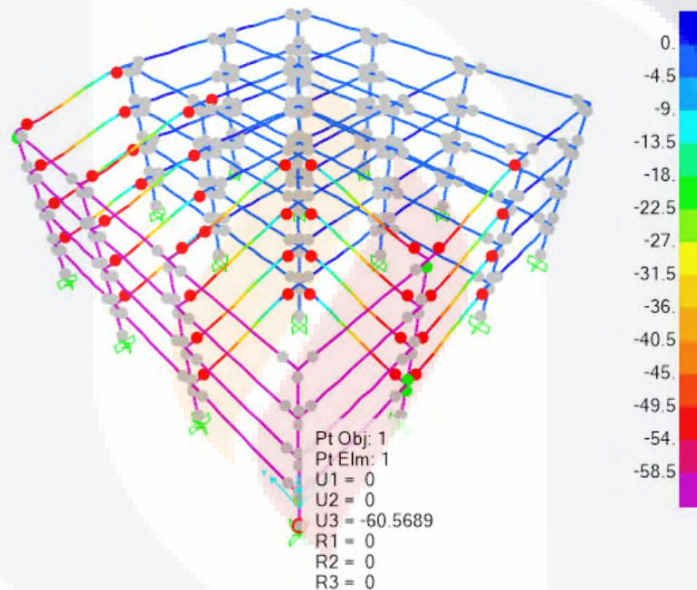


Ilustración 45. Paso 17 del análisis no lineal -60.5689 cm, previo al colapso.

Asimismo, se identificó que entre el step 2 y 3, es decir, entre 3.44 y 6.82 cm de hundimiento diferencial los elementos tipo trabe (125, 126, 127 y 128) comienzan a reportar un comportamiento no lineal.

6.2 ARTICULACIONES PLÁSTICAS

Las primeras articulaciones plásticas surgieron durante al paso 3 del análisis no lineal *pull down*, con $IM = 6.82 \text{ cm}$ en la base de las columnas afectadas por la falla simulada.

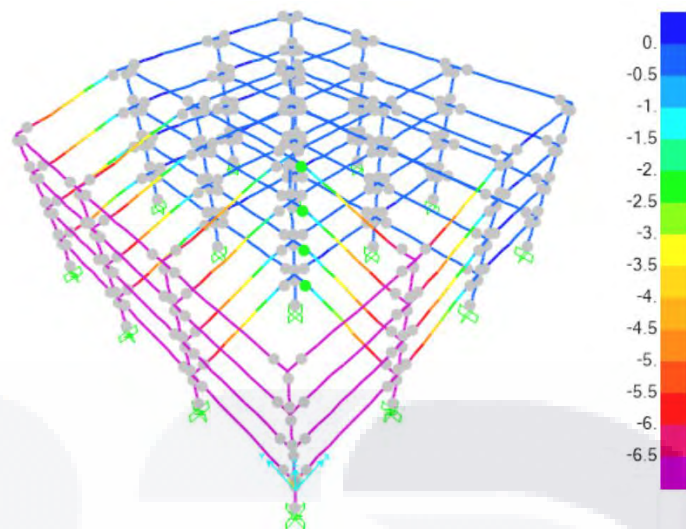


Ilustración 46. Rotulas plásticas generadas durante el step 3.

El análisis no lineal finalizó en el step 19 ($IM = 0.6057\ m$) con este nivel de hundimiento se detectaron un total de 45 rotulas plásticas distribuidas entre elementos tipo trabe y columna. A continuación, se muestra una tabla resumen con el número de elementos dañados separado por *PG*, asociado con el *EDP*.

STEP	EDP	Grupo de desempeño (PG)	
		Trabes	Columnas
1	0.113%	0.00	0.00
2	0.431%	0.00	0.00
3	0.785%	4.00	0.00
4	1.321%	20.00	0.00
5	1.738%	20.00	0.00
6	2.155%	20.00	0.00
7	2.571%	20.00	0.00
8	2.988%	20.00	0.00
9	3.405%	20.00	1.00
10	3.821%	21.00	1.00
11	4.238%	21.00	1.00
12	4.655%	21.00	1.00
13	5.071%	21.00	3.00
14	5.488%	21.00	3.00
15	5.905%	21.00	4.00
16	6.321%	21.00	4.00
17	6.738%	21.00	4.00
18	7.155%	21.00	4.00
19	7.571%	21.00	4.00

Tabla 9. Resumen elementos dañados de acuerdo con el *PG*.

En la tabla 10 se asocia el *EDP* con el umbral de daño alcanzado por cada rotula plástica, de cada elemento tipo trabe de la planta $j=1$ del edificio, en general se observó que el umbral de daño IO se alcanza bajo una condición de hundimiento

diferencial (IM) de entre 6.28 cm y 10.57 cm, de manera similar se visualizó que el umbral de daño LS se alcanza cuando IM se encuentra entre 30.57 cm y 33.90 cm, por último, el umbral de daño CP se alcanza cuando IM se sitúa entre 33.90 cm y 40.57 cm.

STEP	Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular (%)	Planta (j)	Elemento (i)	PG	Umbral de daño rótula izquierda	Umbral de daño rótula derecha
3	0.0628	0.785%	1	125	TRABE	-	IO
4	0.1057	1.321%	1	69	TRABE	IO	IO
4	0.1057	1.321%	1	77	TRABE	IO	IO
4	0.1057	1.321%	1	89	TRABE	IO	IO
4	0.1057	1.321%	1	101	TRABE	IO	IO
4	0.1057	1.321%	1	125	TRABE	IO	-
10	0.3057	3.821%	1	69	TRABE	-	LS
10	0.3057	3.821%	1	77	TRABE	-	LS
10	0.3057	3.821%	1	89	TRABE	-	LS
10	0.3057	3.821%	1	101	TRABE	-	LS
10	0.3057	3.821%	1	125	TRABE	-	LS
11	0.3390	4.238%	1	69	TRABE	LS	-
11	0.3390	4.238%	1	77	TRABE	LS	-
11	0.3390	4.238%	1	89	TRABE	LS	-
11	0.3390	4.238%	1	101	TRABE	LS	-
11	0.3390	4.238%	1	125	TRABE	LS	-
11	0.3390	4.238%	1	125	TRABE	-	CP
12	0.3724	4.655%	1	69	TRABE	-	CP
12	0.3724	4.655%	1	77	TRABE	-	CP
12	0.3724	4.655%	1	89	TRABE	-	CP
12	0.3724	4.655%	1	101	TRABE	-	CP
13	0.4057	5.071%	1	125	TRABE	CP	-
13	0.4057	5.071%	1	69	TRABE	CP	-
13	0.4057	5.071%	1	77	TRABE	CP	-
13	0.4057	5.071%	1	89	TRABE	CP	-
13	0.4057	5.071%	1	101	TRABE	CP	-

Tabla 10. DS alcanzado asociado al EDP por elemento planta $j=1$.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las plantas $j=2$. Se observó que el umbral de daño IO se alcanza cuando IM está entre 6.28 cm y 10.57 cm. El umbral de daño LS se alcanzó con IM entre 30.57 cm y 33.90 cm, mientras que el umbral de daño CP se alcanzó cuando IM se sitúa entre 33.90 cm y 40.57 cm. Se observó que la planta $j=1$ y $j=2$, presentan comportamientos idénticos.

STEP	Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular (%)	Planta (j)	Elemento (i)	PG	Umbral de daño rótula izquierda	Umbral de daño rótula derecha
3	0.0628	0.00785	2	126	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	2	70	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	2	78	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	2	90	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	2	102	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	2	126	TRABE	IO	-
10	0.3057	0.03821	2	70	TRABE	-	LS
10	0.3057	0.03821	2	78	TRABE	-	LS
10	0.3057	0.03821	2	90	TRABE	-	LS
10	0.3057	0.03821	2	126	TRABE	-	LS

11	0.339	0.04238	2	70	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	2	78	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	2	90	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	2	102	TRABE	LS	LS
11	0.339	0.04238	2	126	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	2	126	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	2	70	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	2	78	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	2	90	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	2	102	TRABE	-	CP
13	0.4057	0.05071	2	70	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	2	78	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	2	90	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	2	102	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	2	126	TRABE	CP	-

Tabla 11. *DS* alcanzado asociado al *EDP* por elemento planta j=2.

Las trabes del piso j=3 presentaron un comportamiento diferente a las trabes de los niveles anteriores dado que, el umbral de daño IO se obtuvo cuando *IM* se encuentra entre 6.28 cm y 13.90 cm, el umbral de daño LS se alcanzó cuando *IM* se encuentra entre 30.57 cm y 33.90 cm, mientras que el umbral de daño CP con *IM* entre 33.90 cm y 40.57 cm.

STEP	Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular (%)	Planta (j)	Elemento (i)	PG	Umbral de daño rótula izquierda	Umbral de daño rótula derecha
3	0.0628	0.00785	3	127	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	3	71	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	3	79	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	3	91	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	3	103	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	3	127	TRABE	IO	-
5	0.139	0.01738	3	91	TRABE	IO	-
10	0.3057	0.03821	3	79	TRABE	-	LS
10	0.3057	0.03821	3	91	TRABE	-	LS
10	0.3057	0.03821	3	127	TRABE	-	LS
11	0.339	0.04238	3	71	TRABE	LS	LS
11	0.339	0.04238	3	79	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	3	91	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	3	103	TRABE	LS	LS
11	0.339	0.04238	3	127	TRABE	LS	-
11	0.339	0.04238	3	127	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	3	71	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	3	79	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	3	91	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	3	127	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	3	71	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	3	79	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	3	91	TRABE	CP	-
13	0.4057	0.05071	3	103	TRABE	CP	CP

Tabla 12. *DS* alcanzado asociado al *EDP* por elemento planta j=3.

Por último se muestra el comportamiento de la planta j=4, donde el umbral de daño IO se obtuvo cuando *IM* se encuentra entre 6.28 cm y 13.90 cm, el umbral de daño LS se alcanzó cuando *IM* se encuentra entre 30.57 cm y 40.57 cm, mientras que el

umbral de daño CP se alcanzó cuando IM se encuentra entre 30.57 cm y 47.24 cm, mostrando un comportamiento diferente a los niveles $j= 1, 2$ y 3 .

STEP	Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular (%)	Planta (j)	Elemento (i)	PG	Umbral de daño rótula izquierda	Umbral de daño rótula derecha
3	0.0628	0.00785	4	128	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	4	72	TRABE	IO	IO
4	0.1057	0.01321	4	80	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	4	92	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	4	104	TRABE	-	IO
4	0.1057	0.01321	4	128	TRABE	IO	-
5	0.139	0.01738	4	80	TRABE	IO	-
5	0.139	0.01738	4	92	TRABE	IO	-
5	0.139	0.01738	4	104	TRABE	IO	-
10	0.3057	0.03821	4	128	TRABE	-	LS
11	0.339	0.04238	4	72	TRABE	-	LS
11	0.339	0.04238	4	80	TRABE	-	LS
11	0.339	0.04238	4	92	TRABE	-	LS
11	0.339	0.04238	4	104	TRABE	-	LS
12	0.3724	0.04655	4	72	TRABE	LS	-
12	0.3724	0.04655	4	128	TRABE	LS	-
13	0.4057	0.05071	4	80	TRABE	LS	-
13	0.4057	0.05071	4	92	TRABE	LS	-
13	0.4057	0.05071	4	104	TRABE	LS	-
10	0.3057	0.03821	4	96	TRABE	CP	-
12	0.3724	0.04655	4	80	TRABE	-	CP
12	0.3724	0.04655	4	128	TRABE	-	CP
13	0.4057	0.05071	4	72	TRABE	-	CP
13	0.4057	0.05071	4	92	TRABE	-	CP
13	0.4057	0.05071	4	104	TRABE	CP	CP
14	0.439	0.05488	4	72	TRABE	CP	-
14	0.439	0.05488	4	80	TRABE	CP	-
14	0.439	0.05488	4	128	TRABE	CP	-
15	0.4724	0.05905	4	92	TRABE	CP	-

Tabla 13. DS alcanzado asociado al EDP por elemento planta $j=4$.

A continuación, se presenta la tabla que asocia el EDP con el umbral de daño en las columnas, en el caso de este PG el análisis no lineal reveló que no desarrollan un umbral de daño superior al de IO. De forma contraria al PG_{TRABES} , el conjunto de elementos dañados en columnas es relativamente bajo para construir funciones de fragilidad por cada planta, sin embargo, se cuenta con los datos suficientes para generar las curvas para todo el edificio.

STEP	Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular (%)	Planta (j)	Elemento	Grupo de elementos	Rotula izquierda	Rotula derecha
9	0.2724	3.405%	2	18	COLUMNA	-	IO
12	0.3724	4.655%	1	17	COLUMNA	IO	-
13	0.4057	5.071%	4	20	COLUMNA	IO	-
15	0.4724	5.905%	4	16	COLUMNA	IO	-

Tabla 14. DS alcanzado asociado al EDP por elemento plantas $j=1,2$ y 4 .

6.3 ANÁLISIS DE FRAGILIDAD

Las curvas de fragilidad se obtuvieron mediante la evaluación del umbral de daño que desarrolla el elemento k -ésimo de cada PG ante un valor determinado de EDP . Para evitar subestimar o sobreestimar el nivel de daño en un PG , se elaboraron curvas de fragilidad para según la planta j en la que se encuentren localizadas dado que el análisis no lineal reveló comportamientos distintos, los parámetros obtenidos para IO , LS y CP para cada planta j se muestran en la tabla 15.

Grupo de desempeño (PG)	Planta (j)	EDP	Umbral de daño	Distribución de probabilidad	μ	σ
Trabes	1	Distorsión angular	IO	Lognormal	0.0245	0.0081
		Distorsión angular	LS	Lognormal	0.0424	0.0031
		Distorsión angular	CP	Lognormal	0.0555	0.0058
	2	Distorsión angular	IO	Lognormal	0.0247	0.0082
		Distorsión angular	LS	Lognormal	0.0426	0.0030
		Distorsión angular	CP	Lognormal	0.0555	0.0058
	3	Distorsión angular	IO	Lognormal	0.0251	0.0083
		Distorsión angular	LS	Lognormal	0.0429	0.0029
		Distorsión angular	CP	Lognormal	0.0555	0.0058
	4	Distorsión angular	IO	Lognormal	0.0278	0.0097
		Distorsión angular	LS	Lognormal	0.0463	0.0044
		Distorsión angular	CP	Lognormal	0.0561	0.0062

Tabla 15. Parámetros de la distribución de probabilidad PG trabes.

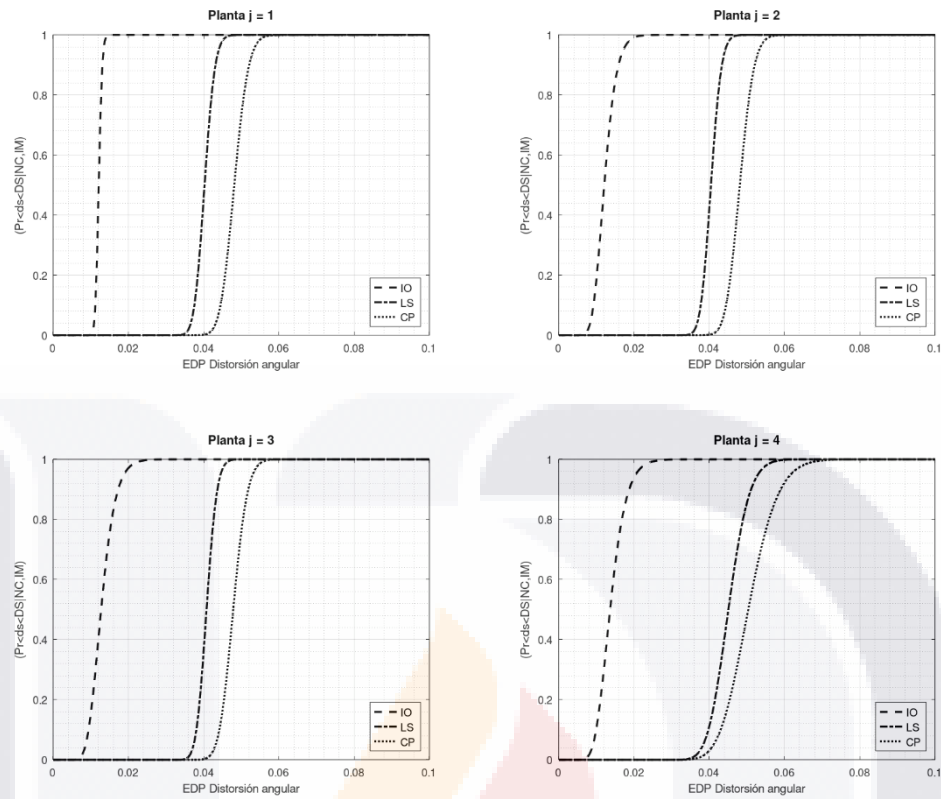


Ilustración 47. Curvas de fragilidad para columnas de acuerdo con su localización j .

En el caso del PG_{COLUMNAS} , se identificó que no desarrollan un umbral de daño mayor al IO , los parámetros obtenidos se muestran en la tabla 16.

Grupo de desempeño (PG)	Planta (j)	EDP	Umbral de daño	Distribución de probabilidad	μ	σ
Columnas	1	Distorsión angular	IO	Lognormal	0.0475	0.0104

Tabla 16. Parámetros de la distribución de probabilidad PG columnas.

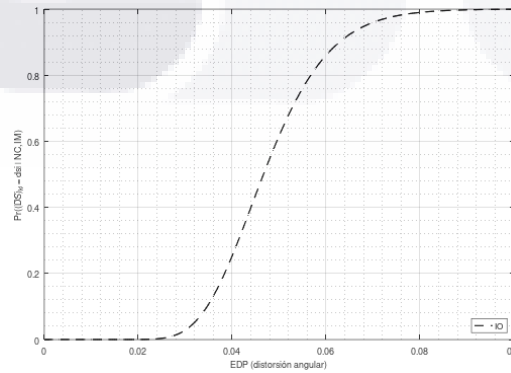


Ilustración 48. Curva de fragilidad para PG columnas.

6.4 ESTIMACIÓN DEL COSTO DEL EDIFICIO

Para la estimación del costo de construcción del edificio se tomaron como referencia los costos propuestos para un edificio de departamentos de 1 a 4 niveles en la categoría socioeconómica 5 de acuerdo con la clasificación del autor (Varela Alonso 2025). Se consideraron acabados de calidad media-alta, instalaciones eléctricas y sanitarias estándar, así como las partidas cimientos, estructura, albañilería, acabados interiores y exteriores, mano de obra, etc. Dado que dichos costos están referidos a la Ciudad de México, fue necesario utilizar el factor interciudad (*FIC*) para la ciudad de Aguascalientes.

Como se mencionó en el apartado 4.4 caso de estudio el edificio está compuesto por 4 niveles y un roof garden, cada uno ocupa un área de 24 m × 24 m, equivalentes a 576 m² por planta, es decir, un total de 2,880 m² de construcción. Cabe mencionar que, aunque (Varela Alonso 2025) define sus costos para edificaciones de hasta cuatro niveles, en este cálculo se asumió que el roof garden tiene un costo por m² equivalente al resto de los niveles. Utilizando y ajustando los costos propuestos por (Varela Alonso 2025) el costo por m² para un edificio de departamentos de 1 a 4 niveles en la categoría mencionada, desplantado en la CDMX es de \$19,764.55.

$$\text{Costo bruto (CDMX)} = 2\,880\,m^2 \times \$19,764.55/m^2 = \$56,921,904.00\,MXN.$$

Ecuación 15. Costo estimado para el edificio en CDMX

El tomando en cuenta el *FIC* propuesto para la ciudad de Aguascalientes de 0.897, lo cual refleja que, en promedio los insumos y la mano de obra en AGS tienen un menor costo a comparación con CDMX para una misma calidad de construcción.

$$\text{Costo ajustado (AGS)} = \$56,921,904.00\,MXN \times 0.897 = \$51,058,947.89\,MXN$$

Ecuación 16. Costo estimado del edificio para la ciudad de Aguascalientes.

Para comparar este costo de construcción con los costos de reparación establecidos en el manual FEMA P-58 el cual reporta sus montos en dólares americanos, se ajusta el total a USD, en este caso se utilizó un tipo de cambio promedio reciente de 1 USD = 20 MXN (aproximadamente el valor vigente durante el año 2025).

$$\text{Costo USD} = \$51,058,947.89 \text{ MXN} = \$2,552,947.39 \text{ USD}$$

Ecuación 17. Costo estimado del edificio en Aguascalientes (USD)

Al expresarlo en USD, se facilita la comparación con las tarifas de reparación o reconstrucción de elementos estructurales del manual FEMA P-58.

6.5 ANÁLISIS DE TIEMPO DE REPARACIÓN

El análisis de *TREP* se realizó para cada uno de los *EDP* obtenidos a partir del análisis no lineal *pull down*, es decir, $EDP_{\theta} = \{0.113\%, 0.431\%, 0.853\%, 1.321\%, 1.738\%, 2.155\%, 2.571\%, 2.988\%, 3.405\%, 3.821\%, 4.238\%, 4.655\%, 5.071\%, 5.488\%, 5.905\%, 6.321\%, 6.738\%, 7.155\%, 7.571\%\}$.

6.5.1 GRUPO DE DESEMPEÑO TRABES

EDP 0.853%

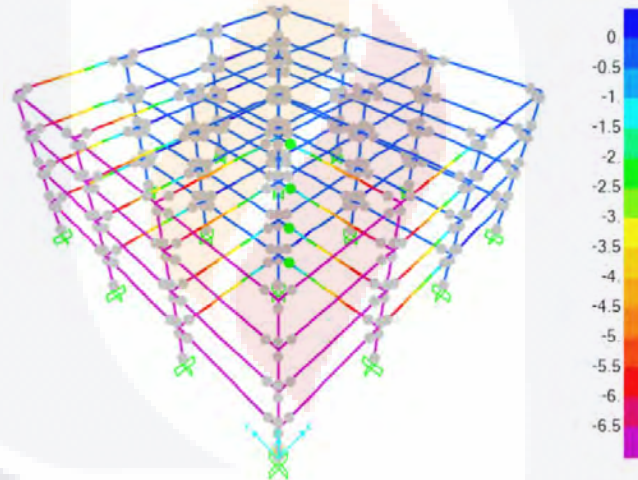


Ilustración 49. Estado general de la estructura con 0.853% de distorsión angular.

A continuación, se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} , mediante la expresión ajustada para el análisis por riesgo de subsidencia en el apartado 4.8 de este trabajo de investigación. Asimismo, se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i NC, IM)$				$[\overline{DS}_{kl} = ds_i NC, EDP, IM]$
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.0682	125	1	TRABE	0.95	0.05	0.00	0.00	0.05
0.0682	126	2	TRABE	0.95	0.05	0.00	0.00	0.05

0.0682	127	3	TRABE	0.96	0.04	0.00	0.00	0.04
0.0682	128	4	TRABE	0.97	0.03	0.00	0.00	0.03

Tabla 17. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=0.853\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U \theta)$				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.0682	125	1	TRABE	0.04	-1.71	14.31	23.63	28.23
0.0682	126	2	TRABE	0.76	0.70	15.42	24.57	29.17
0.0682	127	3	TRABE	0.66	0.43	15.30	24.47	29.07
0.0682	128	4	TRABE	0.87	1.13	15.62	24.74	29.34

Tabla 18. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=0.853\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i NC, IM) \cdot u_k$					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.0682	125	1	TRABE	0.71	0.00	0.00	0.71	1.00	0.71
0.0682	126	2	TRABE	0.76	0.00	0.00	0.76	1.00	0.76
0.0682	127	3	TRABE	0.69	0.00	0.00	0.69	1.00	0.69
0.0682	128	4	TRABE	0.44	0.00	0.00	0.44	1.00	0.44
							0.65	4.00	2.59

Tabla 19. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=0.853\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este EDP se consideró una cuadrilla, compuesta por un único trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{A_i^j \in c_k} \hat{t}_{EP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 2.59 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$\tilde{t}_{REP,ck}$			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.0682	125	1	TRABE	0.71	1.00	1.00	0.71
0.0682	126	2	TRABE	0.76	1.00	1.00	0.76
0.0682	127	3	TRABE	0.69	1.00	1.00	0.69
0.0682	128	4	TRABE	0.44	1.00	1.00	0.44
				2.59			2.59

Tabla 20. $TREP$ total para el $edp=0.853\%$.

EDP 1.321%

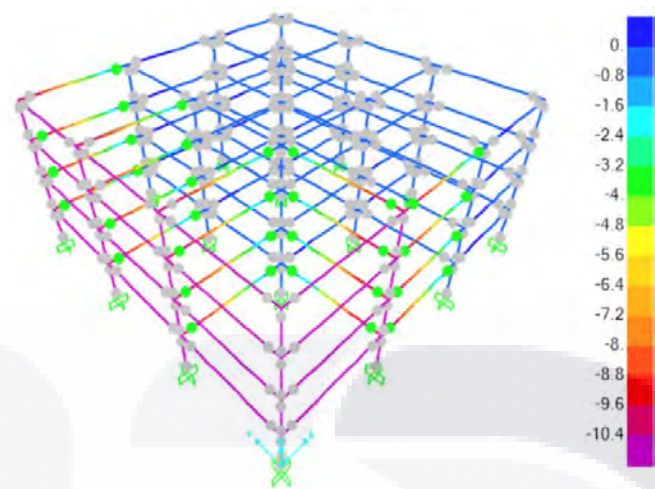


Tabla 21. Estado general de la estructura con 1.321% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=1.321\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i NC,IM)$				$[\overline{DS}_{kl} = ds_i NC,EDP,IM]$
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.1057	69	1	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	77	1	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	89	1	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	101	1	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	125	1	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	70	2	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	78	2	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	90	2	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	102	2	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	126	2	TRABE	0.34	0.66	0.00	0.00	0.66
0.1057	71	3	TRABE	0.44	0.56	0.00	0.00	0.56
0.1057	79	3	TRABE	0.44	0.56	0.00	0.00	0.56
0.1057	91	3	TRABE	0.44	0.56	0.00	0.00	0.56
0.1057	103	3	TRABE	0.44	0.56	0.00	0.00	0.56
0.1057	127	3	TRABE	0.44	0.56	0.00	0.00	0.56
0.1057	72	4	TRABE	0.55	0.45	0.00	0.00	0.45
0.1057	80	4	TRABE	0.55	0.45	0.00	0.00	0.45
0.1057	92	4	TRABE	0.55	0.45	0.00	0.00	0.45
0.1057	104	4	TRABE	0.55	0.45	0.00	0.00	0.45
0.1057	128	4	TRABE	0.55	0.45	0.00	0.00	0.45

Tabla 22. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=1.321\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U \theta)$				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.1057	69	1	TRABE	0.47	-0.07	15.07	24.27	28.87
0.1057	77	1	TRABE	0.95	1.60	15.84	24.92	29.52
0.1057	89	1	TRABE	0.22	-0.77	14.75	24.00	28.60
0.1057	101	1	TRABE	0.90	1.27	15.69	24.80	29.40
0.1057	125	1	TRABE	0.41	-0.23	15.00	24.21	28.81
0.1057	70	2	TRABE	0.16	-0.98	14.65	23.92	28.52
0.1057	78	2	TRABE	0.20	-0.85	14.71	23.97	28.57
0.1057	90	2	TRABE	0.66	0.40	15.29	24.46	29.06
0.1057	102	2	TRABE	0.27	-0.61	14.82	24.06	28.66
0.1057	126	2	TRABE	0.52	0.05	15.12	24.32	28.92
0.1057	71	3	TRABE	0.91	1.32	15.71	24.81	29.41
0.1057	79	3	TRABE	0.44	-0.15	15.03	24.24	28.84
0.1057	91	3	TRABE	0.17	-0.96	14.66	23.93	28.53
0.1057	103	3	TRABE	0.97	1.91	15.98	25.04	29.64
0.1057	127	3	TRABE	0.57	0.19	15.19	24.37	28.97
0.1057	72	4	TRABE	0.46	-0.10	15.06	24.26	28.86
0.1057	80	4	TRABE	0.21	-0.82	14.72	23.98	28.58
0.1057	92	4	TRABE	0.62	0.31	15.24	24.42	29.02
0.1057	104	4	TRABE	0.72	0.58	15.37	24.53	29.13
0.1057	128	4	TRABE	0.49	-0.03	15.09	24.29	28.89

Tabla 23. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=1.321\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i NC, IM) \cdot u_k$					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.1057	69	1	TRABE	9.92	0.00	0.00	9.92	1.00	9.92
0.1057	77	1	TRABE	10.43	0.00	0.00	10.43	1.00	10.43
0.1057	89	1	TRABE	9.71	0.00	0.00	9.71	1.00	9.71
0.1057	101	1	TRABE	10.33	0.00	0.00	10.33	1.00	10.33
0.1057	125	1	TRABE	9.87	0.00	0.00	9.87	1.00	9.87
0.1057	70	2	TRABE	9.64	0.00	0.00	9.64	1.00	9.64
0.1057	78	2	TRABE	9.68	0.00	0.00	9.68	1.00	9.68
0.1057	90	2	TRABE	10.06	0.00	0.00	10.06	1.00	10.06
0.1057	102	2	TRABE	9.76	0.00	0.00	9.76	1.00	9.76
0.1057	126	2	TRABE	9.96	0.00	0.00	9.96	1.00	9.96
0.1057	71	3	TRABE	8.78	0.00	0.00	8.78	1.00	8.78
0.1057	79	3	TRABE	8.40	0.00	0.00	8.40	1.00	8.40
0.1057	91	3	TRABE	8.20	0.00	0.00	8.20	1.00	8.20
0.1057	103	3	TRABE	8.93	0.00	0.00	8.93	1.00	8.93
0.1057	127	3	TRABE	8.49	0.00	0.00	8.49	1.00	8.49
0.1057	72	4	TRABE	6.72	0.00	0.00	6.72	1.00	6.72
0.1057	80	4	TRABE	6.57	0.00	0.00	6.57	1.00	6.57
0.1057	92	4	TRABE	6.80	0.00	0.00	6.80	1.00	6.80

0.1057	104	4	TRABE	6.85	0.00	0.00	6.85	1.00	6.85
0.1057	128	4	TRABE	6.73	0.00	0.00	6.73	1.00	6.73
							8.79	20.00	175.84

Tabla 24. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=1.321%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp* se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 43.96 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.1057	69	1	TRABE	9.92	1.00	4.00	2.48
0.1057	77	1	TRABE	10.43	1.00	4.00	2.61
0.1057	89	1	TRABE	9.71	1.00	4.00	2.43
0.1057	101	1	TRABE	10.33	1.00	4.00	2.58
0.1057	125	1	TRABE	9.87	1.00	4.00	2.47
0.1057	70	2	TRABE	9.64	1.00	4.00	2.41
0.1057	78	2	TRABE	9.68	1.00	4.00	2.42
0.1057	90	2	TRABE	10.06	1.00	4.00	2.52
0.1057	102	2	TRABE	9.76	1.00	4.00	2.44
0.1057	126	2	TRABE	9.96	1.00	4.00	2.49
0.1057	71	3	TRABE	8.78	1.00	4.00	2.20
0.1057	79	3	TRABE	8.40	1.00	4.00	2.10
0.1057	91	3	TRABE	8.20	1.00	4.00	2.05
0.1057	103	3	TRABE	8.93	1.00	4.00	2.23
0.1057	127	3	TRABE	8.49	1.00	4.00	2.12
0.1057	72	4	TRABE	6.72	1.00	4.00	1.68
0.1057	80	4	TRABE	6.57	1.00	4.00	1.64
0.1057	92	4	TRABE	6.80	1.00	4.00	1.70
0.1057	104	4	TRABE	6.85	1.00	4.00	1.71
0.1057	128	4	TRABE	6.73	1.00	4.00	1.68
				175.84			43.96

Tabla 25. *TREP* total para el *edp*=1.321%.

EDP 1.738%

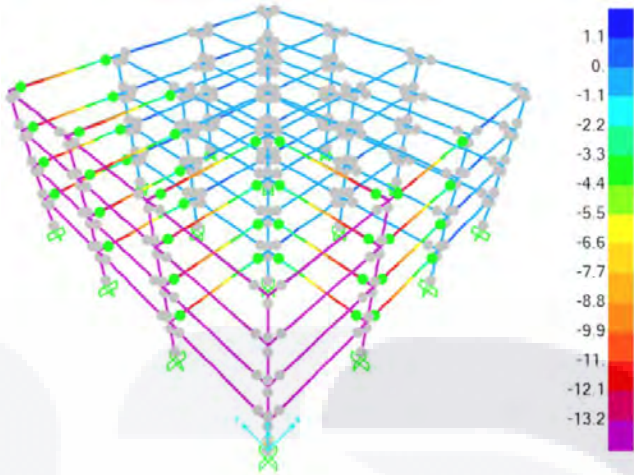


Ilustración 50. Estado general de la estructura con 1.738% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=1.738\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.139	69	1	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	77	1	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	89	1	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	101	1	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	125	1	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	70	2	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	78	2	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	90	2	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	102	2	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	126	2	TRABE	0.04	0.96	0.00	0.00	0.96
0.139	71	3	TRABE	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.139	79	3	TRABE	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.139	91	3	TRABE	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.139	103	3	TRABE	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.139	127	3	TRABE	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.139	72	4	TRABE	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.139	80	4	TRABE	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.139	92	4	TRABE	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.139	104	4	TRABE	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.139	128	4	TRABE	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84

Tabla 26. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=1.738\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.139	69	1	TRABE	0.50	-0.01	15.10	24.30	28.90
0.139	77	1	TRABE	0.74	0.63	15.39	24.55	29.15
0.139	89	1	TRABE	0.29	-0.56	14.84	24.08	28.68
0.139	101	1	TRABE	0.06	-1.54	14.39	23.70	28.30
0.139	125	1	TRABE	0.95	1.66	15.87	24.95	29.55
0.139	70	2	TRABE	0.76	0.71	15.43	24.58	29.18
0.139	78	2	TRABE	0.65	0.37	15.27	24.45	29.05
0.139	90	2	TRABE	0.47	-0.06	15.07	24.27	28.87
0.139	102	2	TRABE	0.57	0.19	15.19	24.37	28.97
0.139	126	2	TRABE	0.97	1.84	15.95	25.02	29.62
0.139	71	3	TRABE	0.25	-0.67	14.79	24.04	28.64
0.139	79	3	TRABE	0.59	0.23	15.21	24.39	28.99
0.139	91	3	TRABE	0.98	1.97	16.00	25.07	29.67
0.139	103	3	TRABE	0.34	-0.40	14.91	24.14	28.74
0.139	127	3	TRABE	0.79	0.81	15.47	24.62	29.22
0.139	72	4	TRABE	0.68	0.48	15.32	24.49	29.09
0.139	80	4	TRABE	0.72	0.59	15.37	24.53	29.13
0.139	92	4	TRABE	0.80	0.85	15.49	24.63	29.23
0.139	104	4	TRABE	0.25	-0.69	14.78	24.03	28.63
0.139	128	4	TRABE	0.01	-2.46	13.97	23.34	27.94

Tabla 27. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=1.738\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.139	69	1	TRABE	14.42	0.00	0.00	14.42	1.00	14.42
0.139	77	1	TRABE	14.70	0.00	0.00	14.70	1.00	14.70
0.139	89	1	TRABE	14.18	0.00	0.00	14.18	1.00	14.18
0.139	101	1	TRABE	13.75	0.00	0.00	13.75	1.00	13.75
0.139	125	1	TRABE	15.15	0.00	0.00	15.15	1.00	15.15
0.139	70	2	TRABE	14.74	0.00	0.00	14.74	1.00	14.74
0.139	78	2	TRABE	14.59	0.00	0.00	14.59	1.00	14.59
0.139	90	2	TRABE	14.39	0.00	0.00	14.39	1.00	14.39
0.139	102	2	TRABE	14.50	0.00	0.00	14.50	1.00	14.50
0.139	126	2	TRABE	15.23	0.00	0.00	15.23	1.00	15.23
0.139	71	3	TRABE	13.37	0.00	0.00	13.37	1.00	13.37
0.139	79	3	TRABE	13.74	0.00	0.00	13.74	1.00	13.74
0.139	91	3	TRABE	14.46	0.00	0.00	14.46	1.00	14.46
0.139	103	3	TRABE	13.48	0.00	0.00	13.48	1.00	13.48
0.139	127	3	TRABE	13.99	0.00	0.00	13.99	1.00	13.99
0.139	72	4	TRABE	12.80	0.00	0.00	12.80	1.00	12.80
0.139	80	4	TRABE	12.84	0.00	0.00	12.84	1.00	12.84
0.139	92	4	TRABE	12.94	0.00	0.00	12.94	1.00	12.94

0.139	104	4	TRABE	12.35	0.00	0.00	12.35	1.00	12.35
0.139	128	4	TRABE	11.67	0.00	0.00	11.67	1.00	11.67
							13.86	20.00	277.28

Tabla 28. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=1.738%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 69.32 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.139	69	1	TRABE	14.42	1.00	4.00	3.60
0.139	77	1	TRABE	14.70	1.00	4.00	3.68
0.139	89	1	TRABE	14.18	1.00	4.00	3.54
0.139	101	1	TRABE	13.75	1.00	4.00	3.44
0.139	125	1	TRABE	15.15	1.00	4.00	3.79
0.139	70	2	TRABE	14.74	1.00	4.00	3.68
0.139	78	2	TRABE	14.59	1.00	4.00	3.65
0.139	90	2	TRABE	14.39	1.00	4.00	3.60
0.139	102	2	TRABE	14.50	1.00	4.00	3.63
0.139	126	2	TRABE	15.23	1.00	4.00	3.81
0.139	71	3	TRABE	13.37	1.00	4.00	3.34
0.139	79	3	TRABE	13.74	1.00	4.00	3.44
0.139	91	3	TRABE	14.46	1.00	4.00	3.62
0.139	103	3	TRABE	13.48	1.00	4.00	3.37
0.139	127	3	TRABE	13.99	1.00	4.00	3.50
0.139	72	4	TRABE	12.80	1.00	4.00	3.20
0.139	80	4	TRABE	12.84	1.00	4.00	3.21
0.139	92	4	TRABE	12.94	1.00	4.00	3.23
0.139	104	4	TRABE	12.35	1.00	4.00	3.09
0.139	128	4	TRABE	11.67	1.00	4.00	2.92
				277.28			69.32

Tabla 29. *TREP* total para el *edp*=1.738%.

EDP 2.155%

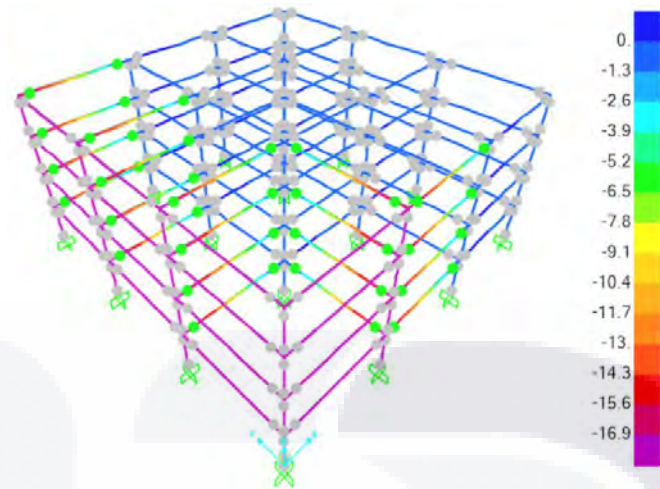


Ilustración 51. Estado general de la estructura con 2.155% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=2.155\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.1724	69	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	77	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	89	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	101	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	125	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	70	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	78	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	90	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	102	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	126	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.1724	71	3	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.1724	79	3	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.1724	91	3	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.1724	103	3	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.1724	127	3	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.1724	72	4	TRABE	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.1724	80	4	TRABE	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.1724	92	4	TRABE	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.1724	104	4	TRABE	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.1724	128	4	TRABE	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97

Tabla 30. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=2.155%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.1724	69	1	TRABE	0.54	0.11	15.15	24.34	28.94
0.1724	77	1	TRABE	0.05	-1.61	14.36	23.67	28.27
0.1724	89	1	TRABE	0.91	1.37	15.73	24.83	29.43
0.1724	101	1	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.1724	125	1	TRABE	0.91	1.37	15.73	24.83	29.43
0.1724	70	2	TRABE	0.15	-1.05	14.62	23.89	28.49
0.1724	78	2	TRABE	0.65	0.38	15.28	24.45	29.05
0.1724	90	2	TRABE	0.66	0.42	15.29	24.46	29.06
0.1724	102	2	TRABE	0.43	-0.18	15.02	24.23	28.83
0.1724	126	2	TRABE	0.18	-0.93	14.67	23.94	28.54
0.1724	71	3	TRABE	0.49	-0.03	15.09	24.29	28.89
0.1724	79	3	TRABE	0.53	0.08	15.14	24.33	28.93
0.1724	91	3	TRABE	0.55	0.12	15.16	24.35	28.95
0.1724	103	3	TRABE	0.85	1.04	15.58	24.71	29.31
0.1724	127	3	TRABE	0.36	-0.35	14.94	24.16	28.76
0.1724	72	4	TRABE	0.17	-0.94	14.67	23.93	28.53
0.1724	80	4	TRABE	0.09	-1.35	14.48	23.78	28.38
0.1724	92	4	TRABE	0.86	1.09	15.60	24.73	29.33
0.1724	104	4	TRABE	0.39	-0.27	14.98	24.20	28.80
0.1724	128	4	TRABE	0.80	0.84	15.49	24.63	29.23

Tabla 31. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.155\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.1724	69	1	TRABE	15.10	0.00	0.00	15.10	1.00	15.10
0.1724	77	1	TRABE	14.31	0.00	0.00	14.31	1.00	14.31
0.1724	89	1	TRABE	15.68	0.00	0.00	15.68	1.00	15.68
0.1724	101	1	TRABE	14.85	0.00	0.00	14.85	1.00	14.85
0.1724	125	1	TRABE	15.68	0.00	0.00	15.68	1.00	15.68
0.1724	70	2	TRABE	14.57	0.00	0.00	14.57	1.00	14.57
0.1724	78	2	TRABE	15.22	0.00	0.00	15.22	1.00	15.22
0.1724	90	2	TRABE	15.24	0.00	0.00	15.24	1.00	15.24
0.1724	102	2	TRABE	14.97	0.00	0.00	14.97	1.00	14.97
0.1724	126	2	TRABE	14.62	0.00	0.00	14.62	1.00	14.62
0.1724	71	3	TRABE	14.88	0.00	0.00	14.88	1.00	14.88
0.1724	79	3	TRABE	14.93	0.00	0.00	14.93	1.00	14.93
0.1724	91	3	TRABE	14.95	0.00	0.00	14.95	1.00	14.95
0.1724	103	3	TRABE	15.37	0.00	0.00	15.37	1.00	15.37
0.1724	127	3	TRABE	14.74	0.00	0.00	14.74	1.00	14.74
0.1724	72	4	TRABE	14.20	0.00	0.00	14.20	1.00	14.20
0.1724	80	4	TRABE	14.01	0.00	0.00	14.01	1.00	14.01
0.1724	92	4	TRABE	15.10	0.00	0.00	15.10	1.00	15.10

0.1724	104	4	TRABE	14.49	0.00	0.00	14.49	1.00	14.49
0.1724	128	4	TRABE	14.99	0.00	0.00	14.99	1.00	14.99
							14.89	20.00	297.89

Tabla 32. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=2.155%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 74.47 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.1724	69	1	TRABE	15.10	1.00	4.00	3.78
0.1724	77	1	TRABE	14.31	1.00	4.00	3.58
0.1724	89	1	TRABE	15.68	1.00	4.00	3.92
0.1724	101	1	TRABE	14.85	1.00	4.00	3.71
0.1724	125	1	TRABE	15.68	1.00	4.00	3.92
0.1724	70	2	TRABE	14.57	1.00	4.00	3.64
0.1724	78	2	TRABE	15.22	1.00	4.00	3.81
0.1724	90	2	TRABE	15.24	1.00	4.00	3.81
0.1724	102	2	TRABE	14.97	1.00	4.00	3.74
0.1724	126	2	TRABE	14.62	1.00	4.00	3.66
0.1724	71	3	TRABE	14.88	1.00	4.00	3.72
0.1724	79	3	TRABE	14.93	1.00	4.00	3.73
0.1724	91	3	TRABE	14.95	1.00	4.00	3.74
0.1724	103	3	TRABE	15.37	1.00	4.00	3.84
0.1724	127	3	TRABE	14.74	1.00	4.00	3.68
0.1724	72	4	TRABE	14.20	1.00	4.00	3.55
0.1724	80	4	TRABE	14.01	1.00	4.00	3.50
0.1724	92	4	TRABE	15.10	1.00	4.00	3.78
0.1724	104	4	TRABE	14.49	1.00	4.00	3.62
0.1724	128	4	TRABE	14.99	1.00	4.00	3.75
				297.89			74.47

Tabla 33. *TREP* total para el *edp*=2.155%

EDP 2.571%

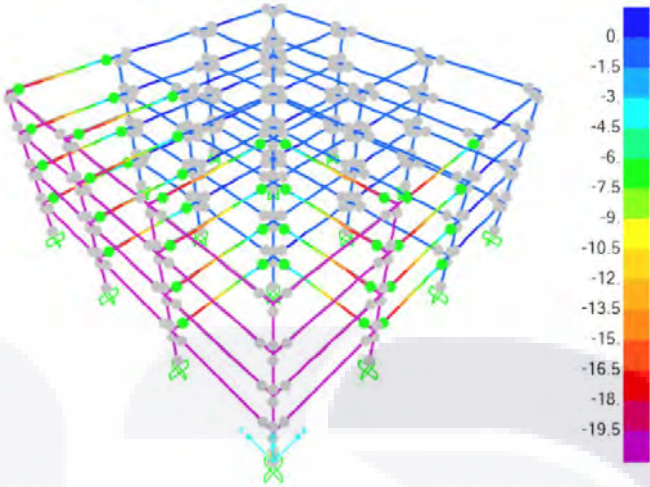


Ilustración 52. Estado general de la estructura con 2.571% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=2.571\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.2057	69	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	77	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	89	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	101	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	125	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	70	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	78	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	90	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	102	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	126	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	71	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	79	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	91	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	103	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	127	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.2057	72	4	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.2057	80	4	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.2057	92	4	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.2057	104	4	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99
0.2057	128	4	TRABE	0.01	0.99	0.00	0.00	0.99

Tabla 34. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=2.571%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.2057	69	1	TRABE	0.59	0.23	15.21	24.39	28.99
0.2057	77	1	TRABE	0.40	-0.25	14.98	24.20	28.80
0.2057	89	1	TRABE	0.48	-0.04	15.08	24.28	28.88
0.2057	101	1	TRABE	0.32	-0.47	14.88	24.12	28.72
0.2057	125	1	TRABE	0.87	1.12	15.61	24.73	29.33
0.2057	70	2	TRABE	0.87	1.11	15.61	24.73	29.33
0.2057	78	2	TRABE	0.93	1.47	15.78	24.87	29.47
0.2057	90	2	TRABE	0.74	0.64	15.39	24.55	29.15
0.2057	102	2	TRABE	0.96	1.81	15.93	25.01	29.61
0.2057	126	2	TRABE	0.93	1.47	15.78	24.87	29.47
0.2057	71	3	TRABE	0.25	-0.66	14.80	24.04	28.64
0.2057	79	3	TRABE	0.13	-1.13	14.58	23.86	28.46
0.2057	91	3	TRABE	0.15	-1.02	14.63	23.90	28.50
0.2057	103	3	TRABE	0.42	-0.20	15.01	24.22	28.82
0.2057	127	3	TRABE	0.22	-0.76	14.75	24.00	28.60
0.2057	72	4	TRABE	0.01	-2.52	13.94	23.32	27.92
0.2057	80	4	TRABE	0.46	-0.11	15.05	24.26	28.86
0.2057	92	4	TRABE	0.93	1.46	15.77	24.87	29.47
0.2057	104	4	TRABE	0.73	0.61	15.38	24.54	29.14
0.2057	128	4	TRABE	0.44	-0.15	15.03	24.24	28.84

Tabla 35. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.571\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.2057	69	1	TRABE	15.20	0.00	0.00	15.20	1.00	15.20
0.2057	77	1	TRABE	14.98	0.00	0.00	14.98	1.00	14.98
0.2057	89	1	TRABE	15.08	0.00	0.00	15.08	1.00	15.08
0.2057	101	1	TRABE	14.88	0.00	0.00	14.88	1.00	14.88
0.2057	125	1	TRABE	15.61	0.00	0.00	15.61	1.00	15.61
0.2057	70	2	TRABE	15.61	0.00	0.00	15.61	1.00	15.61
0.2057	78	2	TRABE	15.77	0.00	0.00	15.77	1.00	15.77
0.2057	90	2	TRABE	15.39	0.00	0.00	15.39	1.00	15.39
0.2057	102	2	TRABE	15.93	0.00	0.00	15.93	1.00	15.93
0.2057	126	2	TRABE	15.77	0.00	0.00	15.77	1.00	15.77
0.2057	71	3	TRABE	14.77	0.00	0.00	14.77	1.00	14.77
0.2057	79	3	TRABE	14.56	0.00	0.00	14.56	1.00	14.56
0.2057	91	3	TRABE	14.61	0.00	0.00	14.61	1.00	14.61
0.2057	103	3	TRABE	14.98	0.00	0.00	14.98	1.00	14.98
0.2057	127	3	TRABE	14.73	0.00	0.00	14.73	1.00	14.73
0.2057	72	4	TRABE	13.87	0.00	0.00	13.87	1.00	13.87
0.2057	80	4	TRABE	14.97	0.00	0.00	14.97	1.00	14.97
0.2057	92	4	TRABE	15.69	0.00	0.00	15.69	1.00	15.69

0.2057	104	4	TRABE	15.30	0.00	0.00	15.30	1.00	15.30
0.2057	128	4	TRABE	14.95	0.00	0.00	14.95	1.00	14.95
							15.13	20.00	302.66

Tabla 36. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=2.571%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 75.67 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.2057	69	1	TRABE	15.20	1.00	4.00	3.80
0.2057	77	1	TRABE	14.98	1.00	4.00	3.75
0.2057	89	1	TRABE	15.08	1.00	4.00	3.77
0.2057	101	1	TRABE	14.88	1.00	4.00	3.72
0.2057	125	1	TRABE	15.61	1.00	4.00	3.90
0.2057	70	2	TRABE	15.61	1.00	4.00	3.90
0.2057	78	2	TRABE	15.77	1.00	4.00	3.94
0.2057	90	2	TRABE	15.39	1.00	4.00	3.85
0.2057	102	2	TRABE	15.93	1.00	4.00	3.98
0.2057	126	2	TRABE	15.77	1.00	4.00	3.94
0.2057	71	3	TRABE	14.77	1.00	4.00	3.69
0.2057	79	3	TRABE	14.56	1.00	4.00	3.64
0.2057	91	3	TRABE	14.61	1.00	4.00	3.65
0.2057	103	3	TRABE	14.98	1.00	4.00	3.75
0.2057	127	3	TRABE	14.73	1.00	4.00	3.68
0.2057	72	4	TRABE	13.87	1.00	4.00	3.47
0.2057	80	4	TRABE	14.97	1.00	4.00	3.74
0.2057	92	4	TRABE	15.69	1.00	4.00	3.92
0.2057	104	4	TRABE	15.30	1.00	4.00	3.83
0.2057	128	4	TRABE	14.95	1.00	4.00	3.74
				302.66			75.67

Tabla 37. *TREP* total para el *edp*=2.571%.

EDP 2.988%

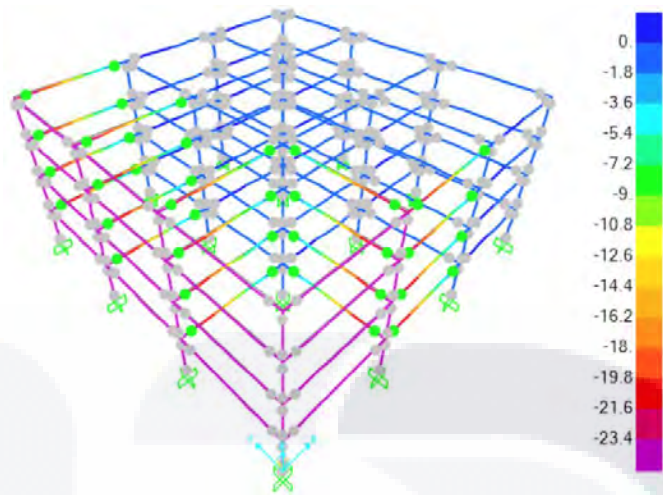


Ilustración 53. Estado general de la estructura con 2.988% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=2.998\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.239	69	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	77	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	89	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	101	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	125	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	70	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	78	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	90	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	102	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	126	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	71	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	79	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	91	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	103	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	127	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	72	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	80	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	92	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	104	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
0.239	128	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00

Tabla 38. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=2.988\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.239	69	1	TRABE	0.93	1.45	15.77	24.86	29.46
0.239	77	1	TRABE	0.45	-0.13	15.04	24.25	28.85
0.239	89	1	TRABE	0.77	0.75	15.44	24.59	29.19
0.239	101	1	TRABE	0.04	-1.72	14.31	23.63	28.23
0.239	125	1	TRABE	0.30	-0.52	14.86	24.10	28.70
0.239	70	2	TRABE	0.04	-1.72	14.31	23.63	28.23
0.239	78	2	TRABE	0.79	0.80	15.47	24.61	29.21
0.239	90	2	TRABE	0.28	-0.58	14.83	24.07	28.67
0.239	102	2	TRABE	0.13	-1.15	14.57	23.85	28.45
0.239	126	2	TRABE	0.10	-1.26	14.52	23.81	28.41
0.239	71	3	TRABE	0.74	0.66	15.40	24.56	29.16
0.239	79	3	TRABE	0.17	-0.95	14.66	23.93	28.53
0.239	91	3	TRABE	0.25	-0.68	14.79	24.03	28.63
0.239	103	3	TRABE	0.51	0.03	15.12	24.31	28.91
0.239	127	3	TRABE	0.43	-0.18	15.02	24.23	28.83
0.239	72	4	TRABE	0.19	-0.89	14.69	23.95	28.55
0.239	80	4	TRABE	0.22	-0.78	14.74	24.00	28.60
0.239	92	4	TRABE	0.61	0.28	15.23	24.41	29.01
0.239	104	4	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.239	128	4	TRABE	0.70	0.54	15.35	24.51	29.11

Tabla 39. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.988\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\bar{S}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.239	69	1	TRABE	15.77	0.00	0.00	15.77	1.00	15.77
0.239	77	1	TRABE	15.04	0.00	0.00	15.04	1.00	15.04
0.239	89	1	TRABE	15.44	0.00	0.00	15.44	1.00	15.44
0.239	101	1	TRABE	14.31	0.00	0.00	14.31	1.00	14.31
0.239	125	1	TRABE	14.86	0.00	0.00	14.86	1.00	14.86
0.239	70	2	TRABE	14.31	0.00	0.00	14.31	1.00	14.31
0.239	78	2	TRABE	15.47	0.00	0.00	15.47	1.00	15.47
0.239	90	2	TRABE	14.83	0.00	0.00	14.83	1.00	14.83
0.239	102	2	TRABE	14.57	0.00	0.00	14.57	1.00	14.57
0.239	126	2	TRABE	14.52	0.00	0.00	14.52	1.00	14.52
0.239	71	3	TRABE	15.40	0.00	0.00	15.40	1.00	15.40
0.239	79	3	TRABE	14.66	0.00	0.00	14.66	1.00	14.66
0.239	91	3	TRABE	14.78	0.00	0.00	14.78	1.00	14.78
0.239	103	3	TRABE	15.11	0.00	0.00	15.11	1.00	15.11
0.239	127	3	TRABE	15.02	0.00	0.00	15.02	1.00	15.02
0.239	72	4	TRABE	14.68	0.00	0.00	14.68	1.00	14.68
0.239	80	4	TRABE	14.73	0.00	0.00	14.73	1.00	14.73
0.239	92	4	TRABE	15.22	0.00	0.00	15.22	1.00	15.22

0.239	104	4	TRABE	14.89	0.00	0.00	14.89	1.00	14.89
0.239	128	4	TRABE	15.34	0.00	0.00	15.34	1.00	15.34
							14.95	20.00	298.94

Tabla 40. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=2.988%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 74.73 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.239	69	1	TRABE	15.77	1.00	4.00	3.94
0.239	77	1	TRABE	15.04	1.00	4.00	3.76
0.239	89	1	TRABE	15.44	1.00	4.00	3.86
0.239	101	1	TRABE	14.31	1.00	4.00	3.58
0.239	125	1	TRABE	14.86	1.00	4.00	3.71
0.239	70	2	TRABE	14.31	1.00	4.00	3.58
0.239	78	2	TRABE	15.47	1.00	4.00	3.87
0.239	90	2	TRABE	14.83	1.00	4.00	3.71
0.239	102	2	TRABE	14.57	1.00	4.00	3.64
0.239	126	2	TRABE	14.52	1.00	4.00	3.63
0.239	71	3	TRABE	15.40	1.00	4.00	3.85
0.239	79	3	TRABE	14.66	1.00	4.00	3.66
0.239	91	3	TRABE	14.78	1.00	4.00	3.70
0.239	103	3	TRABE	15.11	1.00	4.00	3.78
0.239	127	3	TRABE	15.02	1.00	4.00	3.75
0.239	72	4	TRABE	14.68	1.00	4.00	3.67
0.239	80	4	TRABE	14.73	1.00	4.00	3.68
0.239	92	4	TRABE	15.22	1.00	4.00	3.80
0.239	104	4	TRABE	14.89	1.00	4.00	3.72
0.239	128	4	TRABE	15.34	1.00	4.00	3.83
				298.94			74.73

Tabla 41. *TREP* total para el *edp*=2.998%.

EDP 3.405%

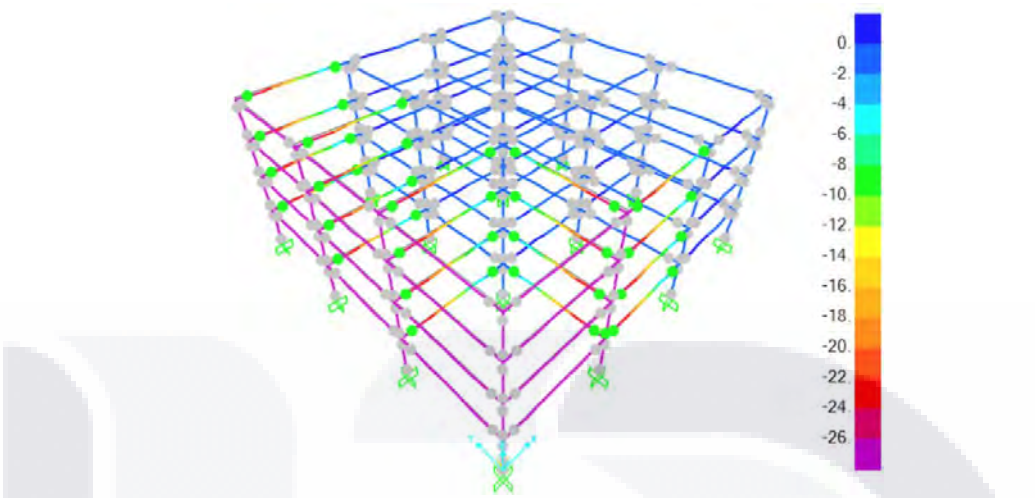


Ilustración 54. Estado general de la estructura con 3.405% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=3.405\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]	
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS	
0.2724	69	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	77	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	89	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	101	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	125	1	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	70	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	78	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	90	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	102	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	126	2	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	71	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	79	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	91	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	103	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	127	3	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	72	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	80	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	92	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	104	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	
0.2724	128	4	TRABE	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	

Tabla 42. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=3.405\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.2724	69	1	TRABE	0.34	-0.41	14.91	24.14	28.74
0.2724	77	1	TRABE	0.91	1.36	15.73	24.83	29.43
0.2724	89	1	TRABE	0.52	0.05	15.12	24.32	28.92
0.2724	101	1	TRABE	0.95	1.63	15.85	24.94	29.54
0.2724	125	1	TRABE	0.60	0.26	15.22	24.40	29.00
0.2724	70	2	TRABE	0.66	0.41	15.29	24.46	29.06
0.2724	78	2	TRABE	0.44	-0.15	15.03	24.24	28.84
0.2724	90	2	TRABE	0.32	-0.46	14.89	24.12	28.72
0.2724	102	2	TRABE	0.07	-1.46	14.43	23.73	28.33
0.2724	126	2	TRABE	0.16	-1.00	14.64	23.91	28.51
0.2724	71	3	TRABE	0.48	-0.04	15.08	24.28	28.88
0.2724	79	3	TRABE	0.05	-1.64	14.34	23.66	28.26
0.2724	91	3	TRABE	0.24	-0.72	14.77	24.02	28.62
0.2724	103	3	TRABE	0.93	1.44	15.76	24.86	29.46
0.2724	127	3	TRABE	0.12	-1.17	14.56	23.84	28.44
0.2724	72	4	TRABE	0.96	1.71	15.89	24.97	29.57
0.2724	80	4	TRABE	0.54	0.10	15.15	24.34	28.94
0.2724	92	4	TRABE	0.95	1.62	15.85	24.93	29.53
0.2724	104	4	TRABE	0.11	-1.25	14.53	23.81	28.41
0.2724	128	4	TRABE	0.16	-1.00	14.64	23.91	28.51

Tabla 43. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=3.405\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.2724	69	1	TRABE	14.89	0.03	0.00	14.92	1.00	14.92
0.2724	77	1	TRABE	15.71	0.03	0.00	15.74	1.00	15.74
0.2724	89	1	TRABE	15.11	0.03	0.00	15.13	1.00	15.13
0.2724	101	1	TRABE	15.83	0.03	0.00	15.86	1.00	15.86
0.2724	125	1	TRABE	15.20	0.03	0.00	15.23	1.00	15.23
0.2724	70	2	TRABE	15.28	0.02	0.00	15.30	1.00	15.30
0.2724	78	2	TRABE	15.02	0.02	0.00	15.04	1.00	15.04
0.2724	90	2	TRABE	14.88	0.02	0.00	14.90	1.00	14.90
0.2724	102	2	TRABE	14.42	0.02	0.00	14.44	1.00	14.44
0.2724	126	2	TRABE	14.63	0.02	0.00	14.65	1.00	14.65
0.2724	71	3	TRABE	15.07	0.01	0.00	15.08	1.00	15.08
0.2724	79	3	TRABE	14.34	0.01	0.00	14.35	1.00	14.35
0.2724	91	3	TRABE	14.76	0.01	0.00	14.77	1.00	14.77
0.2724	103	3	TRABE	15.76	0.01	0.00	15.77	1.00	15.77
0.2724	127	3	TRABE	14.55	0.01	0.00	14.56	1.00	14.56
0.2724	72	4	TRABE	15.85	0.03	0.02	15.91	1.00	15.91

0.2724	80	4	TRABE	15.11	0.03	0.02	15.17	1.00	15.17
0.2724	92	4	TRABE	15.81	0.03	0.02	15.87	1.00	15.87
0.2724	104	4	TRABE	14.49	0.03	0.02	14.55	1.00	14.55
0.2724	128	4	TRABE	14.61	0.03	0.02	14.66	1.00	14.66
							15.09	20.00	301.87

Tabla 44. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.405\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 75.47 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.2724	69	1	TRABE	14.92	1.00	4.00	3.73
0.2724	77	1	TRABE	15.74	1.00	4.00	3.93
0.2724	89	1	TRABE	15.13	1.00	4.00	3.78
0.2724	101	1	TRABE	15.86	1.00	4.00	3.97
0.2724	125	1	TRABE	15.23	1.00	4.00	3.81
0.2724	70	2	TRABE	15.30	1.00	4.00	3.82
0.2724	78	2	TRABE	15.04	1.00	4.00	3.76
0.2724	90	2	TRABE	14.90	1.00	4.00	3.72
0.2724	102	2	TRABE	14.44	1.00	4.00	3.61
0.2724	126	2	TRABE	14.65	1.00	4.00	3.66
0.2724	71	3	TRABE	15.08	1.00	4.00	3.77
0.2724	79	3	TRABE	14.35	1.00	4.00	3.59
0.2724	91	3	TRABE	14.77	1.00	4.00	3.69
0.2724	103	3	TRABE	15.77	1.00	4.00	3.94
0.2724	127	3	TRABE	14.56	1.00	4.00	3.64
0.2724	72	4	TRABE	15.91	1.00	4.00	3.98
0.2724	80	4	TRABE	15.17	1.00	4.00	3.79
0.2724	92	4	TRABE	15.87	1.00	4.00	3.97
0.2724	104	4	TRABE	14.55	1.00	4.00	3.64
0.2724	128	4	TRABE	14.66	1.00	4.00	3.66
				301.87			75.47

Tabla 45. *TREP* total para el $edp=3.405\%$.

EDP 3.821%

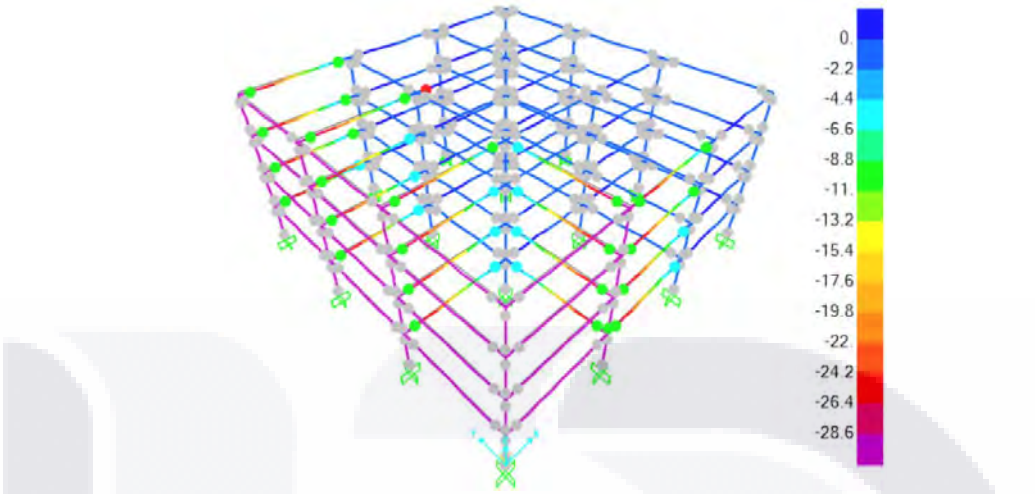


Ilustración 55. Estado general de la estructura con 3.821% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=3.821\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]	
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS	
0.3057	69	1	TRABE	0.00	0.83	0.17	0.00	1.17	
0.3057	77	1	TRABE	0.00	0.83	0.17	0.00	1.17	
0.3057	89	1	TRABE	0.00	0.83	0.17	0.00	1.17	
0.3057	101	1	TRABE	0.00	0.83	0.17	0.00	1.17	
0.3057	125	1	TRABE	0.00	0.83	0.17	0.00	1.17	
0.3057	70	2	TRABE	0.00	0.85	0.15	0.00	1.15	
0.3057	78	2	TRABE	0.00	0.85	0.15	0.00	1.15	
0.3057	90	2	TRABE	0.00	0.85	0.15	0.00	1.15	
0.3057	102	2	TRABE	0.00	0.85	0.15	0.00	1.15	
0.3057	126	2	TRABE	0.00	0.85	0.15	0.00	1.15	
0.3057	71	3	TRABE	0.00	0.89	0.11	0.00	1.11	
0.3057	79	3	TRABE	0.00	0.89	0.11	0.00	1.11	
0.3057	91	3	TRABE	0.00	0.89	0.11	0.00	1.11	
0.3057	103	3	TRABE	0.00	0.89	0.11	0.00	1.11	
0.3057	127	3	TRABE	0.00	0.89	0.11	0.00	1.11	
0.3057	72	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	
0.3057	80	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	
0.3057	92	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	
0.3057	96	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	
0.3057	104	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	
0.3057	128	4	TRABE	0.00	0.95	0.03	0.01	1.06	

Tabla 46. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=3.821\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.3057	69	1	TRABE	0.37	-0.34	14.94	24.17	28.77
0.3057	77	1	TRABE	0.59	0.23	15.21	24.39	28.99
0.3057	89	1	TRABE	0.99	2.30	16.16	25.20	29.80
0.3057	101	1	TRABE	0.47	-0.06	15.07	24.28	28.88
0.3057	125	1	TRABE	0.17	-0.94	14.67	23.93	28.53
0.3057	70	2	TRABE	0.94	1.52	15.80	24.89	29.49
0.3057	78	2	TRABE	0.09	-1.32	14.49	23.79	28.39
0.3057	90	2	TRABE	0.84	1.00	15.56	24.69	29.29
0.3057	102	2	TRABE	0.05	-1.68	14.33	23.64	28.24
0.3057	126	2	TRABE	0.05	-1.64	14.34	23.66	28.26
0.3057	71	3	TRABE	0.75	0.67	15.41	24.56	29.16
0.3057	79	3	TRABE	0.11	-1.25	14.52	23.81	28.41
0.3057	91	3	TRABE	0.10	-1.26	14.52	23.81	28.41
0.3057	103	3	TRABE	0.61	0.28	15.23	24.41	29.01
0.3057	127	3	TRABE	0.61	0.28	15.23	24.41	29.01
0.3057	72	4	TRABE	0.63	0.33	15.25	24.43	29.03
0.3057	80	4	TRABE	0.38	-0.31	14.96	24.18	28.78
0.3057	92	4	TRABE	0.57	0.19	15.19	24.37	28.97
0.3057	96	4	TRABE	0.23	-0.74	14.76	24.01	28.61
0.3057	104	4	TRABE	0.76	0.70	15.42	24.57	29.17
0.3057	128	4	TRABE	0.67	0.44	15.30	24.47	29.07

Tabla 47. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=3.821\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.3057	69	1	TRABE	12.38	4.14	0.00	16.52	1.00	16.52
0.3057	77	1	TRABE	12.60	4.18	0.00	16.78	1.00	16.78
0.3057	89	1	TRABE	13.39	4.32	0.00	17.71	1.00	17.71
0.3057	101	1	TRABE	12.49	4.16	0.00	16.65	1.00	16.65
0.3057	125	1	TRABE	12.15	4.10	0.00	16.25	1.00	16.25
0.3057	70	2	TRABE	13.49	3.63	0.00	17.12	1.00	17.12
0.3057	78	2	TRABE	12.38	3.47	0.00	15.85	1.00	15.85
0.3057	90	2	TRABE	13.29	3.60	0.00	16.89	1.00	16.89
0.3057	102	2	TRABE	12.24	3.45	0.00	15.69	1.00	15.69
0.3057	126	2	TRABE	12.25	3.45	0.00	15.70	1.00	15.70
0.3057	71	3	TRABE	13.66	2.79	0.00	16.45	1.00	16.45
0.3057	79	3	TRABE	12.87	2.70	0.00	15.58	1.00	15.58
0.3057	91	3	TRABE	12.87	2.70	0.00	15.57	1.00	15.57
0.3057	103	3	TRABE	13.50	2.77	0.00	16.27	1.00	16.27
0.3057	127	3	TRABE	13.50	2.77	0.00	16.27	1.00	16.27

0.3057	72	4	TRABE	14.56	0.80	0.36	15.72	1.00	15.72
0.3057	80	4	TRABE	14.28	0.80	0.35	15.43	1.00	15.43
0.3057	92	4	TRABE	14.50	0.80	0.36	15.66	1.00	15.66
0.3057	96	4	TRABE	14.09	0.79	0.35	15.23	1.00	15.23
0.3057	104	4	TRABE	14.72	0.81	0.36	15.89	1.00	15.89
0.3057	128	4	TRABE	14.61	0.81	0.36	15.77	1.00	15.77
							16.14	21.00	339.02

Tabla 48. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=3.821%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 84.76 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.3057	69	1	TRABE	16.52	1.00	4.00	4.13
0.3057	77	1	TRABE	16.78	1.00	4.00	4.20
0.3057	89	1	TRABE	17.71	1.00	4.00	4.43
0.3057	101	1	TRABE	16.65	1.00	4.00	4.16
0.3057	125	1	TRABE	16.25	1.00	4.00	4.06
0.3057	70	2	TRABE	17.12	1.00	4.00	4.28
0.3057	78	2	TRABE	15.85	1.00	4.00	3.96
0.3057	90	2	TRABE	16.89	1.00	4.00	4.22
0.3057	102	2	TRABE	15.69	1.00	4.00	3.92
0.3057	126	2	TRABE	15.70	1.00	4.00	3.93
0.3057	71	3	TRABE	16.45	1.00	4.00	4.11
0.3057	79	3	TRABE	15.58	1.00	4.00	3.89
0.3057	91	3	TRABE	15.57	1.00	4.00	3.89
0.3057	103	3	TRABE	16.27	1.00	4.00	4.07
0.3057	127	3	TRABE	16.27	1.00	4.00	4.07
0.3057	72	4	TRABE	15.72	1.00	4.00	3.93
0.3057	80	4	TRABE	15.43	1.00	4.00	3.86
0.3057	92	4	TRABE	15.66	1.00	4.00	3.91
0.3057	96	4	TRABE	15.23	1.00	4.00	3.81
0.3057	104	4	TRABE	15.89	1.00	4.00	3.97
0.3057	128	4	TRABE	15.77	1.00	4.00	3.94
				339.02			84.76

Tabla 49. *TREP* total para el *edp*=3.821%.

EDP 4.238%

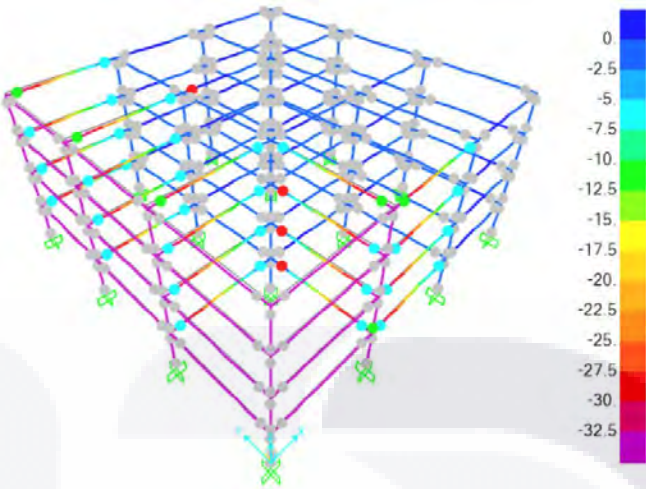


Ilustración 56. Estado general de la estructura con 4.238% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=4.238\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]	
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS	
0.339	69	1	TRABE	0.00	0.17	0.81	0.02	1.85	
0.339	77	1	TRABE	0.00	0.17	0.81	0.02	1.85	
0.339	89	1	TRABE	0.00	0.17	0.81	0.02	1.85	
0.339	101	1	TRABE	0.00	0.17	0.81	0.02	1.85	
0.339	125	1	TRABE	0.00	0.17	0.81	0.02	1.85	
0.339	70	2	TRABE	0.00	0.20	0.78	0.02	1.82	
0.339	78	2	TRABE	0.00	0.20	0.78	0.02	1.82	
0.339	90	2	TRABE	0.00	0.20	0.78	0.02	1.82	
0.339	102	2	TRABE	0.00	0.20	0.78	0.02	1.82	
0.339	126	2	TRABE	0.00	0.20	0.78	0.02	1.82	
0.339	71	3	TRABE	0.00	0.23	0.74	0.03	1.79	
0.339	79	3	TRABE	0.00	0.23	0.74	0.03	1.79	
0.339	91	3	TRABE	0.00	0.23	0.74	0.03	1.79	
0.339	103	3	TRABE	0.00	0.23	0.74	0.03	1.79	
0.339	127	3	TRABE	0.00	0.23	0.74	0.03	1.79	
0.339	72	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	
0.339	80	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	
0.339	92	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	
0.339	96	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	
0.339	104	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	
0.339	128	4	TRABE	0.00	0.74	0.18	0.08	1.34	

Tabla 50. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=4.238\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.339	69	1	TRABE	0.29	-0.55	14.85	24.09	28.69
0.339	77	1	TRABE	0.16	-0.98	14.65	23.92	28.52
0.339	89	1	TRABE	0.31	-0.48	14.88	24.11	28.71
0.339	101	1	TRABE	0.36	-0.36	14.93	24.16	28.76
0.339	125	1	TRABE	0.09	-1.35	14.48	23.77	28.37
0.339	70	2	TRABE	0.86	1.07	15.59	24.72	29.32
0.339	78	2	TRABE	0.05	-1.61	14.36	23.67	28.27
0.339	90	2	TRABE	0.66	0.42	15.29	24.46	29.06
0.339	102	2	TRABE	0.61	0.27	15.22	24.40	29.00
0.339	126	2	TRABE	0.90	1.26	15.68	24.79	29.39
0.339	71	3	TRABE	0.48	-0.04	15.08	24.28	28.88
0.339	79	3	TRABE	0.67	0.44	15.30	24.47	29.07
0.339	91	3	TRABE	0.80	0.85	15.49	24.63	29.23
0.339	103	3	TRABE	0.02	-2.06	14.15	23.50	28.10
0.339	127	3	TRABE	0.74	0.64	15.40	24.55	29.15
0.339	72	4	TRABE	0.23	-0.74	14.76	24.01	28.61
0.339	80	4	TRABE	0.47	-0.07	15.07	24.27	28.87
0.339	92	4	TRABE	0.83	0.97	15.55	24.68	29.28
0.339	96	4	TRABE	0.42	-0.21	15.00	24.22	28.82
0.339	104	4	TRABE	0.94	1.58	15.82	24.91	29.51
0.339	128	4	TRABE	0.15	-1.03	14.63	23.90	28.50

Tabla 51. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=4.238\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.339	69	1	TRABE	2.54	19.49	0.56	22.59	1.00	22.59
0.339	77	1	TRABE	2.51	19.35	0.56	22.42	1.00	22.42
0.339	89	1	TRABE	2.55	19.51	0.56	22.62	1.00	22.62
0.339	101	1	TRABE	2.56	19.54	0.56	22.67	1.00	22.67
0.339	125	1	TRABE	2.48	19.23	0.56	22.27	1.00	22.27
0.339	70	2	TRABE	3.11	19.30	0.57	22.99	1.00	22.99
0.339	78	2	TRABE	2.86	18.48	0.55	21.90	1.00	21.90
0.339	90	2	TRABE	3.05	19.10	0.57	22.72	1.00	22.72
0.339	102	2	TRABE	3.04	19.06	0.57	22.66	1.00	22.66
0.339	126	2	TRABE	3.13	19.36	0.58	23.06	1.00	23.06
0.339	71	3	TRABE	3.53	17.96	0.75	22.25	1.00	22.25
0.339	79	3	TRABE	3.59	18.10	0.75	22.44	1.00	22.44
0.339	91	3	TRABE	3.63	18.22	0.76	22.61	1.00	22.61
0.339	103	3	TRABE	3.32	17.38	0.73	21.43	1.00	21.43

0.339	127	3	TRABE	3.61	18.16	0.76	22.52	1.00	22.52
0.339	72	4	TRABE	10.89	4.38	2.28	17.55	1.00	17.55
0.339	80	4	TRABE	11.12	4.43	2.30	17.85	1.00	17.85
0.339	92	4	TRABE	11.47	4.50	2.33	18.31	1.00	18.31
0.339	96	4	TRABE	11.07	4.42	2.30	17.79	1.00	17.79
0.339	104	4	TRABE	11.68	4.55	2.35	18.57	1.00	18.57
0.339	128	4	TRABE	10.79	4.36	2.27	17.42	1.00	17.42
							21.17	21.00	444.64

Tabla 52. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=4.238%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 111.16 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.339	69	1	TRABE	22.59	1.00	4.00	5.65
0.339	77	1	TRABE	22.42	1.00	4.00	5.60
0.339	89	1	TRABE	22.62	1.00	4.00	5.65
0.339	101	1	TRABE	22.67	1.00	4.00	5.67
0.339	125	1	TRABE	22.27	1.00	4.00	5.57
0.339	70	2	TRABE	22.99	1.00	4.00	5.75
0.339	78	2	TRABE	21.90	1.00	4.00	5.48
0.339	90	2	TRABE	22.72	1.00	4.00	5.68
0.339	102	2	TRABE	22.66	1.00	4.00	5.67
0.339	126	2	TRABE	23.06	1.00	4.00	5.77
0.339	71	3	TRABE	22.25	1.00	4.00	5.56
0.339	79	3	TRABE	22.44	1.00	4.00	5.61
0.339	91	3	TRABE	22.61	1.00	4.00	5.65
0.339	103	3	TRABE	21.43	1.00	4.00	5.36
0.339	127	3	TRABE	22.52	1.00	4.00	5.63
0.339	72	4	TRABE	17.55	1.00	4.00	4.39
0.339	80	4	TRABE	17.85	1.00	4.00	4.46
0.339	92	4	TRABE	18.31	1.00	4.00	4.58
0.339	96	4	TRABE	17.79	1.00	4.00	4.45
0.339	104	4	TRABE	18.57	1.00	4.00	4.64
0.339	128	4	TRABE	17.42	1.00	4.00	4.36
				444.64	111.16		

Tabla 53. *TREP* total para el *edp*=4.238%.

EDP 4.655%

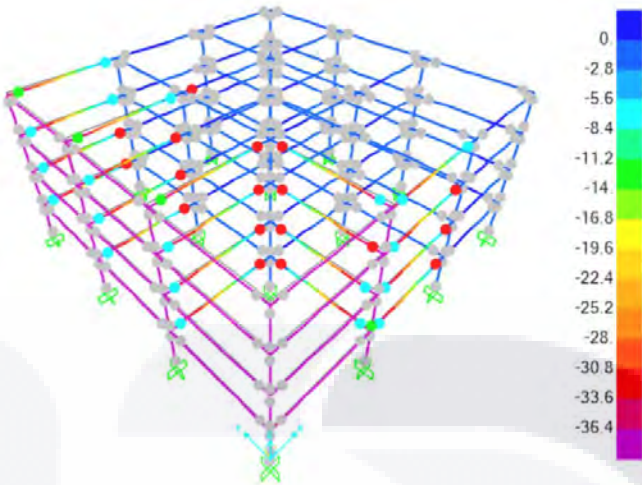


Ilustración 57. Estado general de la estructura con 4.655% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=4.655\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.3724	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.70	0.29	2.29
0.3724	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.70	0.29	2.29
0.3724	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.70	0.29	2.29
0.3724	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.70	0.29	2.29
0.3724	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.70	0.29	2.29
0.3724	70	2	TRABE	0.00	0.01	0.70	0.29	2.29
0.3724	78	2	TRABE	0.00	0.01	0.70	0.29	2.29
0.3724	90	2	TRABE	0.00	0.01	0.70	0.29	2.29
0.3724	102	2	TRABE	0.00	0.01	0.70	0.29	2.29
0.3724	126	2	TRABE	0.00	0.01	0.70	0.29	2.29
0.3724	71	3	TRABE	0.00	0.01	0.66	0.33	2.32
0.3724	79	3	TRABE	0.00	0.01	0.66	0.33	2.32
0.3724	91	3	TRABE	0.00	0.01	0.66	0.33	2.32
0.3724	103	3	TRABE	0.00	0.01	0.66	0.33	2.32
0.3724	127	3	TRABE	0.00	0.01	0.66	0.33	2.32
0.3724	72	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89
0.3724	80	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89
0.3724	92	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89
0.3724	96	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89
0.3724	104	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89
0.3724	128	4	TRABE	0.00	0.37	0.37	0.26	1.89

Tabla 54. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=4.655%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.3724	69	1	TRABE	0.64	0.36	15.27	24.44	29.04
0.3724	77	1	TRABE	0.15	-1.04	14.62	23.90	28.50
0.3724	89	1	TRABE	0.22	-0.79	14.74	23.99	28.59
0.3724	101	1	TRABE	0.09	-1.37	14.47	23.77	28.37
0.3724	125	1	TRABE	0.09	-1.36	14.47	23.77	28.37
0.3724	70	2	TRABE	0.96	1.79	15.92	25.00	29.60
0.3724	78	2	TRABE	0.27	-0.63	14.81	24.06	28.66
0.3724	90	2	TRABE	0.85	1.04	15.58	24.71	29.31
0.3724	102	2	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.3724	126	2	TRABE	0.30	-0.51	14.86	24.10	28.70
0.3724	71	3	TRABE	0.05	-1.64	14.35	23.66	28.26
0.3724	79	3	TRABE	0.40	-0.24	14.99	24.20	28.80
0.3724	91	3	TRABE	0.30	-0.51	14.86	24.10	28.70
0.3724	103	3	TRABE	0.96	1.72	15.89	24.97	29.57
0.3724	127	3	TRABE	0.99	2.33	16.17	25.21	29.81
0.3724	72	4	TRABE	0.55	0.12	15.15	24.35	28.95
0.3724	80	4	TRABE	0.40	-0.24	14.99	24.21	28.81
0.3724	92	4	TRABE	0.19	-0.87	14.70	23.96	28.56
0.3724	96	4	TRABE	0.97	1.82	15.94	25.01	29.61
0.3724	104	4	TRABE	0.93	1.44	15.76	24.86	29.46
0.3724	128	4	TRABE	0.49	-0.03	15.09	24.29	28.89

Tabla 55. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.655\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.3724	69	1	TRABE	0.06	17.16	8.54	25.76	1.00	25.76
0.3724	77	1	TRABE	0.05	16.78	8.38	25.21	1.00	25.21
0.3724	89	1	TRABE	0.06	16.84	8.41	25.31	1.00	25.31
0.3724	101	1	TRABE	0.05	16.69	8.35	25.09	1.00	25.09
0.3724	125	1	TRABE	0.05	16.69	8.35	25.09	1.00	25.09
0.3724	70	2	TRABE	0.08	17.52	8.71	26.31	1.00	26.31
0.3724	78	2	TRABE	0.08	16.86	8.43	25.36	1.00	25.36
0.3724	90	2	TRABE	0.08	17.31	8.62	26.01	1.00	26.01
0.3724	102	2	TRABE	0.08	16.91	8.45	25.43	1.00	25.43
0.3724	126	2	TRABE	0.08	16.89	8.44	25.41	1.00	25.41
0.3724	71	3	TRABE	0.09	15.71	9.31	25.12	1.00	25.12
0.3724	79	3	TRABE	0.10	16.07	9.49	25.66	1.00	25.66
0.3724	91	3	TRABE	0.10	16.00	9.45	25.56	1.00	25.56
0.3724	103	3	TRABE	0.10	16.58	9.74	26.42	1.00	26.42
0.3724	127	3	TRABE	0.11	16.74	9.82	26.66	1.00	26.66

0.3724	72	4	TRABE	5.66	8.92	7.53	22.11	1.00	22.11
0.3724	80	4	TRABE	5.60	8.87	7.49	21.96	1.00	21.96
0.3724	92	4	TRABE	5.49	8.78	7.43	21.70	1.00	21.70
0.3724	96	4	TRABE	5.95	9.17	7.70	22.82	1.00	22.82
0.3724	104	4	TRABE	5.88	9.11	7.66	22.66	1.00	22.66
0.3724	128	4	TRABE	5.63	8.90	7.51	22.05	1.00	22.05
							24.65	21.00	517.70

Tabla 56. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, *edp*=4.655%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 129.42 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.3724	69	1	TRABE	25.76	1.00	4.00	6.44
0.3724	77	1	TRABE	25.21	1.00	4.00	6.30
0.3724	89	1	TRABE	25.31	1.00	4.00	6.33
0.3724	101	1	TRABE	25.09	1.00	4.00	6.27
0.3724	125	1	TRABE	25.09	1.00	4.00	6.27
0.3724	70	2	TRABE	26.31	1.00	4.00	6.58
0.3724	78	2	TRABE	25.36	1.00	4.00	6.34
0.3724	90	2	TRABE	26.01	1.00	4.00	6.50
0.3724	102	2	TRABE	25.43	1.00	4.00	6.36
0.3724	126	2	TRABE	25.41	1.00	4.00	6.35
0.3724	71	3	TRABE	25.12	1.00	4.00	6.28
0.3724	79	3	TRABE	25.66	1.00	4.00	6.41
0.3724	91	3	TRABE	25.56	1.00	4.00	6.39
0.3724	103	3	TRABE	26.42	1.00	4.00	6.61
0.3724	127	3	TRABE	26.66	1.00	4.00	6.67
0.3724	72	4	TRABE	22.11	1.00	4.00	5.53
0.3724	80	4	TRABE	21.96	1.00	4.00	5.49
0.3724	92	4	TRABE	21.70	1.00	4.00	5.43
0.3724	96	4	TRABE	22.82	1.00	4.00	5.70
0.3724	104	4	TRABE	22.66	1.00	4.00	5.67
0.3724	128	4	TRABE	22.05	1.00	4.00	5.51
				517.70			129.42

Tabla 57. *TREP* total para el *edp*=4.655%.

EDP 5.071%

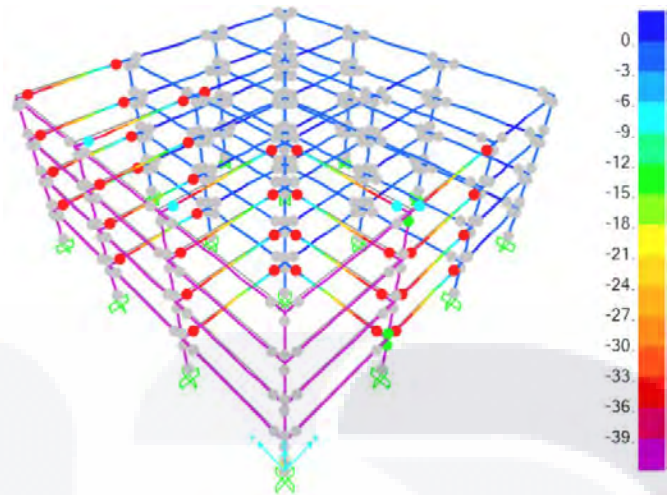


Ilustración 58. Estado general de la estructura con 5.071% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=5.071\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]	
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS	
0.4057	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.20	0.80	2.80	
0.4057	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.18	0.82	2.82	
0.4057	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.18	0.82	2.82	
0.4057	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.18	0.82	2.82	
0.4057	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.18	0.82	2.82	
0.4057	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.18	0.82	2.82	
0.4057	72	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	
0.4057	80	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	
0.4057	92	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	
0.4057	96	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	
0.4057	104	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	
0.4057	128	4	TRABE	0.00	0.12	0.36	0.52	2.41	

Tabla 58. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=5.071\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.4057	69	1	TRABE	0.32	-0.47	14.88	24.12	28.72
0.4057	77	1	TRABE	0.87	1.12	15.62	24.74	29.34
0.4057	89	1	TRABE	0.46	-0.10	15.05	24.26	28.86
0.4057	101	1	TRABE	0.39	-0.28	14.97	24.19	28.79
0.4057	125	1	TRABE	0.92	1.40	15.75	24.85	29.45
0.4057	70	2	TRABE	0.91	1.37	15.73	24.83	29.43
0.4057	78	2	TRABE	0.83	0.97	15.55	24.68	29.28
0.4057	90	2	TRABE	0.21	-0.82	14.72	23.98	28.58
0.4057	102	2	TRABE	0.75	0.66	15.40	24.56	29.16
0.4057	126	2	TRABE	0.16	-0.98	14.65	23.92	28.52
0.4057	71	3	TRABE	0.28	-0.58	14.83	24.08	28.68
0.4057	79	3	TRABE	0.77	0.75	15.44	24.59	29.19
0.4057	91	3	TRABE	0.85	1.03	15.57	24.70	29.30
0.4057	103	3	TRABE	0.41	-0.23	15.00	24.21	28.81
0.4057	127	3	TRABE	0.91	1.32	15.71	24.81	29.41
0.4057	72	4	TRABE	0.97	1.89	15.97	25.04	29.64
0.4057	80	4	TRABE	0.99	2.37	16.19	25.22	29.82
0.4057	92	4	TRABE	0.56	0.14	15.17	24.36	28.96
0.4057	96	4	TRABE	0.63	0.32	15.25	24.43	29.03
0.4057	104	4	TRABE	0.98	1.97	16.01	25.07	29.67
0.4057	128	4	TRABE	0.45	-0.13	15.04	24.25	28.85

Tabla 59. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=5.071\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.4057	69	1	TRABE	0.00	4.80	23.00	27.80	1.00	27.80
0.4057	77	1	TRABE	0.00	4.92	23.50	28.42	1.00	28.42
0.4057	89	1	TRABE	0.00	4.83	23.12	27.94	1.00	27.94
0.4057	101	1	TRABE	0.00	4.81	23.06	27.88	1.00	27.88
0.4057	125	1	TRABE	0.00	4.94	23.59	28.53	1.00	28.53
0.4057	70	2	TRABE	0.00	4.94	23.58	28.52	1.00	28.52
0.4057	78	2	TRABE	0.00	4.91	23.45	28.36	1.00	28.36
0.4057	90	2	TRABE	0.00	4.77	22.89	27.66	1.00	27.66
0.4057	102	2	TRABE	0.00	4.88	23.36	28.24	1.00	28.24
0.4057	126	2	TRABE	0.00	4.76	22.84	27.60	1.00	27.60
0.4057	71	3	TRABE	0.00	4.26	23.60	27.86	1.00	27.86
0.4057	79	3	TRABE	0.00	4.35	24.03	28.38	1.00	28.38
0.4057	91	3	TRABE	0.00	4.37	24.12	28.49	1.00	28.49
0.4057	103	3	TRABE	0.00	4.28	23.72	28.00	1.00	28.00
0.4057	127	3	TRABE	0.00	4.39	24.21	28.60	1.00	28.60

0.4057	72	4	TRABE	1.84	9.10	15.45	26.39	1.00	26.39
0.4057	80	4	TRABE	1.87	9.16	15.54	26.58	1.00	26.58
0.4057	92	4	TRABE	1.75	8.85	15.09	25.69	1.00	25.69
0.4057	96	4	TRABE	1.76	8.87	15.13	25.76	1.00	25.76
0.4057	104	4	TRABE	1.85	9.11	15.46	26.42	1.00	26.42
0.4057	128	4	TRABE	1.74	8.81	15.04	25.58	1.00	25.58
							27.56	21.00	578.71

Tabla 60. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=5.071%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 144.68 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.4057	69	1	TRABE	27.80	1.00	4.00	6.95
0.4057	77	1	TRABE	28.42	1.00	4.00	7.11
0.4057	89	1	TRABE	27.94	1.00	4.00	6.99
0.4057	101	1	TRABE	27.88	1.00	4.00	6.97
0.4057	125	1	TRABE	28.53	1.00	4.00	7.13
0.4057	70	2	TRABE	28.52	1.00	4.00	7.13
0.4057	78	2	TRABE	28.36	1.00	4.00	7.09
0.4057	90	2	TRABE	27.66	1.00	4.00	6.92
0.4057	102	2	TRABE	28.24	1.00	4.00	7.06
0.4057	126	2	TRABE	27.60	1.00	4.00	6.90
0.4057	71	3	TRABE	27.86	1.00	4.00	6.97
0.4057	79	3	TRABE	28.38	1.00	4.00	7.09
0.4057	91	3	TRABE	28.49	1.00	4.00	7.12
0.4057	103	3	TRABE	28.00	1.00	4.00	7.00
0.4057	127	3	TRABE	28.60	1.00	4.00	7.15
0.4057	72	4	TRABE	26.39	1.00	4.00	6.60
0.4057	80	4	TRABE	26.58	1.00	4.00	6.64
0.4057	92	4	TRABE	25.69	1.00	4.00	6.42
0.4057	96	4	TRABE	25.76	1.00	4.00	6.44
0.4057	104	4	TRABE	26.42	1.00	4.00	6.61
0.4057	128	4	TRABE	25.58	1.00	4.00	6.40
				578.71			144.68

Tabla 61. *TREP* total para el *edp*=5.071%.

EDP 5.488%

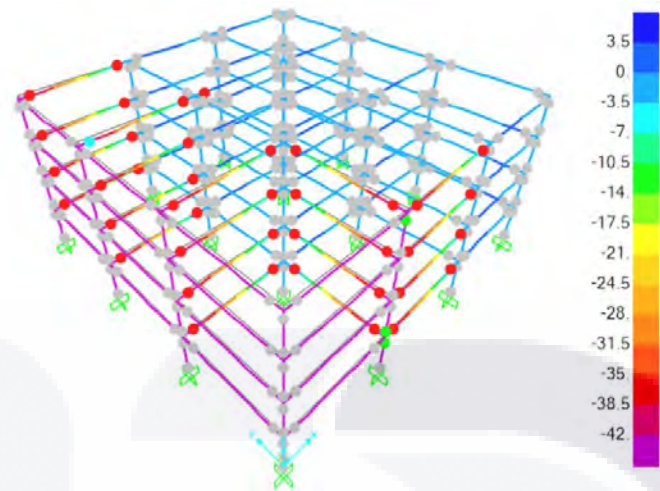


Ilustración 59. Estado general de la estructura con 5.488% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=5.488\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]	
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS	
0.439	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.02	0.98	2.98	
0.439	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99	
0.439	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99	
0.439	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99	
0.439	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99	
0.439	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99	
0.439	72	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	
0.439	80	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	
0.439	92	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	
0.439	96	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	
0.439	104	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	
0.439	128	4	TRABE	0.00	0.02	0.22	0.76	2.73	

Tabla 62. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=5.488\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.439	69	1	TRABE	0.85	1.04	15.58	24.70	29.30
0.439	77	1	TRABE	0.10	-1.27	14.51	23.80	28.40
0.439	89	1	TRABE	0.60	0.24	15.21	24.39	28.99
0.439	101	1	TRABE	0.56	0.14	15.16	24.35	28.95
0.439	125	1	TRABE	0.99	2.47	16.24	25.26	29.86
0.439	70	2	TRABE	0.17	-0.95	14.66	23.93	28.53
0.439	78	2	TRABE	0.92	1.39	15.74	24.84	29.44
0.439	90	2	TRABE	0.51	0.03	15.11	24.31	28.91
0.439	102	2	TRABE	0.58	0.21	15.19	24.38	28.98
0.439	126	2	TRABE	0.38	-0.31	14.96	24.18	28.78
0.439	71	3	TRABE	0.74	0.64	15.40	24.55	29.15
0.439	79	3	TRABE	0.12	-1.18	14.56	23.84	28.44
0.439	91	3	TRABE	0.87	1.11	15.61	24.73	29.33
0.439	103	3	TRABE	0.10	-1.27	14.52	23.80	28.40
0.439	127	3	TRABE	0.89	1.23	15.67	24.78	29.38
0.439	72	4	TRABE	0.97	1.89	15.97	25.04	29.64
0.439	80	4	TRABE	0.83	0.95	15.54	24.67	29.27
0.439	92	4	TRABE	0.95	1.61	15.84	24.93	29.53
0.439	96	4	TRABE	0.13	-1.14	14.58	23.85	28.45
0.439	104	4	TRABE	0.48	-0.05	15.08	24.28	28.88
0.439	128	4	TRABE	0.44	-0.14	15.03	24.24	28.84

Tabla 63. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=5.488\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.439	69	1	TRABE	0.00	0.42	28.81	29.23	1.00	29.23
0.439	77	1	TRABE	0.00	0.40	27.92	28.33	1.00	28.33
0.439	89	1	TRABE	0.00	0.41	28.50	28.92	1.00	28.92
0.439	101	1	TRABE	0.00	0.41	28.47	28.88	1.00	28.88
0.439	125	1	TRABE	0.00	0.43	29.36	29.79	1.00	29.79
0.439	70	2	TRABE	0.00	0.40	28.05	28.45	1.00	28.45
0.439	78	2	TRABE	0.00	0.42	28.95	29.37	1.00	29.37
0.439	90	2	TRABE	0.00	0.41	28.42	28.83	1.00	28.83
0.439	102	2	TRABE	0.00	0.41	28.49	28.90	1.00	28.90
0.439	126	2	TRABE	0.00	0.41	28.29	28.70	1.00	28.70
0.439	71	3	TRABE	0.00	0.35	28.73	29.08	1.00	29.08
0.439	79	3	TRABE	0.00	0.34	28.03	28.38	1.00	28.38
0.439	91	3	TRABE	0.00	0.35	28.91	29.27	1.00	29.27
0.439	103	3	TRABE	0.00	0.34	28.00	28.34	1.00	28.34
0.439	127	3	TRABE	0.00	0.35	28.96	29.31	1.00	29.31

0.439	72	4	TRABE	0.36	5.54	22.41	28.31	1.00	28.31
0.439	80	4	TRABE	0.35	5.46	22.14	27.95	1.00	27.95
0.439	92	4	TRABE	0.36	5.51	22.33	28.20	1.00	28.20
0.439	96	4	TRABE	0.33	5.27	21.52	27.12	1.00	27.12
0.439	104	4	TRABE	0.34	5.37	21.84	27.55	1.00	27.55
0.439	128	4	TRABE	0.34	5.36	21.81	27.51	1.00	27.51
							28.59	21.00	600.41

Tabla 64. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=5.488%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 150.10 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.439	69	1	TRABE	29.23	1.00	4.00	7.31
0.439	77	1	TRABE	28.33	1.00	4.00	7.08
0.439	89	1	TRABE	28.92	1.00	4.00	7.23
0.439	101	1	TRABE	28.88	1.00	4.00	7.22
0.439	125	1	TRABE	29.79	1.00	4.00	7.45
0.439	70	2	TRABE	28.45	1.00	4.00	7.11
0.439	78	2	TRABE	29.37	1.00	4.00	7.34
0.439	90	2	TRABE	28.83	1.00	4.00	7.21
0.439	102	2	TRABE	28.90	1.00	4.00	7.23
0.439	126	2	TRABE	28.70	1.00	4.00	7.18
0.439	71	3	TRABE	29.08	1.00	4.00	7.27
0.439	79	3	TRABE	28.38	1.00	4.00	7.09
0.439	91	3	TRABE	29.27	1.00	4.00	7.32
0.439	103	3	TRABE	28.34	1.00	4.00	7.08
0.439	127	3	TRABE	29.31	1.00	4.00	7.33
0.439	72	4	TRABE	28.31	1.00	4.00	7.08
0.439	80	4	TRABE	27.95	1.00	4.00	6.99
0.439	92	4	TRABE	28.20	1.00	4.00	7.05
0.439	96	4	TRABE	27.12	1.00	4.00	6.78
0.439	104	4	TRABE	27.55	1.00	4.00	6.89
0.439	128	4	TRABE	27.51	1.00	4.00	6.88
				600.41			150.10

Tabla 65. *TREP* total para el *edp*=5.488%.

EDP 5.905%

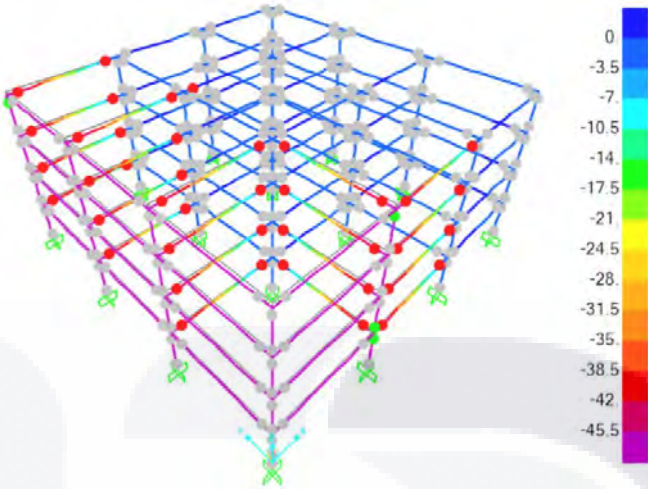


Ilustración 60. Estado general de la estructura con 5.905% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=5.905\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.4724	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.4724	72	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90
0.4724	80	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90
0.4724	92	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90
0.4724	96	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90
0.4724	104	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90
0.4724	128	4	TRABE	0.00	0.00	0.10	0.90	2.90

Tabla 66. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=5.905\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.4724	69	1	TRABE	0.02	-1.98	14.19	23.53	28.13
0.4724	77	1	TRABE	0.77	0.73	15.43	24.58	29.18
0.4724	89	1	TRABE	0.34	-0.41	14.91	24.14	28.74
0.4724	101	1	TRABE	0.35	-0.39	14.92	24.15	28.75
0.4724	125	1	TRABE	0.03	-1.82	14.26	23.59	28.19
0.4724	70	2	TRABE	0.03	-1.84	14.26	23.58	28.18
0.4724	78	2	TRABE	0.90	1.30	15.70	24.81	29.41
0.4724	90	2	TRABE	0.64	0.37	15.27	24.44	29.04
0.4724	102	2	TRABE	0.37	-0.34	14.94	24.17	28.77
0.4724	126	2	TRABE	0.52	0.05	15.12	24.32	28.92
0.4724	71	3	TRABE	0.90	1.26	15.68	24.79	29.39
0.4724	79	3	TRABE	0.84	1.00	15.56	24.69	29.29
0.4724	91	3	TRABE	0.23	-0.73	14.77	24.02	28.62
0.4724	103	3	TRABE	0.07	-1.48	14.42	23.72	28.32
0.4724	127	3	TRABE	0.28	-0.60	14.83	24.07	28.67
0.4724	72	4	TRABE	0.21	-0.81	14.73	23.98	28.58
0.4724	80	4	TRABE	0.17	-0.95	14.66	23.93	28.53
0.4724	92	4	TRABE	0.45	-0.12	15.05	24.25	28.85
0.4724	96	4	TRABE	0.45	-0.12	15.05	24.25	28.85
0.4724	104	4	TRABE	0.05	-1.64	14.34	23.66	28.26
0.4724	128	4	TRABE	0.03	-1.92	14.21	23.55	28.15

Tabla 67. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=5.905\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.4724	69	1	TRABE	0.00	0.00	28.12	28.13	1.00	28.13
0.4724	77	1	TRABE	0.00	0.00	29.18	29.18	1.00	29.18
0.4724	89	1	TRABE	0.00	0.00	28.73	28.74	1.00	28.74
0.4724	101	1	TRABE	0.00	0.00	28.74	28.75	1.00	28.75
0.4724	125	1	TRABE	0.00	0.00	28.18	28.19	1.00	28.19
0.4724	70	2	TRABE	0.00	0.01	28.17	28.18	1.00	28.18
0.4724	78	2	TRABE	0.00	0.01	29.39	29.40	1.00	29.40
0.4724	90	2	TRABE	0.00	0.01	29.03	29.04	1.00	29.04
0.4724	102	2	TRABE	0.00	0.01	28.75	28.76	1.00	28.76
0.4724	126	2	TRABE	0.00	0.01	28.90	28.92	1.00	28.92
0.4724	71	3	TRABE	0.00	0.01	29.38	29.39	1.00	29.39
0.4724	79	3	TRABE	0.00	0.01	29.28	29.29	1.00	29.29
0.4724	91	3	TRABE	0.00	0.01	28.61	28.62	1.00	28.62
0.4724	103	3	TRABE	0.00	0.01	28.31	28.32	1.00	28.32
0.4724	127	3	TRABE	0.00	0.01	28.66	28.67	1.00	28.67
0.4724	72	4	TRABE	0.04	2.29	25.77	28.10	1.00	28.10
0.4724	80	4	TRABE	0.04	2.28	25.72	28.05	1.00	28.05

0.4724	92	4	TRABE	0.04	2.32	26.02	28.37	1.00	28.37
0.4724	96	4	TRABE	0.04	2.32	26.01	28.37	1.00	28.37
0.4724	104	4	TRABE	0.04	2.26	25.48	27.78	1.00	27.78
0.4724	128	4	TRABE	0.04	2.25	25.38	27.67	1.00	27.67
							28.57	21.00	599.92

Tabla 68. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=5.905\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 149.98 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.4724	69	1	TRABE	28.13	1.00	4.00	7.03
0.4724	77	1	TRABE	29.18	1.00	4.00	7.30
0.4724	89	1	TRABE	28.74	1.00	4.00	7.18
0.4724	101	1	TRABE	28.75	1.00	4.00	7.19
0.4724	125	1	TRABE	28.19	1.00	4.00	7.05
0.4724	70	2	TRABE	28.18	1.00	4.00	7.05
0.4724	78	2	TRABE	29.40	1.00	4.00	7.35
0.4724	90	2	TRABE	29.04	1.00	4.00	7.26
0.4724	102	2	TRABE	28.76	1.00	4.00	7.19
0.4724	126	2	TRABE	28.92	1.00	4.00	7.23
0.4724	71	3	TRABE	29.39	1.00	4.00	7.35
0.4724	79	3	TRABE	29.29	1.00	4.00	7.32
0.4724	91	3	TRABE	28.62	1.00	4.00	7.15
0.4724	103	3	TRABE	28.32	1.00	4.00	7.08
0.4724	127	3	TRABE	28.67	1.00	4.00	7.17
0.4724	72	4	TRABE	28.10	1.00	4.00	7.03
0.4724	80	4	TRABE	28.05	1.00	4.00	7.01
0.4724	92	4	TRABE	28.37	1.00	4.00	7.09
0.4724	96	4	TRABE	28.37	1.00	4.00	7.09
0.4724	104	4	TRABE	27.78	1.00	4.00	6.94
0.4724	128	4	TRABE	27.67	1.00	4.00	6.92
				599.92	149.98		

Tabla 69. *TREP* total para el $edp=5.905\%$.

EDP 6.321%

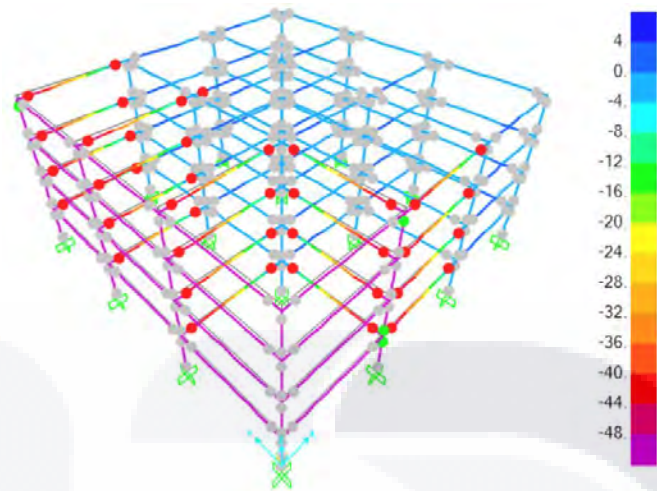


Ilustración 61. Estado general de la estructura con 6.321% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=6.321\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.5057	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5057	72	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97
0.5057	80	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97
0.5057	92	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97
0.5057	96	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97
0.5057	104	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97
0.5057	128	4	TRABE	0.00	0.00	0.03	0.97	2.97

Tabla 70. Tabla probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=6.321\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.5057	69	1	TRABE	0.15	-1.02	14.63	23.90	28.50
0.5057	77	1	TRABE	0.31	-0.50	14.87	24.10	28.70
0.5057	89	1	TRABE	0.28	-0.59	14.83	24.07	28.67
0.5057	101	1	TRABE	0.90	1.28	15.69	24.80	29.40
0.5057	125	1	TRABE	0.63	0.34	15.26	24.43	29.03
0.5057	70	2	TRABE	0.59	0.22	15.20	24.39	28.99
0.5057	78	2	TRABE	0.97	1.91	15.98	25.04	29.64
0.5057	90	2	TRABE	0.27	-0.61	14.82	24.06	28.66
0.5057	102	2	TRABE	0.27	-0.61	14.82	24.06	28.66
0.5057	126	2	TRABE	0.61	0.28	15.23	24.41	29.01
0.5057	71	3	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.5057	79	3	TRABE	0.29	-0.56	14.84	24.08	28.68
0.5057	91	3	TRABE	0.45	-0.13	15.04	24.25	28.85
0.5057	103	3	TRABE	0.11	-1.25	14.53	23.81	28.41
0.5057	127	3	TRABE	0.60	0.26	15.22	24.40	29.00
0.5057	72	4	TRABE	0.35	-0.37	14.93	24.15	28.75
0.5057	80	4	TRABE	0.26	-0.64	14.81	24.05	28.65
0.5057	92	4	TRABE	0.68	0.47	15.32	24.48	29.08
0.5057	96	4	TRABE	0.32	-0.45	14.89	24.12	28.72
0.5057	104	4	TRABE	0.19	-0.88	14.69	23.96	28.56
0.5057	128	4	TRABE	0.03	-1.92	14.22	23.55	28.15

Tabla 71. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=6.321\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.5057	69	1	TRABE	0.00	0.00	28.50	28.50	1.00	28.50
0.5057	77	1	TRABE	0.00	0.00	28.70	28.70	1.00	28.70
0.5057	89	1	TRABE	0.00	0.00	28.67	28.67	1.00	28.67
0.5057	101	1	TRABE	0.00	0.00	29.40	29.40	1.00	29.40
0.5057	125	1	TRABE	0.00	0.00	29.03	29.03	1.00	29.03
0.5057	70	2	TRABE	0.00	0.00	28.99	28.99	1.00	28.99
0.5057	78	2	TRABE	0.00	0.00	29.64	29.64	1.00	29.64
0.5057	90	2	TRABE	0.00	0.00	28.66	28.66	1.00	28.66
0.5057	102	2	TRABE	0.00	0.00	28.66	28.66	1.00	28.66
0.5057	126	2	TRABE	0.00	0.00	29.01	29.01	1.00	29.01
0.5057	71	3	TRABE	0.00	0.00	28.73	28.73	1.00	28.73
0.5057	79	3	TRABE	0.00	0.00	28.68	28.68	1.00	28.68
0.5057	91	3	TRABE	0.00	0.00	28.85	28.85	1.00	28.85
0.5057	103	3	TRABE	0.00	0.00	28.41	28.41	1.00	28.41
0.5057	127	3	TRABE	0.00	0.00	29.00	29.00	1.00	29.00
0.5057	72	4	TRABE	0.00	0.78	27.82	28.60	1.00	28.60

0.5057	80	4	TRABE	0.00	0.78	27.72	28.50	1.00	28.50
0.5057	92	4	TRABE	0.00	0.79	28.14	28.93	1.00	28.93
0.5057	96	4	TRABE	0.00	0.78	27.79	28.57	1.00	28.57
0.5057	104	4	TRABE	0.00	0.77	27.63	28.40	1.00	28.40
0.5057	128	4	TRABE	0.00	0.76	27.23	28.00	1.00	28.00
							28.76	21.00	603.95

Tabla 72. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=6.321%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 150.99 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.5057	69	1	TRABE	28.50	1.00	4.00	7.13
0.5057	77	1	TRABE	28.70	1.00	4.00	7.18
0.5057	89	1	TRABE	28.67	1.00	4.00	7.17
0.5057	101	1	TRABE	29.40	1.00	4.00	7.35
0.5057	125	1	TRABE	29.03	1.00	4.00	7.26
0.5057	70	2	TRABE	28.99	1.00	4.00	7.25
0.5057	78	2	TRABE	29.64	1.00	4.00	7.41
0.5057	90	2	TRABE	28.66	1.00	4.00	7.17
0.5057	102	2	TRABE	28.66	1.00	4.00	7.17
0.5057	126	2	TRABE	29.01	1.00	4.00	7.25
0.5057	71	3	TRABE	28.73	1.00	4.00	7.18
0.5057	79	3	TRABE	28.68	1.00	4.00	7.17
0.5057	91	3	TRABE	28.85	1.00	4.00	7.21
0.5057	103	3	TRABE	28.41	1.00	4.00	7.10
0.5057	127	3	TRABE	29.00	1.00	4.00	7.25
0.5057	72	4	TRABE	28.60	1.00	4.00	7.15
0.5057	80	4	TRABE	28.50	1.00	4.00	7.12
0.5057	92	4	TRABE	28.93	1.00	4.00	7.23
0.5057	96	4	TRABE	28.57	1.00	4.00	7.14
0.5057	104	4	TRABE	28.40	1.00	4.00	7.10
0.5057	128	4	TRABE	28.00	1.00	4.00	7.00
				603.95			150.99

Tabla 73. *TREP* total para el *edp*=6.321%.

EDP 6.738%

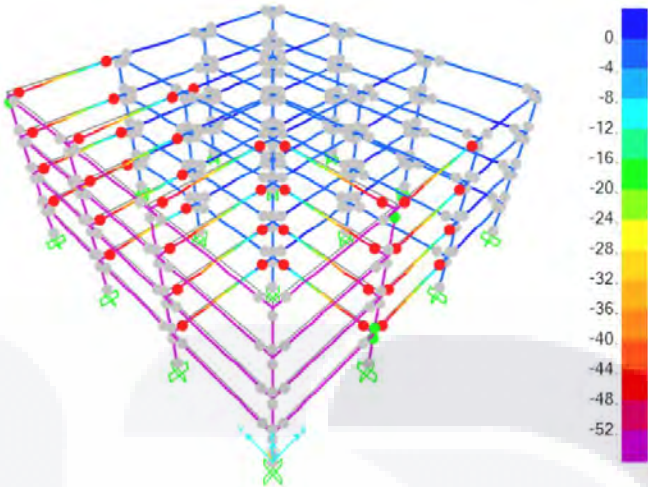


Ilustración 62. Estado general de la estructura con 6.738% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=6.738\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.539	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.539	72	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99
0.539	80	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99
0.539	92	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99
0.539	96	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99
0.539	104	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99
0.539	128	4	TRABE	0.00	0.00	0.01	0.99	2.99

Tabla 74. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=6.738\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.539	69	1	TRABE	0.48	-0.05	15.08	24.28	28.88
0.539	77	1	TRABE	0.10	-1.29	14.51	23.80	28.40
0.539	89	1	TRABE	0.03	-1.89	14.23	23.56	28.16
0.539	101	1	TRABE	0.21	-0.82	14.72	23.98	28.58
0.539	125	1	TRABE	0.62	0.31	15.24	24.42	29.02
0.539	70	2	TRABE	0.99	2.34	16.18	25.21	29.81
0.539	78	2	TRABE	0.85	1.02	15.57	24.70	29.30
0.539	90	2	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.539	102	2	TRABE	0.85	1.05	15.58	24.71	29.31
0.539	126	2	TRABE	0.25	-0.68	14.79	24.04	28.64
0.539	71	3	TRABE	0.17	-0.94	14.67	23.93	28.53
0.539	79	3	TRABE	0.42	-0.19	15.01	24.22	28.82
0.539	91	3	TRABE	0.88	1.15	15.63	24.75	29.35
0.539	103	3	TRABE	0.20	-0.86	14.71	23.97	28.57
0.539	127	3	TRABE	0.36	-0.37	14.93	24.16	28.76
0.539	72	4	TRABE	0.22	-0.76	14.75	24.00	28.60
0.539	80	4	TRABE	0.83	0.95	15.54	24.67	29.27
0.539	92	4	TRABE	0.21	-0.79	14.74	23.99	28.59
0.539	96	4	TRABE	0.67	0.43	15.30	24.47	29.07
0.539	104	4	TRABE	0.90	1.28	15.69	24.80	29.40
0.539	128	4	TRABE	0.87	1.13	15.62	24.74	29.34

Tabla 75. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=6.738\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.539	69	1	TRABE	0.00	0.00	28.88	28.88	1.00	28.88
0.539	77	1	TRABE	0.00	0.00	28.40	28.40	1.00	28.40
0.539	89	1	TRABE	0.00	0.00	28.16	28.16	1.00	28.16
0.539	101	1	TRABE	0.00	0.00	28.58	28.58	1.00	28.58
0.539	125	1	TRABE	0.00	0.00	29.02	29.02	1.00	29.02
0.539	70	2	TRABE	0.00	0.00	29.81	29.81	1.00	29.81
0.539	78	2	TRABE	0.00	0.00	29.30	29.30	1.00	29.30
0.539	90	2	TRABE	0.00	0.00	28.73	28.73	1.00	28.73
0.539	102	2	TRABE	0.00	0.00	29.31	29.31	1.00	29.31
0.539	126	2	TRABE	0.00	0.00	28.64	28.64	1.00	28.64
0.539	71	3	TRABE	0.00	0.00	28.53	28.53	1.00	28.53
0.539	79	3	TRABE	0.00	0.00	28.82	28.82	1.00	28.82
0.539	91	3	TRABE	0.00	0.00	29.35	29.35	1.00	29.35
0.539	103	3	TRABE	0.00	0.00	28.57	28.57	1.00	28.57
0.539	127	3	TRABE	0.00	0.00	28.76	28.76	1.00	28.76
0.539	72	4	TRABE	0.00	0.22	28.35	28.56	1.00	28.56
0.539	80	4	TRABE	0.00	0.22	29.01	29.23	1.00	29.23

0.539	92	4	TRABE	0.00	0.22	28.33	28.55	1.00	28.55
0.539	96	4	TRABE	0.00	0.22	28.81	29.03	1.00	29.03
0.539	104	4	TRABE	0.00	0.22	29.13	29.36	1.00	29.36
0.539	128	4	TRABE	0.00	0.22	29.07	29.30	1.00	29.30
							28.90	21.00	606.88

Tabla 76. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=6.738\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 151.72 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.539	69	1	TRABE	28.88	1.00	4.00	7.22
0.539	77	1	TRABE	28.40	1.00	4.00	7.10
0.539	89	1	TRABE	28.16	1.00	4.00	7.04
0.539	101	1	TRABE	28.58	1.00	4.00	7.15
0.539	125	1	TRABE	29.02	1.00	4.00	7.26
0.539	70	2	TRABE	29.81	1.00	4.00	7.45
0.539	78	2	TRABE	29.30	1.00	4.00	7.32
0.539	90	2	TRABE	28.73	1.00	4.00	7.18
0.539	102	2	TRABE	29.31	1.00	4.00	7.33
0.539	126	2	TRABE	28.64	1.00	4.00	7.16
0.539	71	3	TRABE	28.53	1.00	4.00	7.13
0.539	79	3	TRABE	28.82	1.00	4.00	7.21
0.539	91	3	TRABE	29.35	1.00	4.00	7.34
0.539	103	3	TRABE	28.57	1.00	4.00	7.14
0.539	127	3	TRABE	28.76	1.00	4.00	7.19
0.539	72	4	TRABE	28.56	1.00	4.00	7.14
0.539	80	4	TRABE	29.23	1.00	4.00	7.31
0.539	92	4	TRABE	28.55	1.00	4.00	7.14
0.539	96	4	TRABE	29.03	1.00	4.00	7.26
0.539	104	4	TRABE	29.36	1.00	4.00	7.34
0.539	128	4	TRABE	29.30	1.00	4.00	7.32
				606.88	151.72		

Tabla 77. *TREP* total para el $edp=6.738\%$

EDP 7.155%

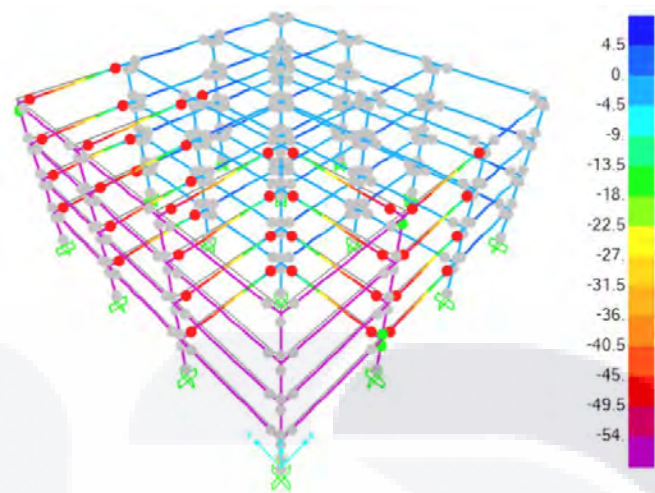


Ilustración 63. Estado general de la estructura con 7.155% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=7.155\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.5724	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	72	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	80	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	92	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	96	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	104	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.5724	128	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00

Tabla 78. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=7.155\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.5724	69	1	TRABE	0.48	-0.05	15.08	24.28	28.88
0.5724	77	1	TRABE	0.10	-1.29	14.51	23.80	28.40
0.5724	89	1	TRABE	0.03	-1.89	14.23	23.56	28.16
0.5724	101	1	TRABE	0.21	-0.82	14.72	23.98	28.58
0.5724	125	1	TRABE	0.62	0.31	15.24	24.42	29.02
0.5724	70	2	TRABE	0.99	2.34	16.18	25.21	29.81
0.5724	78	2	TRABE	0.85	1.02	15.57	24.70	29.30
0.5724	90	2	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.5724	102	2	TRABE	0.85	1.05	15.58	24.71	29.31
0.5724	126	2	TRABE	0.25	-0.68	14.79	24.04	28.64
0.5724	71	3	TRABE	0.17	-0.94	14.67	23.93	28.53
0.5724	79	3	TRABE	0.42	-0.19	15.01	24.22	28.82
0.5724	91	3	TRABE	0.88	1.15	15.63	24.75	29.35
0.5724	103	3	TRABE	0.20	-0.86	14.71	23.97	28.57
0.5724	127	3	TRABE	0.36	-0.37	14.93	24.16	28.76
0.5724	72	4	TRABE	0.22	-0.76	14.75	24.00	28.60
0.5724	80	4	TRABE	0.83	0.95	15.54	24.67	29.27
0.5724	92	4	TRABE	0.21	-0.79	14.74	23.99	28.59
0.5724	96	4	TRABE	0.67	0.43	15.30	24.47	29.07
0.5724	104	4	TRABE	0.90	1.28	15.69	24.80	29.40
0.5724	128	4	TRABE	0.87	1.13	15.62	24.74	29.34

Tabla 79. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=7.155\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.5724	69	1	TRABE	0.00	0.00	28.88	28.88	1.00	28.88
0.5724	77	1	TRABE	0.00	0.00	28.40	28.40	1.00	28.40
0.5724	89	1	TRABE	0.00	0.00	28.16	28.16	1.00	28.16
0.5724	101	1	TRABE	0.00	0.00	28.58	28.58	1.00	28.58
0.5724	125	1	TRABE	0.00	0.00	29.02	29.02	1.00	29.02
0.5724	70	2	TRABE	0.00	0.00	29.81	29.81	1.00	29.81
0.5724	78	2	TRABE	0.00	0.00	29.30	29.30	1.00	29.30
0.5724	90	2	TRABE	0.00	0.00	28.73	28.73	1.00	28.73
0.5724	102	2	TRABE	0.00	0.00	29.31	29.31	1.00	29.31
0.5724	126	2	TRABE	0.00	0.00	28.64	28.64	1.00	28.64
0.5724	71	3	TRABE	0.00	0.00	28.53	28.53	1.00	28.53
0.5724	79	3	TRABE	0.00	0.00	28.82	28.82	1.00	28.82
0.5724	91	3	TRABE	0.00	0.00	29.35	29.35	1.00	29.35
0.5724	103	3	TRABE	0.00	0.00	28.57	28.57	1.00	28.57
0.5724	127	3	TRABE	0.00	0.00	28.76	28.76	1.00	28.76
0.5724	72	4	TRABE	0.00	0.05	28.54	28.59	1.00	28.59
0.5724	80	4	TRABE	0.00	0.05	29.21	29.26	1.00	29.26

0.5724	92	4	TRABE	0.00	0.05	28.53	28.58	1.00	28.58
0.5724	96	4	TRABE	0.00	0.05	29.01	29.06	1.00	29.06
0.5724	104	4	TRABE	0.00	0.05	29.34	29.39	1.00	29.39
0.5724	128	4	TRABE	0.00	0.05	29.28	29.33	1.00	29.33
						28.91	21.00	607.07	

Tabla 80. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=7.155\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 151.77 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.5724	69	1	TRABE	28.88	1.00	4.00	7.22
0.5724	77	1	TRABE	28.40	1.00	4.00	7.10
0.5724	89	1	TRABE	28.16	1.00	4.00	7.04
0.5724	101	1	TRABE	28.58	1.00	4.00	7.15
0.5724	125	1	TRABE	29.02	1.00	4.00	7.26
0.5724	70	2	TRABE	29.81	1.00	4.00	7.45
0.5724	78	2	TRABE	29.30	1.00	4.00	7.32
0.5724	90	2	TRABE	28.73	1.00	4.00	7.18
0.5724	102	2	TRABE	29.31	1.00	4.00	7.33
0.5724	126	2	TRABE	28.64	1.00	4.00	7.16
0.5724	71	3	TRABE	28.53	1.00	4.00	7.13
0.5724	79	3	TRABE	28.82	1.00	4.00	7.21
0.5724	91	3	TRABE	29.35	1.00	4.00	7.34
0.5724	103	3	TRABE	28.57	1.00	4.00	7.14
0.5724	127	3	TRABE	28.76	1.00	4.00	7.19
0.5724	72	4	TRABE	28.59	1.00	4.00	7.15
0.5724	80	4	TRABE	29.26	1.00	4.00	7.32
0.5724	92	4	TRABE	28.58	1.00	4.00	7.15
0.5724	96	4	TRABE	29.06	1.00	4.00	7.26
0.5724	104	4	TRABE	29.39	1.00	4.00	7.35
0.5724	128	4	TRABE	29.33	1.00	4.00	7.33
				607.07			151.77

Tabla 81. *TREP* total para el $edp=7.155\%$.

EDP 7.571%

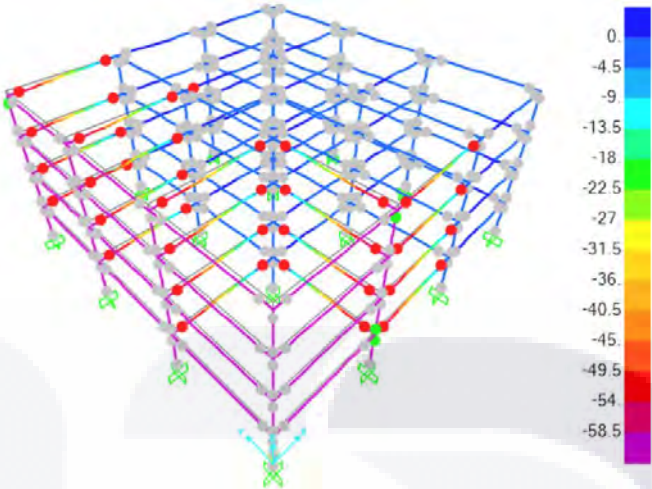


Ilustración 64. Estado general de la estructura con 7.571% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del PG_{TRABES} para el $edp=7.571\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.6057	69	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	77	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	89	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	101	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	125	1	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	70	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	78	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	90	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	102	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	126	2	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	71	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	79	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	91	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	103	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	127	3	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	72	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	80	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	92	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	96	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	104	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00
0.6057	128	4	TRABE	0.00	0.00	0.00	1.00	3.00

Tabla 82. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=7.571\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)				
				U	Z	Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3
0.6057	69	1	TRABE	0.48	-0.05	15.08	24.28	28.88
0.6057	77	1	TRABE	0.10	-1.29	14.51	23.80	28.40
0.6057	89	1	TRABE	0.03	-1.89	14.23	23.56	28.16
0.6057	101	1	TRABE	0.21	-0.82	14.72	23.98	28.58
0.6057	125	1	TRABE	0.62	0.31	15.24	24.42	29.02
0.6057	70	2	TRABE	0.99	2.34	16.18	25.21	29.81
0.6057	78	2	TRABE	0.85	1.02	15.57	24.70	29.30
0.6057	90	2	TRABE	0.33	-0.44	14.90	24.13	28.73
0.6057	102	2	TRABE	0.85	1.05	15.58	24.71	29.31
0.6057	126	2	TRABE	0.25	-0.68	14.79	24.04	28.64
0.6057	71	3	TRABE	0.17	-0.94	14.67	23.93	28.53
0.6057	79	3	TRABE	0.42	-0.19	15.01	24.22	28.82
0.6057	91	3	TRABE	0.88	1.15	15.63	24.75	29.35
0.6057	103	3	TRABE	0.20	-0.86	14.71	23.97	28.57
0.6057	127	3	TRABE	0.36	-0.37	14.93	24.16	28.76
0.6057	72	4	TRABE	0.22	-0.76	14.75	24.00	28.60
0.6057	80	4	TRABE	0.83	0.95	15.54	24.67	29.27
0.6057	92	4	TRABE	0.21	-0.79	14.74	23.99	28.59
0.6057	96	4	TRABE	0.67	0.43	15.30	24.47	29.07
0.6057	104	4	TRABE	0.90	1.28	15.69	24.80	29.40
0.6057	128	4	TRABE	0.87	1.13	15.62	24.74	29.34

Tabla 83. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=7.571\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk					
				Trep DS1	Trep DS2	Trep DS3	TREP	UK	TREP
0.6057	69	1	TRABE	0.00	0.00	28.88	28.88	1.00	28.88
0.6057	77	1	TRABE	0.00	0.00	28.40	28.40	1.00	28.40
0.6057	89	1	TRABE	0.00	0.00	28.16	28.16	1.00	28.16
0.6057	101	1	TRABE	0.00	0.00	28.58	28.58	1.00	28.58
0.6057	125	1	TRABE	0.00	0.00	29.02	29.02	1.00	29.02
0.6057	70	2	TRABE	0.00	0.00	29.81	29.81	1.00	29.81
0.6057	78	2	TRABE	0.00	0.00	29.30	29.30	1.00	29.30
0.6057	90	2	TRABE	0.00	0.00	28.73	28.73	1.00	28.73
0.6057	102	2	TRABE	0.00	0.00	29.31	29.31	1.00	29.31
0.6057	126	2	TRABE	0.00	0.00	28.64	28.64	1.00	28.64
0.6057	71	3	TRABE	0.00	0.00	28.53	28.53	1.00	28.53
0.6057	79	3	TRABE	0.00	0.00	28.82	28.82	1.00	28.82
0.6057	91	3	TRABE	0.00	0.00	29.35	29.35	1.00	29.35
0.6057	103	3	TRABE	0.00	0.00	28.57	28.57	1.00	28.57
0.6057	127	3	TRABE	0.00	0.00	28.76	28.76	1.00	28.76
0.6057	72	4	TRABE	0.00	0.01	28.59	28.60	1.00	28.60
0.6057	80	4	TRABE	0.00	0.01	29.26	29.27	1.00	29.27

0.6057	92	4	TRABE	0.00	0.01	28.58	28.59	1.00	28.59
0.6057	96	4	TRABE	0.00	0.01	29.06	29.07	1.00	29.07
0.6057	104	4	TRABE	0.00	0.01	29.39	29.40	1.00	29.40
0.6057	128	4	TRABE	0.00	0.01	29.33	29.34	1.00	29.34
						28.91	21.00	607.11	

Tabla 84. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=7.571\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 4 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 151.78 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.6057	69	1	TRABE	28.88	1.00	4.00	7.22
0.6057	77	1	TRABE	28.40	1.00	4.00	7.10
0.6057	89	1	TRABE	28.16	1.00	4.00	7.04
0.6057	101	1	TRABE	28.58	1.00	4.00	7.15
0.6057	125	1	TRABE	29.02	1.00	4.00	7.26
0.6057	70	2	TRABE	29.81	1.00	4.00	7.45
0.6057	78	2	TRABE	29.30	1.00	4.00	7.32
0.6057	90	2	TRABE	28.73	1.00	4.00	7.18
0.6057	102	2	TRABE	29.31	1.00	4.00	7.33
0.6057	126	2	TRABE	28.64	1.00	4.00	7.16
0.6057	71	3	TRABE	28.53	1.00	4.00	7.13
0.6057	79	3	TRABE	28.82	1.00	4.00	7.21
0.6057	91	3	TRABE	29.35	1.00	4.00	7.34
0.6057	103	3	TRABE	28.57	1.00	4.00	7.14
0.6057	127	3	TRABE	28.76	1.00	4.00	7.19
0.6057	72	4	TRABE	28.60	1.00	4.00	7.15
0.6057	80	4	TRABE	29.27	1.00	4.00	7.32
0.6057	92	4	TRABE	28.59	1.00	4.00	7.15
0.6057	96	4	TRABE	29.07	1.00	4.00	7.27
0.6057	104	4	TRABE	29.40	1.00	4.00	7.35
0.6057	128	4	TRABE	29.34	1.00	4.00	7.33
				607.11			151.78

Tabla 85. *TREP* total para el $edp=7.571\%$.

6.5.2 GRUPO DE DESEMPEÑO COLUMNAS

Siguiendo la misma metodología se procedió con la estimación del *TREP* para el $PG_{COLUMNAS}$, a continuación se muestran los diferentes *EDP* analizados.

EDP 2.155%

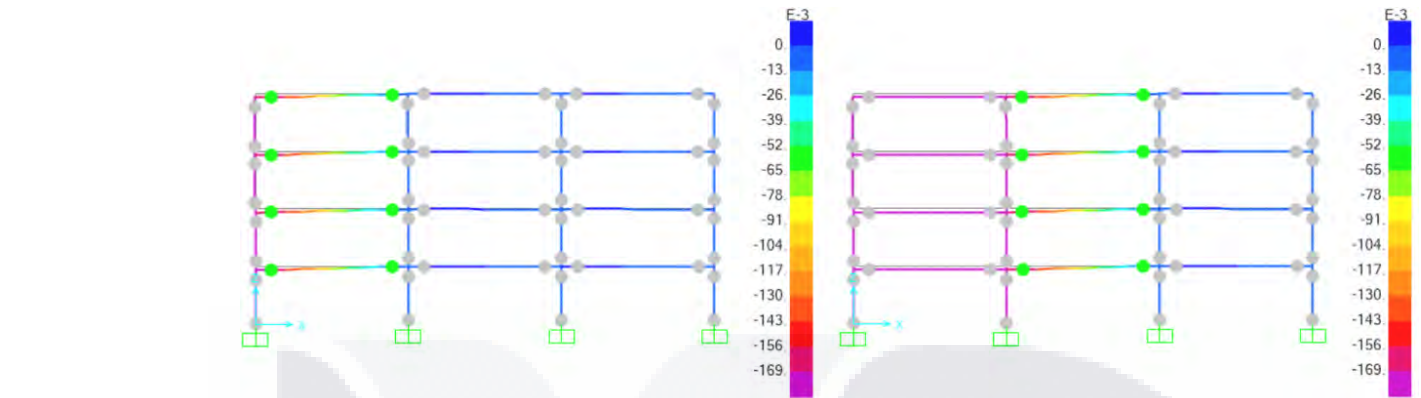


Ilustración 65. Estado general del PG con 2.155% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNS}$ para el $edp=2.155\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.1724	18	2	COLUMNA	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 86. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=2.155\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.1724	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	14.53

Tabla 87. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.155\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.1724	18	2	COLUMNA	0.01	1.00	0.01
				0.01	1.00	0.01

Tabla 88. TREP por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.155\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j|NC,IM,c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 0.01 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.1724	18	2	COLUMNA	0.01	1.00	1.00	0.01
				0.01			0.01

Tabla 89. *TREP* total para el *edp*=2.155%.

EDP 2.571%

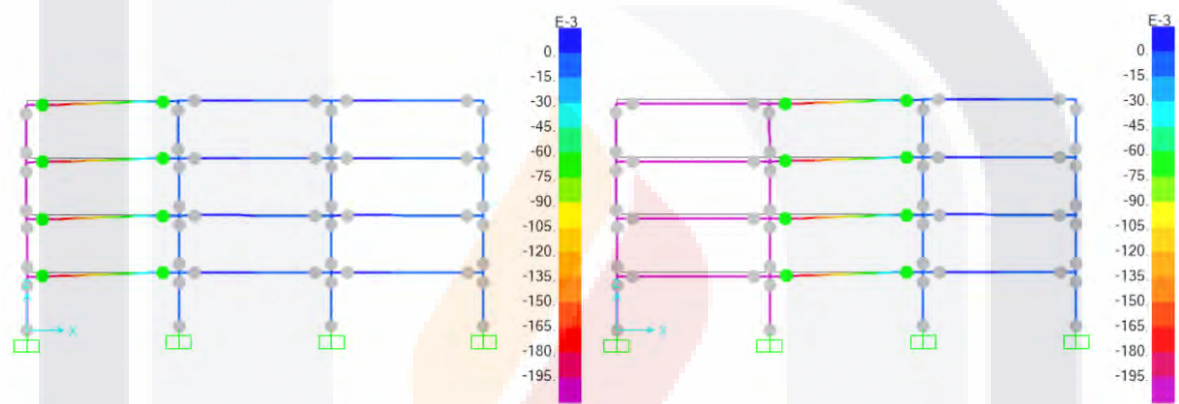


Ilustración 66. Estado general del *PG* con 2.571% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el *edp*=2.571%, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.2057	18	2	COLUMNA	0.99	0.01	0.00	0.00	0.01

Tabla 90. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=2.571%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.2057	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	14.53

Tabla 91. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.571\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total

del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.2057	18	2	COLUMNA	0.07	1.00	0.07
				0.07	1.00	0.07

Tabla 92. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.571\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 0.07 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.2057	18	2	COLUMNA	0.07	1.00	1.00	0.07
				0.07			0.07

Tabla 93. $TREP$ total para el $edp=2.571\%$.

EDP 2.988%

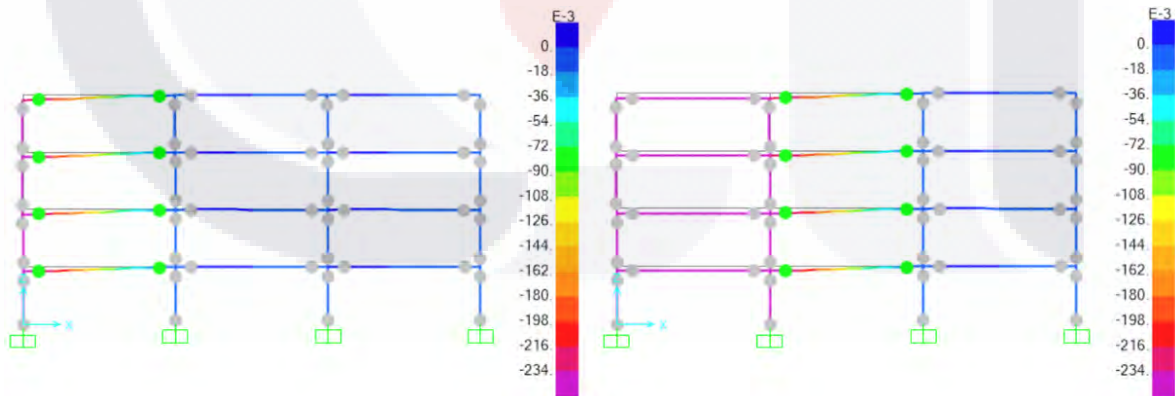


Ilustración 67. Estado general del PG con 2.988% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=2.988\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.239	18	2	COLUMNA	0.97	0.03	0.00	0.00	0.03

Tabla 94. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=2.988\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.239	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	14.53

Tabla 95. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=2.988\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.239	18	2	COLUMNA	0.40	1.00	0.40
				0.40	1.00	0.40

Tabla 96. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=2.988\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\hat{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 0.40 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.239	18	2	COLUMNA	0.40	1.00	1.00	0.40
				0.40			0.40

Tabla 97. $TREP$ total para el $edp=2.988\%$.

EDP 3.405%

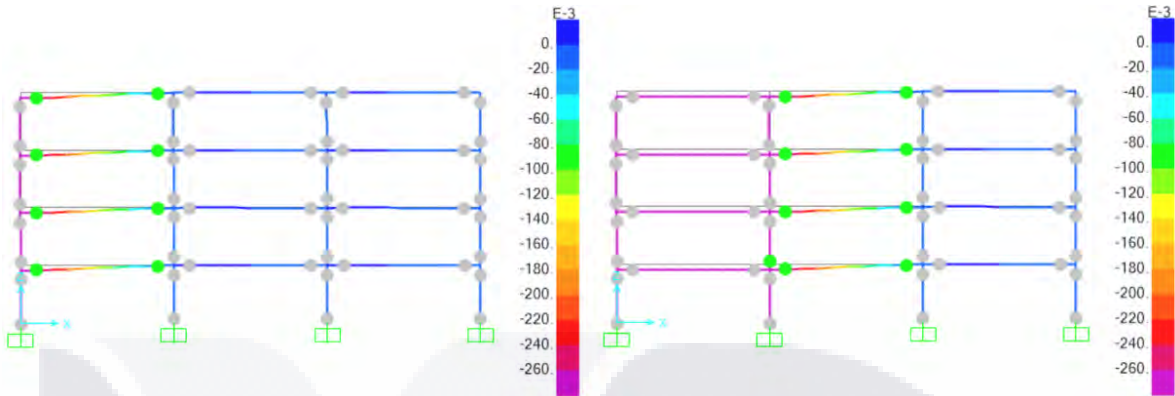


Ilustración 68. Estado general del PG con 3.405% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=3.405\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.2724	18	2	COLUMNA	0.91	0.09	0.00	0.00	0.09

Tabla 98. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=3.405\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.2724	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	14.53

Tabla 99. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, $edp=3.405\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del *TREP* $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.2724	18	2	COLUMNA	1.27	1.00	1.27
				1.27	1.00	1.27

Tabla 100. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.405\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j|NC,IM,c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 1.27 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.2724	18	2	COLUMNA	1.27	1.00	1.00	1.27
				1.27			1.27

Tabla 101. *TREP* total para el *edp*=3.405%.

EDP 3.821%

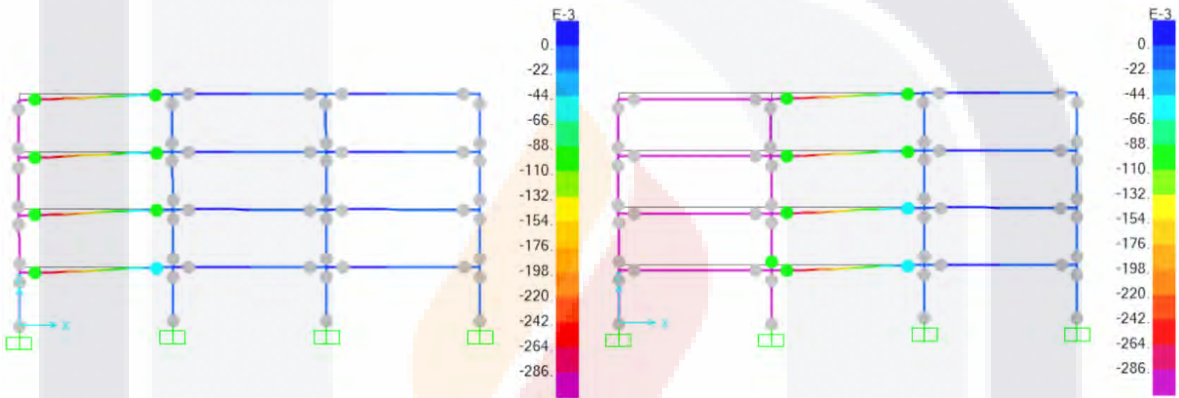


Ilustración 69. Estado general del *PG* con 3.821% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del *PG*_{COLUMNAS} para el *edp*=3.821%, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.3057	18	2	COLUMNA	0.81	0.19	0.00	0.00	0.19

Tabla 102. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=3.821%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.3057	18	2	COLUMNA	0.61	0.29	15.23

Tabla 103. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=3.821\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.3057	18	2	COLUMNA	2.96	1.00	2.96
				2.96	1.00	2.96

Tabla 104. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=3.821\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 1.27 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.3057	18	2	COLUMNA	2.96	1.00	1.00	2.96
				2.96			2.96

Tabla 105. $TREP$ total para el $edp=3.821\%$.

EDP 4.238%

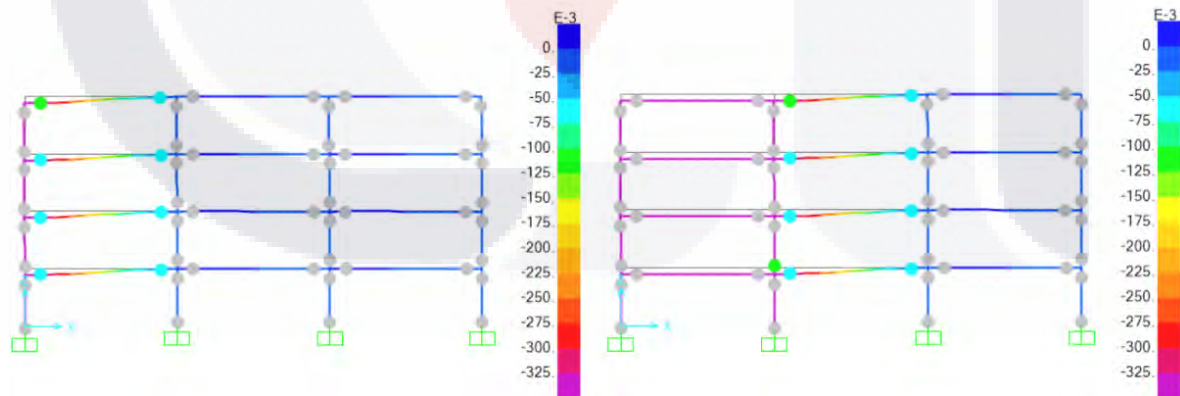


Ilustración 70. Estado general del PG con 4.238% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=4.238\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.339	18	2	COLUMNA	0.66	0.34	0.00	0.00	0.34

Tabla 106. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=4.238\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.339	18	2	COLUMNA	0.36	-0.36	14.93

Tabla 107. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=4.238\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.339	18	2	COLUMNA	5.06	1.00	5.06
				5.06	1.00	5.06

Tabla 108. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.238\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 1 trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\hat{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 5.06 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.339	18	2	COLUMNA	5.06	1.00	1.00	5.06
				5.06			5.06

Tabla 109. $TREP$ total para el $edp=4.238\%$.

EDP 4.655%

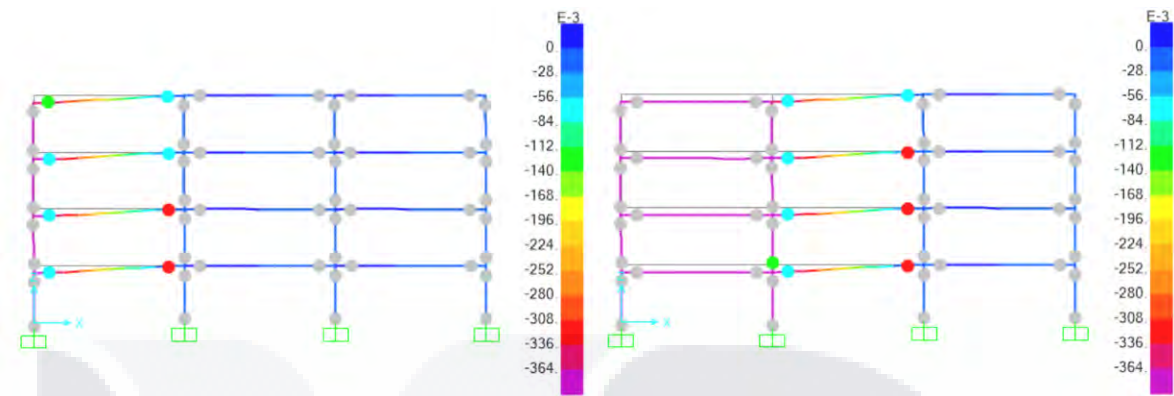


Ilustración 71. Estado general del PG con 4.655% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=4.655\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.3724	17	2	COLUMNA	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50

Tabla 110. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=4.655\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.3724	17	2	COLUMNA	0.65	0.39	15.28

Tabla 111. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=4.655\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.3724	17	2	COLUMNA	7.57	1.00	7.57
				7.57	1.00	7.57

Tabla 112. TREP por elemento, así como el total esperado para un $edp=4.655\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología PERT, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 1

trabajador n_w , tras aplicar la expresión $\hat{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 7.57 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.3724	17	2	COLUMNA	7.57	1.00	1.00	7.57
				7.57			7.57

Tabla 113. TREP total para el $edp=4.655\%$.

EDP 5.071%

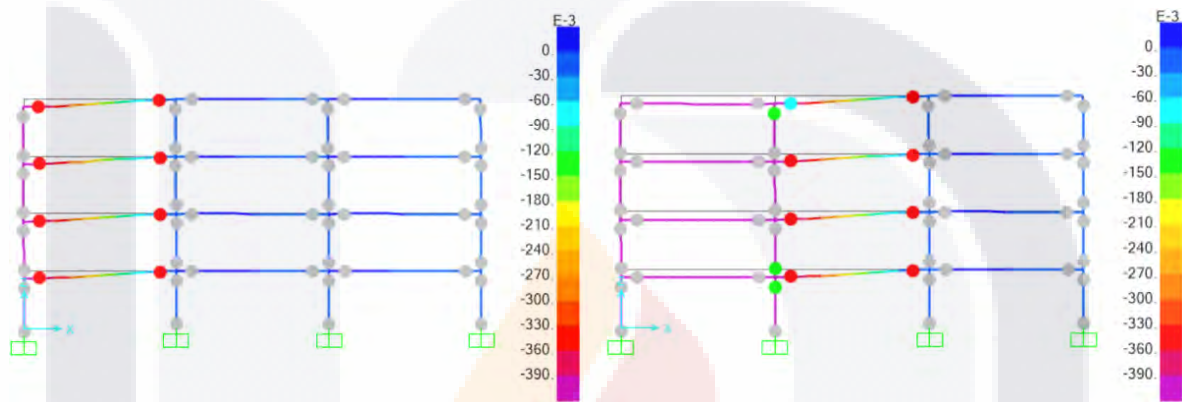


Ilustración 72. Estado general del PG con 5.071% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNS}$ para el $edp=5.071\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.4057	17	1	COLUMNA	0.36	0.64	0.00	0.00	0.64
0.4057	18	2	COLUMNA	0.36	0.64	0.00	0.00	0.64
0.4057	20	4	COLUMNA	0.36	0.64	0.00	0.00	0.64

Tabla 114. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=5.071\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.4057	17	1	COLUMNA	0.90	1.27	15.68
0.4057	18	2	COLUMNA	0.54	0.10	15.14
0.4057	20	4	COLUMNA	1.00	2.97	16.47

Tabla 115. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=5.071\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	$tREP=tREP*Pr(DS=ds_i NC,IM)*u_k$		
				TREP	UK	TREP
0.4057	17	1	COLUMNA	10.03	1.00	10.03
0.4057	18	2	COLUMNA	9.69	1.00	9.69
0.4057	20	4	COLUMNA	10.53	1.00	10.53
				10.08	3.00	30.25

Tabla 116. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=5.071\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 15.12 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.4057	17	1	COLUMNA	10.03	1.00	2.00	5.02
0.4057	18	2	COLUMNA	9.69	1.00	2.00	4.84
0.4057	20	4	COLUMNA	10.53	1.00	2.00	5.27
				30.25			15.12

Tabla 117. $TREP$ total para el $edp=5.071\%$.

EDP 5.488%

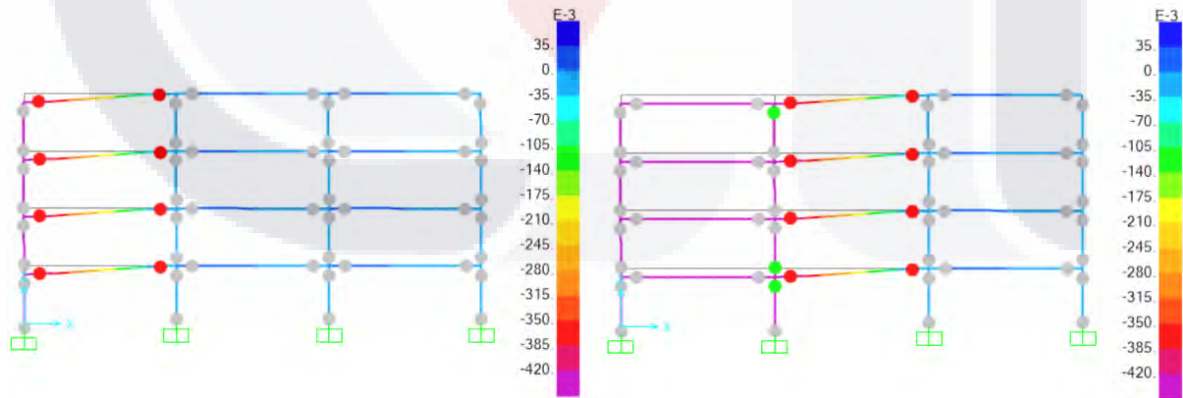


Ilustración 73. Estado general del PG con 5.488% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNS}$ para el $edp=5.488\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.439	17	1	COLUMNA	0.24	0.76	0.00	0.00	0.76
0.439	18	2	COLUMNA	0.24	0.76	0.00	0.00	0.76
0.439	20	4	COLUMNA	0.24	0.76	0.00	0.00	0.76

Tabla 118. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=5.488%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.439	17	1	COLUMNA	0.61	0.28	15.23
0.439	18	2	COLUMNA	0.50	-0.01	15.10
0.439	20	4	COLUMNA	0.57	0.17	15.18

Tabla 119. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, *edp*=5.488%.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del *TREP* $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.439	17	1	COLUMNA	11.53	1.00	11.53
0.439	18	2	COLUMNA	11.43	1.00	11.43
0.439	20	4	COLUMNA	11.49	1.00	11.49
				11.48	3.00	34.45

Tabla 120. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=5.488%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 17.23 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.439	17	1	COLUMNA	11.53	1.00	2.00	5.77
0.439	18	2	COLUMNA	11.43	1.00	2.00	5.72
0.439	20	4	COLUMNA	11.49	1.00	2.00	5.75
				34.45			17.23

Tabla 121. *TREP* total para el *edp*=5.488%.

EDP 5.905%

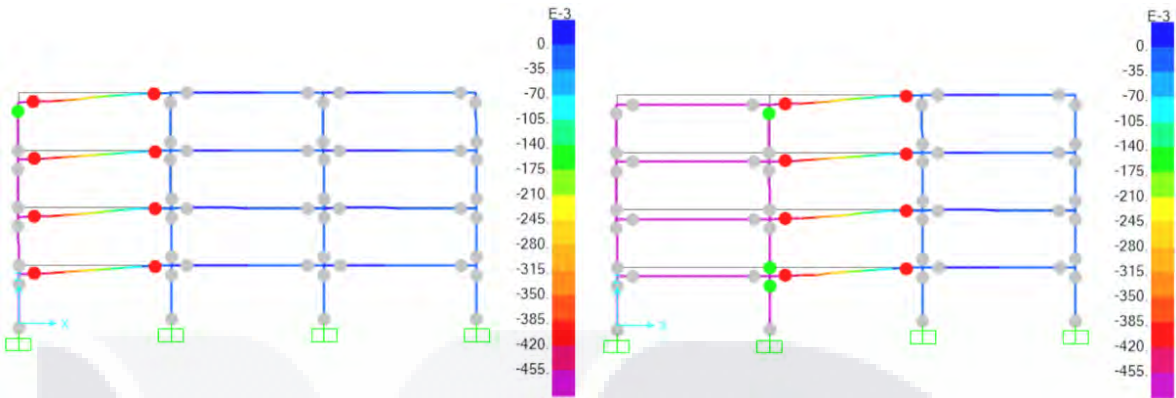


Ilustración 74. Estado general del PG con 5.905% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=5.905\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.4724	17	1	COLUMNA	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.4724	18	2	COLUMNA	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.4724	20	4	COLUMNA	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84
0.4724	16	4	COLUMNA	0.16	0.84	0.00	0.00	0.84

Tabla 122. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con $edp=5.905\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.4724	17	1	COLUMNA	0.38	-0.31	14.96
0.4724	18	2	COLUMNA	0.82	0.92	15.52
0.4724	20	4	COLUMNA	0.24	-0.69	14.78
0.4724	16	4	COLUMNA	0.74	0.64	15.39

Tabla 123. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, $edp=5.905\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del *TREP* $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.4724	17	1	COLUMNA	12.63	1.00	12.63

0.4724	18	2	COLUMNA	13.11	1.00	13.11
0.4724	20	4	COLUMNA	12.48	1.00	12.48
0.4724	16	4	COLUMNA	13.00	1.00	13.00
				12.80	4.00	51.22

Tabla 124. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=5.905\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 25.61 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.4724	17	1	COLUMNA	12.63	1.00	2.00	6.32
0.4724	18	2	COLUMNA	13.11	1.00	2.00	6.55
0.4724	20	4	COLUMNA	12.48	1.00	2.00	6.24
0.4724	16	4	COLUMNA	13.00	1.00	2.00	6.50
				51.22			25.61

Tabla 125. $TREP$ total para el $edp=5.905\%$.

EDP 6.321%

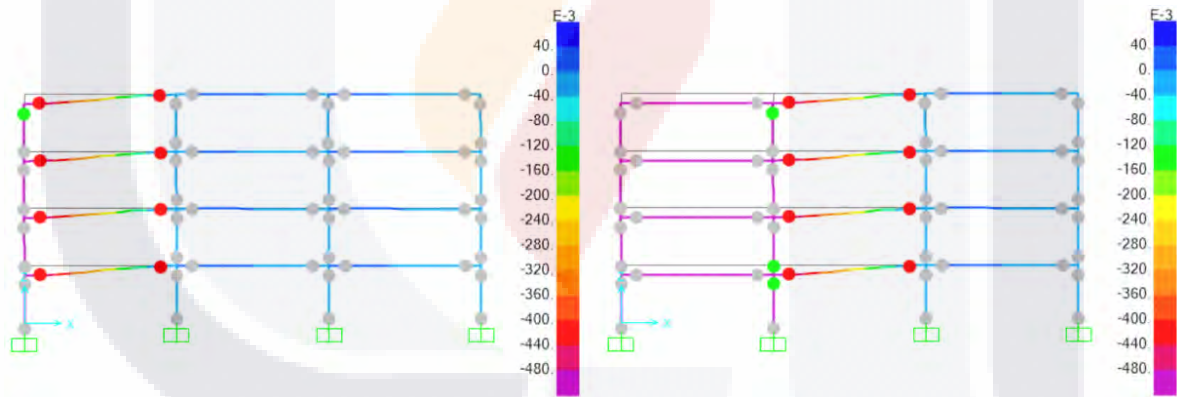


Ilustración 75. Estado general del PG con 6.321% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=6.321\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.5057	69	1	COLUMNA	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.5057	77	1	COLUMNA	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.5057	89	1	COLUMNA	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90
0.5057	101	1	COLUMNA	0.10	0.90	0.00	0.00	0.90

Tabla 126. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=6.321%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.5057	69	1	COLUMNA	0.00	-2.67	13.87
0.5057	77	1	COLUMNA	0.85	1.06	15.59
0.5057	89	1	COLUMNA	0.20	-0.85	14.71
0.5057	101	1	COLUMNA	0.71	0.56	15.36

Tabla 127. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, *edp*=6.321%.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del *TREP* $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.5057	69	1	COLUMNA	12.54	1.00	12.54
0.5057	77	1	COLUMNA	14.09	1.00	14.09
0.5057	89	1	COLUMNA	13.30	1.00	13.30
0.5057	101	1	COLUMNA	13.89	1.00	13.89
				13.46	4.00	53.82

Tabla 128. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=6.321%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 26.91 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.5057	69	1	COLUMNA	12.54	1.00	2.00	6.27
0.5057	77	1	COLUMNA	14.09	1.00	2.00	7.05
0.5057	89	1	COLUMNA	13.30	1.00	2.00	6.65
0.5057	101	1	COLUMNA	13.89	1.00	2.00	6.94
				53.82			26.91

Tabla 129. *TREP* total para el *edp*=6.321%.

EDP 6.738%

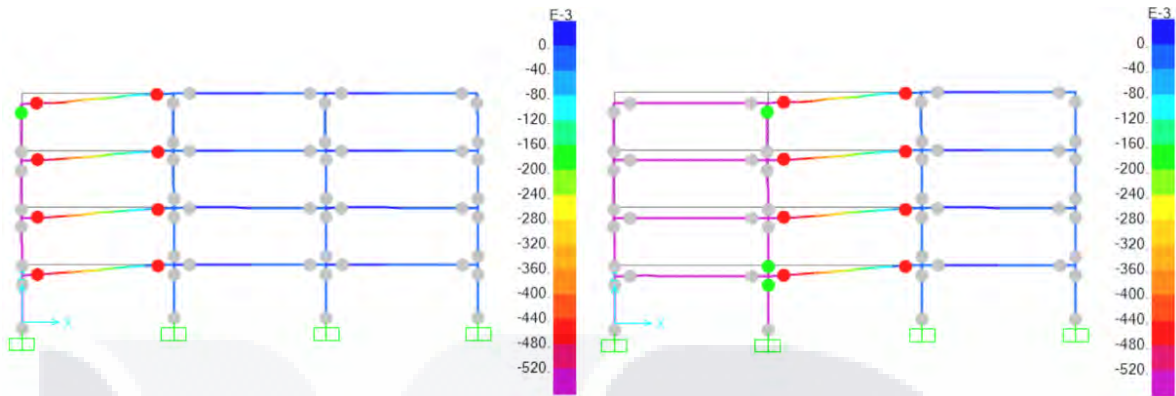


Ilustración 76. Estado general del *PG* con 6.738% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del *PG*_{COLUMNAS} para el *edp*=6.738%, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.539	17	1	COLUMNA	0.06	0.94	0.00	0.00	0.94
0.539	18	2	COLUMNA	0.06	0.94	0.00	0.00	0.94
0.539	20	4	COLUMNA	0.06	0.94	0.00	0.00	0.94
0.539	16	4	COLUMNA	0.06	0.94	0.00	0.00	0.94

Tabla 130. Probabilidad y *DS* reportado por los elementos afectados con *edp*=6.738%.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.539	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	13.87
0.539	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	15.59
0.539	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	14.71
0.539	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	15.36

Tabla 131. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en *DS* discreto, *edp*=6.738%.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del *TREP* $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.539	17	1	COLUMNA	13.08	1.00	13.08

0.539	18	2	COLUMNA	14.70	1.00	14.70
0.539	20	4	COLUMNA	13.87	1.00	13.87
0.539	16	4	COLUMNA	14.48	1.00	14.48
				14.03	4.00	56.13

Tabla 132. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=6.738\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 28.07 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.539	17	1	COLUMNA	13.08	1.00	2.00	6.54
0.539	18	2	COLUMNA	14.70	1.00	2.00	7.35
0.539	20	4	COLUMNA	13.87	1.00	2.00	6.93
0.539	16	4	COLUMNA	14.48	1.00	2.00	7.24
				56.13			28.07

Tabla 133. $TREP$ total para el $edp=6.738\%$.

EDP 7.155%

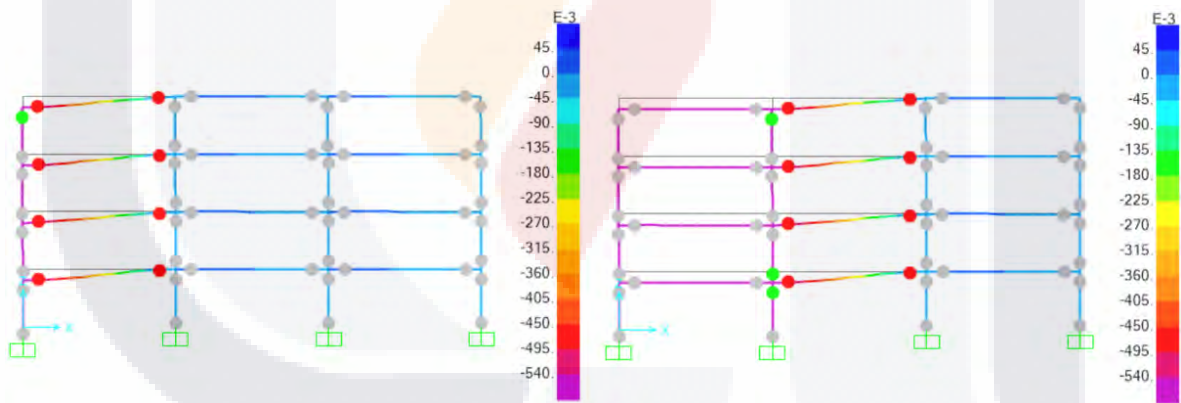


Ilustración 77. Estado general del PG con 7.155% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNS}$ para el $edp=7.155\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, EDP, IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	
0.5724	17	1	COLUMNA	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.5724	18	2	COLUMNA	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.5724	20	4	COLUMNA	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97
0.5724	16	4	COLUMNA	0.03	0.97	0.00	0.00	0.97

Tabla 134. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=7.155\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.5724	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	13.87
0.5724	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	15.59
0.5724	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	14.71
0.5724	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	15.36

Tabla 135. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=7.155\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del $TREP$ $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i | NC, IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.5724	17	1	COLUMNA	13.42	1.00	13.42
0.5724	18	2	COLUMNA	15.07	1.00	15.07
0.5724	20	4	COLUMNA	14.22	1.00	14.22
0.5724	16	4	COLUMNA	14.85	1.00	14.85
				14.39	4.00	57.56

Tabla 136. $TREP$ por elemento, así como el total esperado para un $edp=7.155\%$.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología $PERT$, para este edp , se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{nwc_k} \sum_{\forall A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 28.78 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.5724	17	1	COLUMNA	13.42	1.00	2.00	6.71
0.5724	18	2	COLUMNA	15.07	1.00	2.00	7.54
0.5724	20	4	COLUMNA	14.22	1.00	2.00	7.11
0.5724	16	4	COLUMNA	14.85	1.00	2.00	7.43
				57.56			28.78

Tabla 137. $TREP$ total para el $edp=7.155\%$.

EDP 7.571%

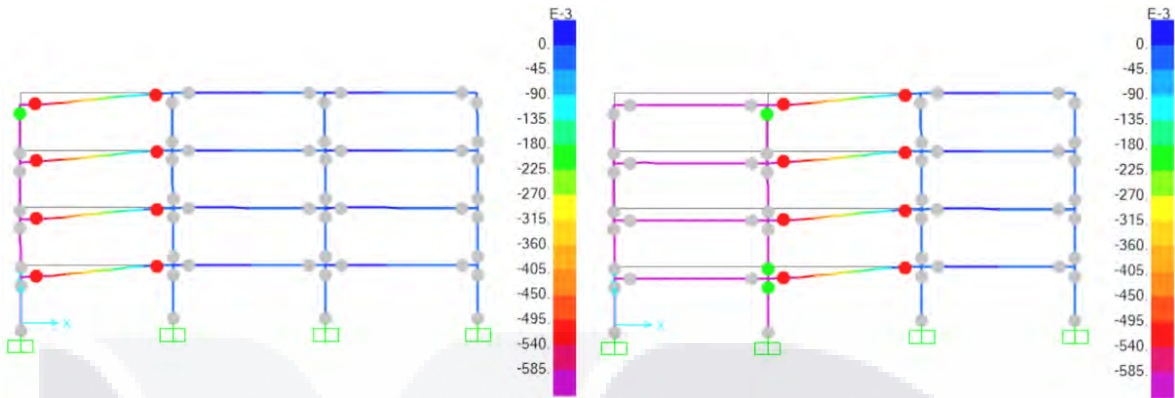


Ilustración 78. Estado general del PG con 7.571% de distorsión angular.

En la siguiente tabla se muestran los resultados para la probabilidad del daño $Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM)$ en cada elemento del $PG_{COLUMNAS}$ para el $edp=7.571\%$, asimismo se muestra el estado del daño del componente $[\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,EDP,IM]$.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Pr((DS) kl = dsi NC,IM)				[DSkl=dsi NC,EDP,IM]
				DS0	DS1	DS2	DS3	DS
0.6057	17	1	COLUMNA	0.02	0.98	0.00	0.00	0.98
0.6057	18	2	COLUMNA	0.02	0.98	0.00	0.00	0.98
0.6057	20	4	COLUMNA	0.02	0.98	0.00	0.00	0.98
0.6057	16	4	COLUMNA	0.02	0.98	0.00	0.00	0.98

Tabla 138. Probabilidad y DS reportado por los elementos afectados con $edp=7.571\%$.

A continuación, se presentan los resultados de la transformación inversa y el muestreo de tiempos de reparación del componente $t_{REP} = F_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Trep=F-1 TREP(U 0)		
				U	Z	Trep DS1
0.6057	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	13.87
0.6057	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	15.59
0.6057	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	14.71
0.6057	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	15.36

Tabla 139. Tiempos de reparación estimados para cada elemento en DS discreto, $edp=7.571\%$.

La siguiente tabla muestra los tiempos de reparación por elemento, además del total del TREP $\hat{t}_{REP} = t_{REP} \cdot Pr(\overline{DS}_{kl} = ds_i|NC,IM) \cdot u_k$

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP=tREP*Pr(DS=dsi NC,IM)*uk		
				TREP	UK	TREP
0.6057	17	1	COLUMNA	13.61	1.00	13.61

0.6057	18	2	COLUMNA	15.30	1.00	15.30
0.6057	20	4	COLUMNA	14.43	1.00	14.43
0.6057	16	4	COLUMNA	15.07	1.00	15.07
				14.60	4.00	58.41

Tabla 140. *TREP* por elemento, así como el total esperado para un *edp*=7.571%.

Finalmente se procedió con la optimización de tiempos de reparación mediante la metodología *PERT*, para este *edp*, se consideró una cuadrilla, compuesta por 2 trabajadores n_w , tras aplicar la expresión $\tilde{t}_{REP,ck} = \frac{1}{n_w c_k} \sum_{A_i^j \in c_k} \hat{t}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k)$ el tiempo total para la reparación se estimó en 29.21 días.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	tREP CK			
				TREP	ck	nw	TREP,ck
0.6057	17	1	COLUMNA	13.61	1.00	2.00	6.81
0.6057	18	2	COLUMNA	15.30	1.00	2.00	7.65
0.6057	20	4	COLUMNA	14.43	1.00	2.00	7.22
0.6057	16	4	COLUMNA	15.07	1.00	2.00	7.53
				58.41			29.21

Tabla 141. *TREP* total para el *edp*=7.571%.

6.6 RESUMEN TIEMPO DE REPARACIÓN

STEP	EDP	GRUPO DE DESEMPEÑO (PG)		TREP CK
		TREP CK TRABES	TREP CK COLUMNAS	
1	0.113%	0.00	0.00	0.00
2	0.431%	0.00	0.00	0.00
3	0.853%	2.59	0.00	2.59
4	1.321%	43.96	0.00	43.96
5	1.738%	69.32	0.00	69.32
6	2.155%	74.47	0.01	74.48
7	2.571%	75.67	0.07	75.74
8	2.988%	74.73	0.40	75.13
9	3.405%	75.47	1.27	76.73
10	3.821%	84.76	2.96	87.72
11	4.238%	111.16	5.06	116.22
12	4.655%	129.42	7.57	136.99
13	5.071%	144.68	7.56	152.24
14	5.488%	150.10	8.61	158.72
15	5.905%	149.98	25.61	175.59
16	6.321%	150.99	26.91	177.90
17	6.738%	151.72	28.07	179.78
18	7.155%	151.77	28.78	180.55
19	7.571%	151.78	29.21	180.99

Tabla 142. Resumen *TREP* asociado al número de cuadrillas propuesto

Se llevó a cabo el ajuste de los datos mediante un modelo polinomial de cuatro grado. Este modelo se seleccionó ya que mostró una significativa reducción en el error cuadrático medio en comparación con otros modelos evaluados (exponencial, logarítmico, grado tres, entre otros), es importante señalar que puede presentar problemas de sobreajuste en los extremos de la escala, ya que, en valores cercanos a cero este modelo tiende a devolver valores negativos, mientras que en valores altos se observa una disminución, cuando se esperaría que el comportamiento sea creciente o estable. Pese a estas desviaciones el ajuste general del modelo es el más adecuado, particularmente dentro del rango más relevante.

$$y(x) = \begin{cases} -7.41E + 07x^4 + (1.20E + 07)x^3 - (6.57E + 05)x^2 + (1.68E + 04)x - 92.08, & \text{si } y(x) \geq 0 \\ 0, & \text{si } y(x) < 0 \end{cases}$$

Ecuación 18. Modelo de ajuste de tiempos de reparación.

Los valores que resulten negativos a partir de la evaluación de esta función se consideran iguales a cero, ya que representan un valor irracional dentro del contexto de los tiempos de reparación.

Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular	TREP ajustado	TREP estimado
0.0090	0.113%	0.00	0.00
0.0345	0.431%	0.00	0.00
0.0682	0.853%	10.35	2.59
0.1057	1.321%	40.40	43.96
0.1390	1.738%	57.33	69.32
0.1724	2.155%	68.45	74.48
0.2057	2.571%	76.36	75.74
0.2390	2.988%	83.28	75.13
0.2724	3.405%	90.82	76.73
0.3057	3.821%	100.02	87.72
0.3390	4.238%	111.44	116.22
0.3724	4.655%	125.15	136.99
0.4057	5.071%	140.52	152.24
0.4390	5.488%	156.54	158.72
0.4724	5.905%	171.66	175.59
0.5057	6.321%	183.64	177.90
0.5390	6.738%	189.87	179.78
0.5724	7.155%	187.13	180.55
0.6057	7.571%	171.69	180.99

Tabla 143. Comparativa entre TREP ajustado y el TREP estimado.

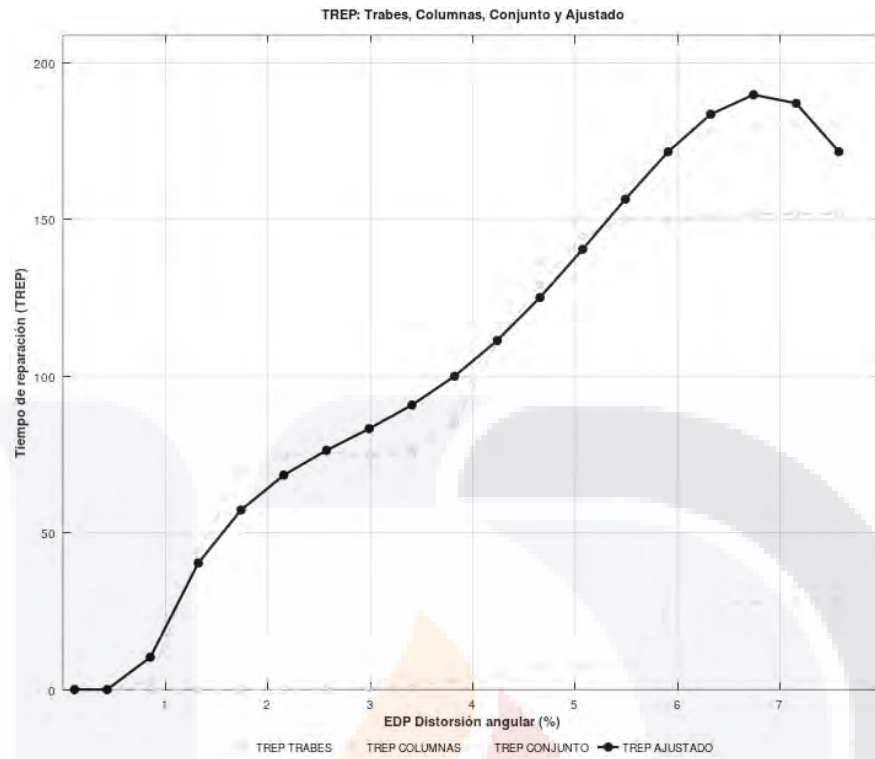


Ilustración 79. *TREP* ajustado para $ck=1$ y $nw=4$

6.7 ANÁLISIS DE COSTO DE REPARACIÓN

El *CREP* por elemento se calculó mediante la expresión:

$$\tilde{C}_{REP,ck} = \sum_{\forall A_i^j \in C_k} \hat{C}_{REP}(A_i^j | NC, IM, c_k) (1 + n_w c_k \alpha)$$

Ecuación 12. *CREP* por actividad. Tomado de (Ayala and Gutiérrez 2022)

6.7.1 GRUPO DE DESEMPEÑO TRABES

EDP 0.853%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.0682	125	1	TRABE	0.04	-1.71	\$ 17,099.33	\$ 25,999.45	\$ 31,999.49
0.0682	126	2	TRABE	0.76	0.70	\$ 17,100.27	\$ 26,000.22	\$ 32,000.21
0.0682	127	3	TRABE	0.66	0.43	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13
0.0682	128	4	TRABE	0.87	1.13	\$ 17,100.44	\$ 26,000.36	\$ 32,000.34

Tabla 144. *CREP* estimado para *DS1*, *DS2* y *DS3* aplicando el método de la transformación inversa, $edp=0.853\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.0682	125	1	TRABE	\$ 845.24	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 845.24	1.00	\$ 845.24
0.0682	126	2	TRABE	\$ 845.28	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 845.28	1.00	\$ 845.28
0.0682	127	3	TRABE	\$ 767.51	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 767.51	1.00	\$ 767.51
0.0682	128	4	TRABE	\$ 478.91	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 478.91	1.00	\$ 478.91
							\$ 734.23	4.00	\$ 2,936.94

Tabla 145. *CREP* asociado al *DS* reportado, $edp=0.853\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.0682	125	1	TRABE	\$ 845.24	1.00	1.00	0.2104	\$ 1,023.07
0.0682	126	2	TRABE	\$ 845.28	1.00	1.00	0.2104	\$ 1,023.13
0.0682	127	3	TRABE	\$ 767.51	1.00	1.00	0.2104	\$ 929.00
0.0682	128	4	TRABE	\$ 478.91	1.00	1.00	0.2104	\$ 579.67
				\$ 2,936.94				\$ 3,554.87

Tabla 146. *CREP* por elemento, $edp=0.853\%$.

EDP 1.321%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.1057	69	1	TRABE	0.47	-0.07	\$ 17,099.97	\$ 25,999.98	\$ 31,999.98
0.1057	77	1	TRABE	0.95	1.60	\$ 17,100.62	\$ 26,000.51	\$ 32,000.48
0.1057	89	1	TRABE	0.22	-0.77	\$ 17,099.70	\$ 25,999.75	\$ 31,999.77
0.1057	101	1	TRABE	0.90	1.27	\$ 17,100.50	\$ 26,000.41	\$ 32,000.38
0.1057	125	1	TRABE	0.41	-0.23	\$ 17,099.91	\$ 25,999.93	\$ 31,999.93
0.1057	70	2	TRABE	0.16	-0.98	\$ 17,099.62	\$ 25,999.69	\$ 31,999.71
0.1057	78	2	TRABE	0.20	-0.85	\$ 17,099.67	\$ 25,999.73	\$ 31,999.74
0.1057	90	2	TRABE	0.66	0.40	\$ 17,100.16	\$ 26,000.13	\$ 32,000.12
0.1057	102	2	TRABE	0.27	-0.61	\$ 17,099.76	\$ 25,999.80	\$ 31,999.82
0.1057	126	2	TRABE	0.52	0.05	\$ 17,100.02	\$ 26,000.02	\$ 32,000.01
0.1057	71	3	TRABE	0.91	1.32	\$ 17,100.51	\$ 26,000.42	\$ 32,000.39
0.1057	79	3	TRABE	0.44	-0.15	\$ 17,099.94	\$ 25,999.95	\$ 31,999.96
0.1057	91	3	TRABE	0.17	-0.96	\$ 17,099.63	\$ 25,999.69	\$ 31,999.71

0.1057	103	3	TRABE	0.97	1.91	\$ 17,100.74	\$ 26,000.61	\$ 32,000.57
0.1057	127	3	TRABE	0.57	0.19	\$ 17,100.07	\$ 26,000.06	\$ 32,000.06
0.1057	72	4	TRABE	0.46	-0.10	\$ 17,099.96	\$ 25,999.97	\$ 31,999.97
0.1057	80	4	TRABE	0.21	-0.82	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.75
0.1057	92	4	TRABE	0.62	0.31	\$ 17,100.12	\$ 26,000.10	\$ 32,000.09
0.1057	104	4	TRABE	0.72	0.58	\$ 17,100.23	\$ 26,000.19	\$ 32,000.17
0.1057	128	4	TRABE	0.49	-0.03	\$ 17,099.99	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99

Tabla 147. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3 aplicando el método de la transformación inversa, $edp=1.321\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.1057	69	1	TRABE	\$ 11,259.55	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.55	1.00	\$ 11,259.55
0.1057	77	1	TRABE	\$ 11,259.98	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.98	1.00	\$ 11,259.98
0.1057	89	1	TRABE	\$ 11,259.37	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.37	1.00	\$ 11,259.37
0.1057	101	1	TRABE	\$ 11,259.90	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.90	1.00	\$ 11,259.90
0.1057	125	1	TRABE	\$ 11,259.51	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.51	1.00	\$ 11,259.51
0.1057	70	2	TRABE	\$ 11,259.32	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.32	1.00	\$ 11,259.32
0.1057	78	2	TRABE	\$ 11,259.35	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.35	1.00	\$ 11,259.35
0.1057	90	2	TRABE	\$ 11,259.67	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.67	1.00	\$ 11,259.67
0.1057	102	2	TRABE	\$ 11,259.41	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.41	1.00	\$ 11,259.41
0.1057	126	2	TRABE	\$ 11,259.58	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 11,259.58	1.00	\$ 11,259.58
0.1057	71	3	TRABE	\$ 9,560.79	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 9,560.79	1.00	\$ 9,560.79
0.1057	79	3	TRABE	\$ 9,560.47	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 9,560.47	1.00	\$ 9,560.47
0.1057	91	3	TRABE	\$ 9,560.29	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 9,560.29	1.00	\$ 9,560.29
0.1057	103	3	TRABE	\$ 9,560.92	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 9,560.92	1.00	\$ 9,560.92
0.1057	127	3	TRABE	\$ 9,560.54	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 9,560.54	1.00	\$ 9,560.54
0.1057	72	4	TRABE	\$ 7,627.30	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,627.30	1.00	\$ 7,627.30
0.1057	80	4	TRABE	\$ 7,627.17	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,627.17	1.00	\$ 7,627.17
0.1057	92	4	TRABE	\$ 7,627.37	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,627.37	1.00	\$ 7,627.37
0.1057	104	4	TRABE	\$ 7,627.42	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,627.42	1.00	\$ 7,627.42
0.1057	128	4	TRABE	\$ 7,627.31	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 7,627.31	1.00	\$ 7,627.31
							\$ 9,926.76	20.00	\$ 198,535.22

Tabla 148. CREP asociado al DS reportado, $edp=1.321\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.1057	69	1	TRABE	\$ 11,259.55	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.59
0.1057	77	1	TRABE	\$ 11,259.98	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,736.38
0.1057	89	1	TRABE	\$ 11,259.37	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.26
0.1057	101	1	TRABE	\$ 11,259.90	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,736.22
0.1057	125	1	TRABE	\$ 11,259.51	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.51
0.1057	70	2	TRABE	\$ 11,259.32	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.16

0.1057	78	2	TRABE	\$ 11,259.35	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.22
0.1057	90	2	TRABE	\$ 11,259.67	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.81
0.1057	102	2	TRABE	\$ 11,259.41	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.33
0.1057	126	2	TRABE	\$ 11,259.58	1.00	4.00	0.2104	\$ 20,735.64
0.1057	71	3	TRABE	\$ 9,560.79	1.00	4.00	0.2104	\$ 17,607.15
0.1057	79	3	TRABE	\$ 9,560.47	1.00	4.00	0.2104	\$ 17,606.56
0.1057	91	3	TRABE	\$ 9,560.29	1.00	4.00	0.2104	\$ 17,606.24
0.1057	103	3	TRABE	\$ 9,560.92	1.00	4.00	0.2104	\$ 17,607.39
0.1057	127	3	TRABE	\$ 9,560.54	1.00	4.00	0.2104	\$ 17,606.70
0.1057	72	4	TRABE	\$ 7,627.30	1.00	4.00	0.2104	\$ 14,046.43
0.1057	80	4	TRABE	\$ 7,627.17	1.00	4.00	0.2104	\$ 14,046.20
0.1057	92	4	TRABE	\$ 7,627.37	1.00	4.00	0.2104	\$ 14,046.56
0.1057	104	4	TRABE	\$ 7,627.42	1.00	4.00	0.2104	\$ 14,046.65
0.1057	128	4	TRABE	\$ 7,627.31	1.00	4.00	0.2104	\$ 14,046.45
				\$ 198,535.22				\$ 365,622.46

Tabla 149. CREP por elemento, $edp=1.321\%$.

EDP 1.738%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.139	69	1	TRABE	0.50	-0.01	\$ 17,100.00	\$ 26,000.00	\$ 32,000.00
0.139	77	1	TRABE	0.74	0.63	\$ 17,100.25	\$ 26,000.20	\$ 32,000.19
0.139	89	1	TRABE	0.29	-0.56	\$ 17,099.78	\$ 25,999.82	\$ 31,999.83
0.139	101	1	TRABE	0.06	-1.54	\$ 17,099.40	\$ 25,999.51	\$ 31,999.54
0.139	125	1	TRABE	0.95	1.66	\$ 17,100.65	\$ 26,000.53	\$ 32,000.50
0.139	70	2	TRABE	0.76	0.71	\$ 17,100.28	\$ 26,000.23	\$ 32,000.21
0.139	78	2	TRABE	0.65	0.37	\$ 17,100.15	\$ 26,000.12	\$ 32,000.11
0.139	90	2	TRABE	0.47	-0.06	\$ 17,099.97	\$ 25,999.98	\$ 31,999.98
0.139	102	2	TRABE	0.57	0.19	\$ 17,100.07	\$ 26,000.06	\$ 32,000.06
0.139	126	2	TRABE	0.97	1.84	\$ 17,100.72	\$ 26,000.59	\$ 32,000.55
0.139	71	3	TRABE	0.25	-0.67	\$ 17,099.74	\$ 25,999.78	\$ 31,999.80
0.139	79	3	TRABE	0.59	0.23	\$ 17,100.09	\$ 26,000.07	\$ 32,000.07
0.139	91	3	TRABE	0.98	1.97	\$ 17,100.77	\$ 26,000.63	\$ 32,000.59
0.139	103	3	TRABE	0.34	-0.40	\$ 17,099.84	\$ 25,999.87	\$ 31,999.88
0.139	127	3	TRABE	0.79	0.81	\$ 17,100.32	\$ 26,000.26	\$ 32,000.24
0.139	72	4	TRABE	0.68	0.48	\$ 17,100.19	\$ 26,000.15	\$ 32,000.14
0.139	80	4	TRABE	0.72	0.59	\$ 17,100.23	\$ 26,000.19	\$ 32,000.18
0.139	92	4	TRABE	0.80	0.85	\$ 17,100.33	\$ 26,000.27	\$ 32,000.25
0.139	104	4	TRABE	0.25	-0.69	\$ 17,099.73	\$ 25,999.78	\$ 31,999.79
0.139	128	4	TRABE	0.01	-2.46	\$ 17,099.04	\$ 25,999.21	\$ 31,999.26

Tabla 150. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=1.738\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.139	69	1	TRABE	\$ 16,332.63	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.63	1.00	\$ 16,332.63
0.139	77	1	TRABE	\$ 16,332.87	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.87	1.00	\$ 16,332.87
0.139	89	1	TRABE	\$ 16,332.42	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.42	1.00	\$ 16,332.42
0.139	101	1	TRABE	\$ 16,332.06	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.06	1.00	\$ 16,332.06
0.139	125	1	TRABE	\$ 16,333.25	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,333.25	1.00	\$ 16,333.25
0.139	70	2	TRABE	\$ 16,332.90	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.90	1.00	\$ 16,332.90
0.139	78	2	TRABE	\$ 16,332.77	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.77	1.00	\$ 16,332.77
0.139	90	2	TRABE	\$ 16,332.61	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.61	1.00	\$ 16,332.61
0.139	102	2	TRABE	\$ 16,332.70	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,332.70	1.00	\$ 16,332.70
0.139	126	2	TRABE	\$ 16,333.32	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,333.32	1.00	\$ 16,333.32
0.139	71	3	TRABE	\$ 15,455.03	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 15,455.03	1.00	\$ 15,455.03
0.139	79	3	TRABE	\$ 15,455.35	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 15,455.35	1.00	\$ 15,455.35
0.139	91	3	TRABE	\$ 15,455.96	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 15,455.96	1.00	\$ 15,455.96

0.139	103	3	TRABE	\$ 15,455.12	\$	0.00	\$	0.00	\$ 15,455.12	1.00	\$ 15,455.12
0.139	127	3	TRABE	\$ 15,455.55	\$	0.00	\$	0.00	\$ 15,455.55	1.00	\$ 15,455.55
0.139	72	4	TRABE	\$ 14,284.31	\$	0.00	\$	0.00	\$ 14,284.31	1.00	\$ 14,284.31
0.139	80	4	TRABE	\$ 14,284.34	\$	0.00	\$	0.00	\$ 14,284.34	1.00	\$ 14,284.34
0.139	92	4	TRABE	\$ 14,284.43	\$	0.00	\$	0.00	\$ 14,284.43	1.00	\$ 14,284.43
0.139	104	4	TRABE	\$ 14,283.93	\$	0.00	\$	0.00	\$ 14,283.93	1.00	\$ 14,283.93
0.139	128	4	TRABE	\$ 14,283.35	\$	0.00	\$	0.00	\$ 14,283.35	1.00	\$ 14,283.35
									\$ 15,601.24	20.00	\$ 312,024.87

Tabla 151. CREP asociado al DS reportado, $edp=1.738\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.139	69	1	TRABE	\$ 16,332.63	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.01
0.139	77	1	TRABE	\$ 16,332.87	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.30
0.139	89	1	TRABE	\$ 16,332.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,768.76
0.139	101	1	TRABE	\$ 16,332.06	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,768.32
0.139	125	1	TRABE	\$ 16,333.25	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.77
0.139	70	2	TRABE	\$ 16,332.90	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.34
0.139	78	2	TRABE	\$ 16,332.77	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.18
0.139	90	2	TRABE	\$ 16,332.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,768.99
0.139	102	2	TRABE	\$ 16,332.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.10
0.139	126	2	TRABE	\$ 16,333.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 19,769.85
0.139	71	3	TRABE	\$ 15,455.03	1.00	4.00	0.0526	\$ 18,706.77
0.139	79	3	TRABE	\$ 15,455.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 18,707.15
0.139	91	3	TRABE	\$ 15,455.96	1.00	4.00	0.0526	\$ 18,707.89
0.139	103	3	TRABE	\$ 15,455.12	1.00	4.00	0.0526	\$ 18,706.88
0.139	127	3	TRABE	\$ 15,455.55	1.00	4.00	0.0526	\$ 18,707.40
0.139	72	4	TRABE	\$ 14,284.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 17,289.72
0.139	80	4	TRABE	\$ 14,284.34	1.00	4.00	0.0526	\$ 17,289.77
0.139	92	4	TRABE	\$ 14,284.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 17,289.87
0.139	104	4	TRABE	\$ 14,283.93	1.00	4.00	0.0526	\$ 17,289.26
0.139	128	4	TRABE	\$ 14,283.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 17,288.57
								\$ 377,674.91

Tabla 152. CREP por elemento, $edp=1.738\%$.

EDP 2.155%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.1724	69	1	TRABE	0.54	0.11	\$ 17,100.04	\$ 26,000.04	\$ 32,000.03	
0.1724	77	1	TRABE	0.05	-1.61	\$ 17,099.37	\$ 25,999.48	\$ 31,999.52	
0.1724	89	1	TRABE	0.91	1.37	\$ 17,100.53	\$ 26,000.44	\$ 32,000.41	
0.1724	101	1	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87	
0.1724	125	1	TRABE	0.91	1.37	\$ 17,100.53	\$ 26,000.44	\$ 32,000.41	
0.1724	70	2	TRABE	0.15	-1.05	\$ 17,099.59	\$ 25,999.66	\$ 31,999.69	
0.1724	78	2	TRABE	0.65	0.38	\$ 17,100.15	\$ 26,000.12	\$ 32,000.11	
0.1724	90	2	TRABE	0.66	0.42	\$ 17,100.16	\$ 26,000.13	\$ 32,000.12	
0.1724	102	2	TRABE	0.43	-0.18	\$ 17,099.93	\$ 25,999.94	\$ 31,999.95	
0.1724	126	2	TRABE	0.18	-0.93	\$ 17,099.64	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72	
0.1724	71	3	TRABE	0.49	-0.03	\$ 17,099.99	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99	
0.1724	79	3	TRABE	0.53	0.08	\$ 17,100.03	\$ 26,000.03	\$ 32,000.02	
0.1724	91	3	TRABE	0.55	0.12	\$ 17,100.05	\$ 26,000.04	\$ 32,000.04	
0.1724	103	3	TRABE	0.85	1.04	\$ 17,100.41	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31	
0.1724	127	3	TRABE	0.36	-0.35	\$ 17,099.86	\$ 25,999.89	\$ 31,999.89	
0.1724	72	4	TRABE	0.17	-0.94	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72	
0.1724	80	4	TRABE	0.09	-1.35	\$ 17,099.48	\$ 25,999.57	\$ 31,999.60	
0.1724	92	4	TRABE	0.86	1.09	\$ 17,100.43	\$ 26,000.35	\$ 32,000.33	
0.1724	104	4	TRABE	0.39	-0.27	\$ 17,099.90	\$ 25,999.91	\$ 31,999.92	
0.1724	128	4	TRABE	0.80	0.84	\$ 17,100.33	\$ 26,000.27	\$ 32,000.25	

Tabla 153. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=2.155\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.1724	69	1	TRABE	\$ 17,042.49	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.49	1.00	\$ 17,042.49
0.1724	77	1	TRABE	\$ 17,041.82	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,041.82	1.00	\$ 17,041.82
0.1724	89	1	TRABE	\$ 17,042.97	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.97	1.00	\$ 17,042.97
0.1724	101	1	TRABE	\$ 17,042.27	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.27	1.00	\$ 17,042.27
0.1724	125	1	TRABE	\$ 17,042.98	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.98	1.00	\$ 17,042.98
0.1724	70	2	TRABE	\$ 17,042.04	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.04	1.00	\$ 17,042.04
0.1724	78	2	TRABE	\$ 17,042.59	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.59	1.00	\$ 17,042.59
0.1724	90	2	TRABE	\$ 17,042.61	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.61	1.00	\$ 17,042.61
0.1724	102	2	TRABE	\$ 17,042.38	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.38	1.00	\$ 17,042.38
0.1724	126	2	TRABE	\$ 17,042.08	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,042.08	1.00	\$ 17,042.08
0.1724	71	3	TRABE	\$ 16,869.27	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,869.27	1.00	\$ 16,869.27
0.1724	79	3	TRABE	\$ 16,869.31	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,869.31	1.00	\$ 16,869.31
0.1724	91	3	TRABE	\$ 16,869.33	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,869.33	1.00	\$ 16,869.33

0.1724	103	3	TRABE	\$ 16,869.68	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,869.68	1.00	\$ 16,869.68
0.1724	127	3	TRABE	\$ 16,869.14	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,869.14	1.00	\$ 16,869.14
0.1724	72	4	TRABE	\$ 16,548.67	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,548.67	1.00	\$ 16,548.67
0.1724	80	4	TRABE	\$ 16,548.52	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,548.52	1.00	\$ 16,548.52
0.1724	92	4	TRABE	\$ 16,549.44	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,549.44	1.00	\$ 16,549.44
0.1724	104	4	TRABE	\$ 16,548.93	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,548.93	1.00	\$ 16,548.93
0.1724	128	4	TRABE	\$ 16,549.35	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 16,549.35	1.00	\$ 16,549.35
							\$ 16,875.79	20.00	\$ 337,515.86

Tabla 154. CREP asociado al DS reportado, $edp=2.155\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.1724	69	1	TRABE	\$ 17,042.49	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.23
0.1724	77	1	TRABE	\$ 17,041.82	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,627.42
0.1724	89	1	TRABE	\$ 17,042.97	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.82
0.1724	101	1	TRABE	\$ 17,042.27	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,627.97
0.1724	125	1	TRABE	\$ 17,042.98	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.82
0.1724	70	2	TRABE	\$ 17,042.04	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,627.68
0.1724	78	2	TRABE	\$ 17,042.59	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.35
0.1724	90	2	TRABE	\$ 17,042.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.37
0.1724	102	2	TRABE	\$ 17,042.38	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,628.09
0.1724	126	2	TRABE	\$ 17,042.08	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,627.74
0.1724	71	3	TRABE	\$ 16,869.27	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,418.56
0.1724	79	3	TRABE	\$ 16,869.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,418.62
0.1724	91	3	TRABE	\$ 16,869.33	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,418.63
0.1724	103	3	TRABE	\$ 16,869.68	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,419.06
0.1724	127	3	TRABE	\$ 16,869.14	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,418.41
0.1724	72	4	TRABE	\$ 16,548.67	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,030.52
0.1724	80	4	TRABE	\$ 16,548.52	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,030.33
0.1724	92	4	TRABE	\$ 16,549.44	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,031.44
0.1724	104	4	TRABE	\$ 16,548.93	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,030.82
0.1724	128	4	TRABE	\$ 16,549.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,031.33
				\$ 337,515.86				\$ 408,529.20

Tabla 155. CREP por elemento, $edp=2.155\%$.

EDP 2.571%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.2057	69	1	TRABE	0.59	0.23	\$ 17,100.09	\$ 26,000.07	\$ 32,000.07	
0.2057	77	1	TRABE	0.40	-0.25	\$ 17,099.90	\$ 25,999.92	\$ 31,999.92	
0.2057	89	1	TRABE	0.48	-0.04	\$ 17,099.98	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99	
0.2057	101	1	TRABE	0.32	-0.47	\$ 17,099.82	\$ 25,999.85	\$ 31,999.86	
0.2057	125	1	TRABE	0.87	1.12	\$ 17,100.43	\$ 26,000.36	\$ 32,000.33	
0.2057	70	2	TRABE	0.87	1.11	\$ 17,100.43	\$ 26,000.36	\$ 32,000.33	
0.2057	78	2	TRABE	0.93	1.47	\$ 17,100.57	\$ 26,000.47	\$ 32,000.44	
0.2057	90	2	TRABE	0.74	0.64	\$ 17,100.25	\$ 26,000.20	\$ 32,000.19	
0.2057	102	2	TRABE	0.96	1.81	\$ 17,100.71	\$ 26,000.58	\$ 32,000.54	
0.2057	126	2	TRABE	0.93	1.47	\$ 17,100.57	\$ 26,000.47	\$ 32,000.44	
0.2057	71	3	TRABE	0.25	-0.66	\$ 17,099.74	\$ 25,999.79	\$ 31,999.80	
0.2057	79	3	TRABE	0.13	-1.13	\$ 17,099.56	\$ 25,999.64	\$ 31,999.66	
0.2057	91	3	TRABE	0.15	-1.02	\$ 17,099.60	\$ 25,999.67	\$ 31,999.69	
0.2057	103	3	TRABE	0.42	-0.20	\$ 17,099.92	\$ 25,999.94	\$ 31,999.94	
0.2057	127	3	TRABE	0.22	-0.76	\$ 17,099.70	\$ 25,999.76	\$ 31,999.77	
0.2057	72	4	TRABE	0.01	-2.52	\$ 17,099.02	\$ 25,999.19	\$ 31,999.25	
0.2057	80	4	TRABE	0.46	-0.11	\$ 17,099.96	\$ 25,999.96	\$ 31,999.97	
0.2057	92	4	TRABE	0.93	1.46	\$ 17,100.57	\$ 26,000.47	\$ 32,000.44	
0.2057	104	4	TRABE	0.73	0.61	\$ 17,100.24	\$ 26,000.20	\$ 32,000.18	
0.2057	128	4	TRABE	0.44	-0.15	\$ 17,099.94	\$ 25,999.95	\$ 31,999.95	

Tabla 156. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=2.571\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.2057	69	1	TRABE	\$ 17,096.68	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.68	1.00	\$ 17,096.68
0.2057	77	1	TRABE	\$ 17,096.49	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.49	1.00	\$ 17,096.49
0.2057	89	1	TRABE	\$ 17,096.57	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.57	1.00	\$ 17,096.57
0.2057	101	1	TRABE	\$ 17,096.40	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.40	1.00	\$ 17,096.40
0.2057	125	1	TRABE	\$ 17,097.02	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.02	1.00	\$ 17,097.02
0.2057	70	2	TRABE	\$ 17,097.02	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.02	1.00	\$ 17,097.02
0.2057	78	2	TRABE	\$ 17,097.16	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.16	1.00	\$ 17,097.16
0.2057	90	2	TRABE	\$ 17,096.84	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.84	1.00	\$ 17,096.84
0.2057	102	2	TRABE	\$ 17,097.29	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.29	1.00	\$ 17,097.29
0.2057	126	2	TRABE	\$ 17,097.16	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.16	1.00	\$ 17,097.16
0.2057	71	3	TRABE	\$ 17,073.14	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,073.14	1.00	\$ 17,073.14
0.2057	79	3	TRABE	\$ 17,072.96	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,072.96	1.00	\$ 17,072.96
0.2057	91	3	TRABE	\$ 17,073.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,073.00	1.00	\$ 17,073.00

0.2057	103	3	TRABE	\$ 17,073.32	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,073.32	1.00	\$ 17,073.32
0.2057	127	3	TRABE	\$ 17,073.10	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,073.10	1.00	\$ 17,073.10
0.2057	72	4	TRABE	\$ 17,010.96	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,010.96	1.00	\$ 17,010.96
0.2057	80	4	TRABE	\$ 17,011.90	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,011.90	1.00	\$ 17,011.90
0.2057	92	4	TRABE	\$ 17,012.50	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,012.50	1.00	\$ 17,012.50
0.2057	104	4	TRABE	\$ 17,012.18	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,012.18	1.00	\$ 17,012.18
0.2057	128	4	TRABE	\$ 17,011.88	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,011.88	1.00	\$ 17,011.88
							\$ 17,069.68	20.00	\$ 341,393.57

Tabla 157. CREP asociado al DS reportado, $edp=2.571\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.2057	69	1	TRABE	\$ 17,096.68	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,693.82
0.2057	77	1	TRABE	\$ 17,096.49	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,693.59
0.2057	89	1	TRABE	\$ 17,096.57	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,693.69
0.2057	101	1	TRABE	\$ 17,096.40	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,693.49
0.2057	125	1	TRABE	\$ 17,097.02	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.24
0.2057	70	2	TRABE	\$ 17,097.02	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.23
0.2057	78	2	TRABE	\$ 17,097.16	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.40
0.2057	90	2	TRABE	\$ 17,096.84	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.01
0.2057	102	2	TRABE	\$ 17,097.29	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.56
0.2057	126	2	TRABE	\$ 17,097.16	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.41
0.2057	71	3	TRABE	\$ 17,073.14	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,665.33
0.2057	79	3	TRABE	\$ 17,072.96	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,665.10
0.2057	91	3	TRABE	\$ 17,073.00	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,665.15
0.2057	103	3	TRABE	\$ 17,073.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,665.54
0.2057	127	3	TRABE	\$ 17,073.10	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,665.28
0.2057	72	4	TRABE	\$ 17,010.96	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,590.07
0.2057	80	4	TRABE	\$ 17,011.90	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,591.20
0.2057	92	4	TRABE	\$ 17,012.50	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,591.94
0.2057	104	4	TRABE	\$ 17,012.18	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,591.54
0.2057	128	4	TRABE	\$ 17,011.88	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,591.18
				\$ 341,393.57				\$ 413,222.78

Tabla 158. CREP por elemento, $edp=2.571\%$.

EDP 2.988%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.239	69	1	TRABE	0.93	1.45	\$ 17,100.56	\$ 26,000.46	\$ 32,000.43	
0.239	77	1	TRABE	0.45	-0.13	\$ 17,099.95	\$ 25,999.96	\$ 31,999.96	
0.239	89	1	TRABE	0.77	0.75	\$ 17,100.29	\$ 26,000.24	\$ 32,000.22	
0.239	101	1	TRABE	0.04	-1.72	\$ 17,099.33	\$ 25,999.45	\$ 31,999.48	
0.239	125	1	TRABE	0.30	-0.52	\$ 17,099.80	\$ 25,999.83	\$ 31,999.84	
0.239	70	2	TRABE	0.04	-1.72	\$ 17,099.33	\$ 25,999.45	\$ 31,999.48	
0.239	78	2	TRABE	0.79	0.80	\$ 17,100.31	\$ 26,000.26	\$ 32,000.24	
0.239	90	2	TRABE	0.28	-0.58	\$ 17,099.77	\$ 25,999.81	\$ 31,999.83	
0.239	102	2	TRABE	0.13	-1.15	\$ 17,099.55	\$ 25,999.63	\$ 31,999.65	
0.239	126	2	TRABE	0.10	-1.26	\$ 17,099.51	\$ 25,999.60	\$ 31,999.62	
0.239	71	3	TRABE	0.74	0.66	\$ 17,100.26	\$ 26,000.21	\$ 32,000.20	
0.239	79	3	TRABE	0.17	-0.95	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.71	
0.239	91	3	TRABE	0.25	-0.68	\$ 17,099.73	\$ 25,999.78	\$ 31,999.79	
0.239	103	3	TRABE	0.51	0.03	\$ 17,100.01	\$ 26,000.01	\$ 32,000.01	
0.239	127	3	TRABE	0.43	-0.18	\$ 17,099.93	\$ 25,999.94	\$ 31,999.95	
0.239	72	4	TRABE	0.19	-0.89	\$ 17,099.65	\$ 25,999.72	\$ 31,999.73	
0.239	80	4	TRABE	0.22	-0.78	\$ 17,099.70	\$ 25,999.75	\$ 31,999.77	
0.239	92	4	TRABE	0.61	0.28	\$ 17,100.11	\$ 26,000.09	\$ 32,000.08	
0.239	104	4	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87	
0.239	128	4	TRABE	0.70	0.54	\$ 17,100.21	\$ 26,000.17	\$ 32,000.16	

Tabla 159. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=2.988\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.239	69	1	TRABE	\$ 17,100.38	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,100.38	1.00	\$ 17,100.38
0.239	77	1	TRABE	\$ 17,099.76	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.76	1.00	\$ 17,099.76
0.239	89	1	TRABE	\$ 17,100.10	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,100.11	1.00	\$ 17,100.11
0.239	101	1	TRABE	\$ 17,099.14	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.14	1.00	\$ 17,099.14
0.239	125	1	TRABE	\$ 17,099.61	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.61	1.00	\$ 17,099.61
0.239	70	2	TRABE	\$ 17,099.14	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.14	1.00	\$ 17,099.14
0.239	78	2	TRABE	\$ 17,100.13	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,100.13	1.00	\$ 17,100.13
0.239	90	2	TRABE	\$ 17,099.59	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.59	1.00	\$ 17,099.59
0.239	102	2	TRABE	\$ 17,099.37	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.37	1.00	\$ 17,099.37
0.239	126	2	TRABE	\$ 17,099.32	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,099.32	1.00	\$ 17,099.32
0.239	71	3	TRABE	\$ 17,097.42	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,097.42	1.00	\$ 17,097.42
0.239	79	3	TRABE	\$ 17,096.79	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.79	1.00	\$ 17,096.79
0.239	91	3	TRABE	\$ 17,096.90	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 17,096.90	1.00	\$ 17,096.90

0.239	103	3	TRABE	\$ 17,097.18	\$	0.00	\$	0.00	\$ 17,097.18	1.00	\$ 17,097.18
0.239	127	3	TRABE	\$ 17,097.10	\$	0.00	\$	0.00	\$ 17,097.10	1.00	\$ 17,097.10
0.239	72	4	TRABE	\$ 17,086.59	\$	0.06	\$	0.34	\$ 17,087.00	1.00	\$ 17,087.00
0.239	80	4	TRABE	\$ 17,086.63	\$	0.06	\$	0.34	\$ 17,087.04	1.00	\$ 17,087.04
0.239	92	4	TRABE	\$ 17,087.05	\$	0.06	\$	0.34	\$ 17,087.45	1.00	\$ 17,087.45
0.239	104	4	TRABE	\$ 17,086.77	\$	0.06	\$	0.34	\$ 17,087.17	1.00	\$ 17,087.17
0.239	128	4	TRABE	\$ 17,087.15	\$	0.06	\$	0.34	\$ 17,087.55	1.00	\$ 17,087.55
									\$ 17,095.91	20.00	\$ 341,918.13

Tabla 160. *CREP* asociado al *DS* reportado, $edp=2.988\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.239	69	1	TRABE	\$ 17,100.38	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,698.30
0.239	77	1	TRABE	\$ 17,099.76	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.55
0.239	89	1	TRABE	\$ 17,100.11	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.97
0.239	101	1	TRABE	\$ 17,099.14	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,696.80
0.239	125	1	TRABE	\$ 17,099.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.37
0.239	70	2	TRABE	\$ 17,099.14	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,696.80
0.239	78	2	TRABE	\$ 17,100.13	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.99
0.239	90	2	TRABE	\$ 17,099.59	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.34
0.239	102	2	TRABE	\$ 17,099.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.07
0.239	126	2	TRABE	\$ 17,099.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,697.02
0.239	71	3	TRABE	\$ 17,097.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.72
0.239	79	3	TRABE	\$ 17,096.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,693.96
0.239	91	3	TRABE	\$ 17,096.90	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.08
0.239	103	3	TRABE	\$ 17,097.18	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.42
0.239	127	3	TRABE	\$ 17,097.10	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,694.32
0.239	72	4	TRABE	\$ 17,087.00	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,682.10
0.239	80	4	TRABE	\$ 17,087.04	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,682.15
0.239	92	4	TRABE	\$ 17,087.45	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,682.65
0.239	104	4	TRABE	\$ 17,087.17	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,682.31
0.239	128	4	TRABE	\$ 17,087.55	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,682.77
				\$ 341,918.13				\$ 413,857.71

Tabla 161. *CREP* por elemento, $edp=2.988\%$.

EDP 3.405%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.2724	69	1	TRABE	0.34	-0.41	\$ 17,099.84	\$ 25,999.87	\$ 31,999.88	
0.2724	77	1	TRABE	0.91	1.36	\$ 17,100.53	\$ 26,000.43	\$ 32,000.41	
0.2724	89	1	TRABE	0.52	0.05	\$ 17,100.02	\$ 26,000.02	\$ 32,000.02	
0.2724	101	1	TRABE	0.95	1.63	\$ 17,100.64	\$ 26,000.52	\$ 32,000.49	
0.2724	125	1	TRABE	0.60	0.26	\$ 17,100.10	\$ 26,000.08	\$ 32,000.08	
0.2724	70	2	TRABE	0.66	0.41	\$ 17,100.16	\$ 26,000.13	\$ 32,000.12	
0.2724	78	2	TRABE	0.44	-0.15	\$ 17,099.94	\$ 25,999.95	\$ 31,999.95	
0.2724	90	2	TRABE	0.32	-0.46	\$ 17,099.82	\$ 25,999.85	\$ 31,999.86	
0.2724	102	2	TRABE	0.07	-1.46	\$ 17,099.43	\$ 25,999.53	\$ 31,999.56	
0.2724	126	2	TRABE	0.16	-1.00	\$ 17,099.61	\$ 25,999.68	\$ 31,999.70	
0.2724	71	3	TRABE	0.48	-0.04	\$ 17,099.98	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99	
0.2724	79	3	TRABE	0.05	-1.64	\$ 17,099.36	\$ 25,999.47	\$ 31,999.51	
0.2724	91	3	TRABE	0.24	-0.72	\$ 17,099.72	\$ 25,999.77	\$ 31,999.78	
0.2724	103	3	TRABE	0.93	1.44	\$ 17,100.56	\$ 26,000.46	\$ 32,000.43	
0.2724	127	3	TRABE	0.12	-1.17	\$ 17,099.54	\$ 25,999.62	\$ 31,999.65	
0.2724	72	4	TRABE	0.96	1.71	\$ 17,100.67	\$ 26,000.55	\$ 32,000.51	
0.2724	80	4	TRABE	0.54	0.10	\$ 17,100.04	\$ 26,000.03	\$ 32,000.03	
0.2724	92	4	TRABE	0.95	1.62	\$ 17,100.63	\$ 26,000.52	\$ 32,000.49	
0.2724	104	4	TRABE	0.11	-1.25	\$ 17,099.51	\$ 25,999.60	\$ 31,999.63	
0.2724	128	4	TRABE	0.16	-1.00	\$ 17,099.61	\$ 25,999.68	\$ 31,999.70	

Tabla 162. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=3.405\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.2724	69	1	TRABE	\$ 17,081.23	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 17,109.51	1.00	\$ 17,109.51
0.2724	77	1	TRABE	\$ 17,081.91	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 17,110.20	1.00	\$ 17,110.20
0.2724	89	1	TRABE	\$ 17,081.41	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 17,109.69	1.00	\$ 17,109.69
0.2724	101	1	TRABE	\$ 17,082.02	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 17,110.31	1.00	\$ 17,110.31
0.2724	125	1	TRABE	\$ 17,081.49	\$ 28.29	\$ 0.00	\$ 17,109.77	1.00	\$ 17,109.77
0.2724	70	2	TRABE	\$ 17,087.14	\$ 19.78	\$ 0.00	\$ 17,106.92	1.00	\$ 17,106.92
0.2724	78	2	TRABE	\$ 17,086.92	\$ 19.78	\$ 0.00	\$ 17,106.70	1.00	\$ 17,106.70
0.2724	90	2	TRABE	\$ 17,086.80	\$ 19.78	\$ 0.00	\$ 17,106.58	1.00	\$ 17,106.58
0.2724	102	2	TRABE	\$ 17,086.41	\$ 19.78	\$ 0.00	\$ 17,106.19	1.00	\$ 17,106.19
0.2724	126	2	TRABE	\$ 17,086.59	\$ 19.78	\$ 0.00	\$ 17,106.37	1.00	\$ 17,106.37
0.2724	71	3	TRABE	\$ 17,093.09	\$ 10.03	\$ 0.00	\$ 17,103.12	1.00	\$ 17,103.12
0.2724	79	3	TRABE	\$ 17,092.47	\$ 10.03	\$ 0.00	\$ 17,102.50	1.00	\$ 17,102.50
0.2724	91	3	TRABE	\$ 17,092.83	\$ 10.03	\$ 0.00	\$ 17,102.86	1.00	\$ 17,102.86

0.2724	103	3	TRABE	\$ 17,093.67	\$	10.03	\$	0.00	\$ 17,103.70	1.00	\$ 17,103.70
0.2724	127	3	TRABE	\$ 17,092.65	\$	10.03	\$	0.00	\$ 17,102.68	1.00	\$ 17,102.68
0.2724	72	4	TRABE	\$ 17,063.84	\$	34.44	\$	23.14	\$ 17,121.42	1.00	\$ 17,121.42
0.2724	80	4	TRABE	\$ 17,063.22	\$	34.43	\$	23.14	\$ 17,120.80	1.00	\$ 17,120.80
0.2724	92	4	TRABE	\$ 17,063.81	\$	34.44	\$	23.14	\$ 17,121.39	1.00	\$ 17,121.39
0.2724	104	4	TRABE	\$ 17,062.69	\$	34.43	\$	23.14	\$ 17,120.27	1.00	\$ 17,120.27
0.2724	128	4	TRABE	\$ 17,062.79	\$	34.43	\$	23.14	\$ 17,120.37	1.00	\$ 17,120.37
									\$ 17,110.07	20.00	\$ 342,201.36

Tabla 163. CREP asociado al DS reportado, $edp=3.405\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.2724	69	1	TRABE	\$ 17,109.51	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,709.35
0.2724	77	1	TRABE	\$ 17,110.20	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,710.19
0.2724	89	1	TRABE	\$ 17,109.69	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,709.57
0.2724	101	1	TRABE	\$ 17,110.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,710.32
0.2724	125	1	TRABE	\$ 17,109.77	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,709.67
0.2724	70	2	TRABE	\$ 17,106.92	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,706.22
0.2724	78	2	TRABE	\$ 17,106.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,705.95
0.2724	90	2	TRABE	\$ 17,106.58	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,705.81
0.2724	102	2	TRABE	\$ 17,106.19	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,705.34
0.2724	126	2	TRABE	\$ 17,106.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,705.55
0.2724	71	3	TRABE	\$ 17,103.12	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,701.62
0.2724	79	3	TRABE	\$ 17,102.50	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,700.86
0.2724	91	3	TRABE	\$ 17,102.86	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,701.30
0.2724	103	3	TRABE	\$ 17,103.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,702.32
0.2724	127	3	TRABE	\$ 17,102.68	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,701.08
0.2724	72	4	TRABE	\$ 17,121.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,723.77
0.2724	80	4	TRABE	\$ 17,120.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,723.01
0.2724	92	4	TRABE	\$ 17,121.39	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,723.73
0.2724	104	4	TRABE	\$ 17,120.27	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,722.38
0.2724	128	4	TRABE	\$ 17,120.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 20,722.49
				\$ 342,201.36				\$ 414,200.53

Tabla 164. CREP por elemento, $edp=3.405\%$.

EDP 3.821%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.3057	69	1	TRABE	0.37	-0.34	\$ 17,099.87	\$ 25,999.89	\$ 31,999.90	
0.3057	77	1	TRABE	0.59	0.23	\$ 17,100.09	\$ 26,000.07	\$ 32,000.07	
0.3057	89	1	TRABE	0.99	2.30	\$ 17,100.90	\$ 26,000.73	\$ 32,000.69	
0.3057	101	1	TRABE	0.47	-0.06	\$ 17,099.98	\$ 25,999.98	\$ 31,999.98	
0.3057	125	1	TRABE	0.17	-0.94	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72	
0.3057	70	2	TRABE	0.94	1.52	\$ 17,100.59	\$ 26,000.48	\$ 32,000.45	
0.3057	78	2	TRABE	0.09	-1.32	\$ 17,099.49	\$ 25,999.58	\$ 31,999.60	
0.3057	90	2	TRABE	0.84	1.00	\$ 17,100.39	\$ 26,000.32	\$ 32,000.30	
0.3057	102	2	TRABE	0.05	-1.68	\$ 17,099.34	\$ 25,999.46	\$ 31,999.50	
0.3057	126	2	TRABE	0.05	-1.64	\$ 17,099.36	\$ 25,999.47	\$ 31,999.51	
0.3057	71	3	TRABE	0.75	0.67	\$ 17,100.26	\$ 26,000.21	\$ 32,000.20	
0.3057	79	3	TRABE	0.11	-1.25	\$ 17,099.51	\$ 25,999.60	\$ 31,999.62	
0.3057	91	3	TRABE	0.10	-1.26	\$ 17,099.51	\$ 25,999.60	\$ 31,999.62	
0.3057	103	3	TRABE	0.61	0.28	\$ 17,100.11	\$ 26,000.09	\$ 32,000.08	
0.3057	127	3	TRABE	0.61	0.28	\$ 17,100.11	\$ 26,000.09	\$ 32,000.08	
0.3057	72	4	TRABE	0.63	0.33	\$ 17,100.13	\$ 26,000.10	\$ 32,000.10	
0.3057	80	4	TRABE	0.38	-0.31	\$ 17,099.88	\$ 25,999.90	\$ 31,999.91	
0.3057	92	4	TRABE	0.57	0.19	\$ 17,100.07	\$ 26,000.06	\$ 32,000.06	
0.3057	96	4	TRABE	0.23	-0.74	\$ 17,099.71	\$ 25,999.76	\$ 31,999.78	
0.3057	104	4	TRABE	0.76	0.70	\$ 17,100.27	\$ 26,000.22	\$ 32,000.21	
0.3057	128	4	TRABE	0.67	0.44	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13	

Tabla 165. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=3.821\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.3057	69	1	TRABE	\$ 14,169.11	\$ 4,453.72	\$ 2.98	\$ 18,625.81	1.00	\$ 18,625.81
0.3057	77	1	TRABE	\$ 14,169.29	\$ 4,453.75	\$ 2.98	\$ 18,626.02	1.00	\$ 18,626.02
0.3057	89	1	TRABE	\$ 14,169.96	\$ 4,453.86	\$ 2.98	\$ 18,626.81	1.00	\$ 18,626.81
0.3057	101	1	TRABE	\$ 14,169.20	\$ 4,453.73	\$ 2.98	\$ 18,625.91	1.00	\$ 18,625.91
0.3057	125	1	TRABE	\$ 14,168.91	\$ 4,453.69	\$ 2.98	\$ 18,625.58	1.00	\$ 18,625.58
0.3057	70	2	TRABE	\$ 14,605.27	\$ 3,791.57	\$ 2.98	\$ 18,399.82	1.00	\$ 18,399.82
0.3057	78	2	TRABE	\$ 14,604.32	\$ 3,791.44	\$ 2.98	\$ 18,398.75	1.00	\$ 18,398.75
0.3057	90	2	TRABE	\$ 14,605.09	\$ 3,791.55	\$ 2.98	\$ 18,399.63	1.00	\$ 18,399.63
0.3057	102	2	TRABE	\$ 14,604.20	\$ 3,791.42	\$ 2.98	\$ 18,398.61	1.00	\$ 18,398.61
0.3057	126	2	TRABE	\$ 14,604.22	\$ 3,791.43	\$ 2.98	\$ 18,398.63	1.00	\$ 18,398.63
0.3057	71	3	TRABE	\$ 15,157.68	\$ 2,949.38	\$ 5.16	\$ 18,112.21	1.00	\$ 18,112.21
0.3057	79	3	TRABE	\$ 15,157.01	\$ 2,949.31	\$ 5.16	\$ 18,111.48	1.00	\$ 18,111.48

0.3057	91	3	TRABE	\$ 15,157.01	\$ 2,949.31	\$ 5.16	\$ 18,111.47	1.00	\$ 18,111.47
0.3057	103	3	TRABE	\$ 15,157.54	\$ 2,949.36	\$ 5.16	\$ 18,112.06	1.00	\$ 18,112.06
0.3057	127	3	TRABE	\$ 15,157.54	\$ 2,949.36	\$ 5.16	\$ 18,112.06	1.00	\$ 18,112.06
0.3057	72	4	TRABE	\$ 16,326.07	\$ 856.70	\$ 393.64	\$ 17,576.41	1.00	\$ 17,576.41
0.3057	80	4	TRABE	\$ 16,325.83	\$ 856.69	\$ 393.64	\$ 17,576.16	1.00	\$ 17,576.16
0.3057	92	4	TRABE	\$ 16,326.02	\$ 856.70	\$ 393.64	\$ 17,576.36	1.00	\$ 17,576.36
0.3057	96	4	TRABE	\$ 16,325.67	\$ 856.69	\$ 393.64	\$ 17,576.00	1.00	\$ 17,576.00
0.3057	104	4	TRABE	\$ 16,326.21	\$ 856.70	\$ 393.64	\$ 17,576.55	1.00	\$ 17,576.55
0.3057	128	4	TRABE	\$ 16,326.11	\$ 856.70	\$ 393.64	\$ 17,576.45	1.00	\$ 17,576.45
							\$ 18,149.66	21.00	\$ 381,142.79

Tabla 166. CREP asociado al DS reportado, $edp=3.821\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.3057	69	1	TRABE	\$ 18,625.81	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,544.68
0.3057	77	1	TRABE	\$ 18,626.02	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,544.94
0.3057	89	1	TRABE	\$ 18,626.81	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,545.89
0.3057	101	1	TRABE	\$ 18,625.91	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,544.81
0.3057	125	1	TRABE	\$ 18,625.58	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,544.40
0.3057	70	2	TRABE	\$ 18,399.82	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,271.15
0.3057	78	2	TRABE	\$ 18,398.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,269.85
0.3057	90	2	TRABE	\$ 18,399.63	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,270.91
0.3057	102	2	TRABE	\$ 18,398.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,269.68
0.3057	126	2	TRABE	\$ 18,398.63	1.00	4.00	0.0526	\$ 22,269.70
0.3057	71	3	TRABE	\$ 18,112.21	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,923.02
0.3057	79	3	TRABE	\$ 18,111.48	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,922.13
0.3057	91	3	TRABE	\$ 18,111.47	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,922.13
0.3057	103	3	TRABE	\$ 18,112.06	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,922.84
0.3057	127	3	TRABE	\$ 18,112.06	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,922.84
0.3057	72	4	TRABE	\$ 17,576.41	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,274.49
0.3057	80	4	TRABE	\$ 17,576.16	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,274.19
0.3057	92	4	TRABE	\$ 17,576.36	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,274.42
0.3057	96	4	TRABE	\$ 17,576.00	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,273.99
0.3057	104	4	TRABE	\$ 17,576.55	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,274.66
0.3057	128	4	TRABE	\$ 17,576.45	1.00	4.00	0.0526	\$ 21,274.54
				\$ 381,142.79				\$ 461,335.23

Tabla 167. CREP por elemento, $edp=3.821\%$.

EDP 4.238%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.339	69	1	TRABE	0.29	-0.55	\$ 17,099.79	\$ 25,999.82	\$ 31,999.83	
0.339	77	1	TRABE	0.16	-0.98	\$ 17,099.62	\$ 25,999.69	\$ 31,999.71	
0.339	89	1	TRABE	0.31	-0.48	\$ 17,099.81	\$ 25,999.85	\$ 31,999.85	
0.339	101	1	TRABE	0.36	-0.36	\$ 17,099.86	\$ 25,999.88	\$ 31,999.89	
0.339	125	1	TRABE	0.09	-1.35	\$ 17,099.47	\$ 25,999.57	\$ 31,999.60	
0.339	70	2	TRABE	0.86	1.07	\$ 17,100.42	\$ 26,000.34	\$ 32,000.32	
0.339	78	2	TRABE	0.05	-1.61	\$ 17,099.37	\$ 25,999.48	\$ 31,999.52	
0.339	90	2	TRABE	0.66	0.42	\$ 17,100.16	\$ 26,000.13	\$ 32,000.13	
0.339	102	2	TRABE	0.61	0.27	\$ 17,100.10	\$ 26,000.09	\$ 32,000.08	
0.339	126	2	TRABE	0.90	1.26	\$ 17,100.49	\$ 26,000.40	\$ 32,000.38	
0.339	71	3	TRABE	0.48	-0.04	\$ 17,099.98	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99	
0.339	79	3	TRABE	0.67	0.44	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13	
0.339	91	3	TRABE	0.80	0.85	\$ 17,100.33	\$ 26,000.27	\$ 32,000.25	
0.339	103	3	TRABE	0.02	-2.06	\$ 17,099.20	\$ 25,999.34	\$ 31,999.38	
0.339	127	3	TRABE	0.74	0.64	\$ 17,100.25	\$ 26,000.21	\$ 32,000.19	
0.339	72	4	TRABE	0.23	-0.74	\$ 17,099.71	\$ 25,999.76	\$ 31,999.78	
0.339	80	4	TRABE	0.47	-0.07	\$ 17,099.97	\$ 25,999.98	\$ 31,999.98	
0.339	92	4	TRABE	0.83	0.97	\$ 17,100.38	\$ 26,000.31	\$ 32,000.29	
0.339	96	4	TRABE	0.42	-0.21	\$ 17,099.92	\$ 25,999.93	\$ 31,999.94	
0.339	104	4	TRABE	0.94	1.58	\$ 17,100.61	\$ 26,000.50	\$ 32,000.47	
0.339	128	4	TRABE	0.15	-1.03	\$ 17,099.60	\$ 25,999.67	\$ 31,999.69	

Tabla 168. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=4.238\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.339	69	1	TRABE	\$ 2,930.75	\$ 21,034.74	\$ 626.40	\$ 24,591.89	1.00	\$ 24,591.89
0.339	77	1	TRABE	\$ 2,930.72	\$ 21,034.63	\$ 626.40	\$ 24,591.75	1.00	\$ 24,591.75
0.339	89	1	TRABE	\$ 2,930.75	\$ 21,034.76	\$ 626.40	\$ 24,591.91	1.00	\$ 24,591.91
0.339	101	1	TRABE	\$ 2,930.76	\$ 21,034.79	\$ 626.40	\$ 24,591.95	1.00	\$ 24,591.95
0.339	125	1	TRABE	\$ 2,930.69	\$ 21,034.54	\$ 626.39	\$ 24,591.62	1.00	\$ 24,591.62
0.339	70	2	TRABE	\$ 3,412.18	\$ 20,303.34	\$ 626.41	\$ 24,341.92	1.00	\$ 24,341.92
0.339	78	2	TRABE	\$ 3,411.97	\$ 20,302.67	\$ 626.39	\$ 24,341.03	1.00	\$ 24,341.03
0.339	90	2	TRABE	\$ 3,412.13	\$ 20,303.18	\$ 626.40	\$ 24,341.70	1.00	\$ 24,341.70
0.339	102	2	TRABE	\$ 3,412.11	\$ 20,303.14	\$ 626.40	\$ 24,341.66	1.00	\$ 24,341.66
0.339	126	2	TRABE	\$ 3,412.19	\$ 20,303.39	\$ 626.41	\$ 24,341.99	1.00	\$ 24,341.99
0.339	71	3	TRABE	\$ 4,007.52	\$ 19,231.76	\$ 830.66	\$ 24,069.94	1.00	\$ 24,069.94
0.339	79	3	TRABE	\$ 4,007.56	\$ 19,231.87	\$ 830.67	\$ 24,070.10	1.00	\$ 24,070.10

0.339	91	3	TRABE	\$ 4,007.60	\$ 19,231.97	\$ 830.67	\$ 24,070.24	1.00	\$ 24,070.24
0.339	103	3	TRABE	\$ 4,007.34	\$ 19,231.28	\$ 830.65	\$ 24,069.27	1.00	\$ 24,069.27
0.339	127	3	TRABE	\$ 4,007.58	\$ 19,231.92	\$ 830.67	\$ 24,070.17	1.00	\$ 24,070.17
0.339	72	4	TRABE	\$ 12,616.83	\$ 4,743.59	\$ 2,550.77	\$ 19,911.18	1.00	\$ 19,911.18
0.339	80	4	TRABE	\$ 12,617.02	\$ 4,743.62	\$ 2,550.78	\$ 19,911.43	1.00	\$ 19,911.43
0.339	92	4	TRABE	\$ 12,617.32	\$ 4,743.69	\$ 2,550.81	\$ 19,911.81	1.00	\$ 19,911.81
0.339	96	4	TRABE	\$ 12,616.98	\$ 4,743.62	\$ 2,550.78	\$ 19,911.37	1.00	\$ 19,911.37
0.339	104	4	TRABE	\$ 12,617.49	\$ 4,743.72	\$ 2,550.82	\$ 19,912.03	1.00	\$ 19,912.03
0.339	128	4	TRABE	\$ 12,616.74	\$ 4,743.57	\$ 2,550.76	\$ 19,911.07	1.00	\$ 19,911.07
							\$ 23,070.76	21.00	\$ 484,486.04

Tabla 169. CREP asociado al DS reportado, $edp=4.238\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.339	69	1	TRABE	\$ 24,591.89	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,766.02
0.339	77	1	TRABE	\$ 24,591.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,765.85
0.339	89	1	TRABE	\$ 24,591.91	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,766.05
0.339	101	1	TRABE	\$ 24,591.95	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,766.10
0.339	125	1	TRABE	\$ 24,591.62	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,765.70
0.339	70	2	TRABE	\$ 24,341.92	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,463.46
0.339	78	2	TRABE	\$ 24,341.03	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,462.38
0.339	90	2	TRABE	\$ 24,341.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,463.20
0.339	102	2	TRABE	\$ 24,341.66	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,463.14
0.339	126	2	TRABE	\$ 24,341.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,463.54
0.339	71	3	TRABE	\$ 24,069.94	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,134.26
0.339	79	3	TRABE	\$ 24,070.10	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,134.45
0.339	91	3	TRABE	\$ 24,070.24	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,134.62
0.339	103	3	TRABE	\$ 24,069.27	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,133.44
0.339	127	3	TRABE	\$ 24,070.17	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,134.54
0.339	72	4	TRABE	\$ 19,911.18	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,100.49
0.339	80	4	TRABE	\$ 19,911.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,100.79
0.339	92	4	TRABE	\$ 19,911.81	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,101.26
0.339	96	4	TRABE	\$ 19,911.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,100.73
0.339	104	4	TRABE	\$ 19,912.03	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,101.53
0.339	128	4	TRABE	\$ 19,911.07	1.00	4.00	0.0526	\$ 24,100.36
				\$ 484,486.04				\$ 586,421.90

Tabla 170. CREP por elemento, $edp=4.238\%$.

EDP 4.655%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.3724	69	1	TRABE	0.64	0.36	\$ 17,100.14	\$ 26,000.12	\$ 32,000.11	
0.3724	77	1	TRABE	0.15	-1.04	\$ 17,099.60	\$ 25,999.67	\$ 31,999.69	
0.3724	89	1	TRABE	0.22	-0.79	\$ 17,099.69	\$ 25,999.75	\$ 31,999.76	
0.3724	101	1	TRABE	0.09	-1.37	\$ 17,099.47	\$ 25,999.56	\$ 31,999.59	
0.3724	125	1	TRABE	0.09	-1.36	\$ 17,099.47	\$ 25,999.56	\$ 31,999.59	
0.3724	70	2	TRABE	0.96	1.79	\$ 17,100.70	\$ 26,000.57	\$ 32,000.54	
0.3724	78	2	TRABE	0.27	-0.63	\$ 17,099.76	\$ 25,999.80	\$ 31,999.81	
0.3724	90	2	TRABE	0.85	1.04	\$ 17,100.41	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31	
0.3724	102	2	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87	
0.3724	126	2	TRABE	0.30	-0.51	\$ 17,099.80	\$ 25,999.84	\$ 31,999.85	
0.3724	71	3	TRABE	0.05	-1.64	\$ 17,099.36	\$ 25,999.48	\$ 31,999.51	
0.3724	79	3	TRABE	0.40	-0.24	\$ 17,099.90	\$ 25,999.92	\$ 31,999.93	
0.3724	91	3	TRABE	0.30	-0.51	\$ 17,099.80	\$ 25,999.84	\$ 31,999.85	
0.3724	103	3	TRABE	0.96	1.72	\$ 17,100.67	\$ 26,000.55	\$ 32,000.51	
0.3724	127	3	TRABE	0.99	2.33	\$ 17,100.91	\$ 26,000.74	\$ 32,000.70	
0.3724	72	4	TRABE	0.55	0.12	\$ 17,100.05	\$ 26,000.04	\$ 32,000.04	
0.3724	80	4	TRABE	0.40	-0.24	\$ 17,099.91	\$ 25,999.92	\$ 31,999.93	
0.3724	92	4	TRABE	0.19	-0.87	\$ 17,099.66	\$ 25,999.72	\$ 31,999.74	
0.3724	96	4	TRABE	0.97	1.82	\$ 17,100.71	\$ 26,000.58	\$ 32,000.55	
0.3724	104	4	TRABE	0.93	1.44	\$ 17,100.56	\$ 26,000.46	\$ 32,000.43	
0.3724	128	4	TRABE	0.49	-0.03	\$ 17,099.99	\$ 25,999.99	\$ 31,999.99	

Tabla 171. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=4.655\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.3724	69	1	TRABE	\$ 64.27	\$ 18,253.46	\$ 9,414.07	\$ 27,731.80	1.00	\$ 27,731.80
0.3724	77	1	TRABE	\$ 64.26	\$ 18,253.15	\$ 9,413.95	\$ 27,731.36	1.00	\$ 27,731.36
0.3724	89	1	TRABE	\$ 64.26	\$ 18,253.20	\$ 9,413.97	\$ 27,731.44	1.00	\$ 27,731.44
0.3724	101	1	TRABE	\$ 64.26	\$ 18,253.07	\$ 9,413.92	\$ 27,731.25	1.00	\$ 27,731.25
0.3724	125	1	TRABE	\$ 64.26	\$ 18,253.07	\$ 9,413.92	\$ 27,731.26	1.00	\$ 27,731.26
0.3724	70	2	TRABE	\$ 87.55	\$ 18,218.39	\$ 9,414.20	\$ 27,720.13	1.00	\$ 27,720.13
0.3724	78	2	TRABE	\$ 87.54	\$ 18,217.84	\$ 9,413.98	\$ 27,719.37	1.00	\$ 27,719.37
0.3724	90	2	TRABE	\$ 87.55	\$ 18,218.22	\$ 9,414.13	\$ 27,719.89	1.00	\$ 27,719.89
0.3724	102	2	TRABE	\$ 87.54	\$ 18,217.88	\$ 9,414.00	\$ 27,719.43	1.00	\$ 27,719.43
0.3724	126	2	TRABE	\$ 87.54	\$ 18,217.87	\$ 9,413.99	\$ 27,719.41	1.00	\$ 27,719.41
0.3724	71	3	TRABE	\$ 112.14	\$ 17,265.05	\$ 10,540.24	\$ 27,917.44	1.00	\$ 27,917.44
0.3724	79	3	TRABE	\$ 112.15	\$ 17,265.35	\$ 10,540.38	\$ 27,917.88	1.00	\$ 27,917.88

0.3724	91	3	TRABE	\$ 112.15	\$ 17,265.29	\$ 10,540.35	\$ 27,917.79	1.00	\$ 27,917.79
0.3724	103	3	TRABE	\$ 112.15	\$ 17,265.77	\$ 10,540.57	\$ 27,918.49	1.00	\$ 27,918.49
0.3724	127	3	TRABE	\$ 112.16	\$ 17,265.90	\$ 10,540.63	\$ 27,918.69	1.00	\$ 27,918.69
0.3724	72	4	TRABE	\$ 6,383.86	\$ 9,531.31	\$ 8,322.80	\$ 24,237.97	1.00	\$ 24,237.97
0.3724	80	4	TRABE	\$ 6,383.81	\$ 9,531.26	\$ 8,322.77	\$ 24,237.84	1.00	\$ 24,237.84
0.3724	92	4	TRABE	\$ 6,383.72	\$ 9,531.19	\$ 8,322.72	\$ 24,237.63	1.00	\$ 24,237.63
0.3724	96	4	TRABE	\$ 6,384.11	\$ 9,531.51	\$ 8,322.93	\$ 24,238.55	1.00	\$ 24,238.55
0.3724	104	4	TRABE	\$ 6,384.06	\$ 9,531.46	\$ 8,322.90	\$ 24,238.42	1.00	\$ 24,238.42
0.3724	128	4	TRABE	\$ 6,383.84	\$ 9,531.29	\$ 8,322.79	\$ 24,237.92	1.00	\$ 24,237.92
								\$ 26,774.95	21.00 \$ 562,273.95

Tabla 172. CREP asociado al DS reportado, $edp=4.655\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.3724	69	1	TRABE	\$ 27,731.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,566.57
0.3724	77	1	TRABE	\$ 27,731.36	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,566.04
0.3724	89	1	TRABE	\$ 27,731.44	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,566.13
0.3724	101	1	TRABE	\$ 27,731.25	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,565.91
0.3724	125	1	TRABE	\$ 27,731.26	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,565.91
0.3724	70	2	TRABE	\$ 27,720.13	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,552.45
0.3724	78	2	TRABE	\$ 27,719.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,551.53
0.3724	90	2	TRABE	\$ 27,719.89	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,552.16
0.3724	102	2	TRABE	\$ 27,719.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,551.60
0.3724	126	2	TRABE	\$ 27,719.41	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,551.57
0.3724	71	3	TRABE	\$ 27,917.44	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,791.27
0.3724	79	3	TRABE	\$ 27,917.88	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,791.80
0.3724	91	3	TRABE	\$ 27,917.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,791.70
0.3724	103	3	TRABE	\$ 27,918.49	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,792.54
0.3724	127	3	TRABE	\$ 27,918.69	1.00	4.00	0.0526	\$ 33,792.78
0.3724	72	4	TRABE	\$ 24,237.97	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,337.64
0.3724	80	4	TRABE	\$ 24,237.84	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,337.49
0.3724	92	4	TRABE	\$ 24,237.63	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,337.23
0.3724	96	4	TRABE	\$ 24,238.55	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,338.34
0.3724	104	4	TRABE	\$ 24,238.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,338.18
0.3724	128	4	TRABE	\$ 24,237.92	1.00	4.00	0.0526	\$ 29,337.57
								\$ 562,273.95
								\$ 680,576.39

Tabla 173. CREP por elemento, $edp=4.655\%$.

EDP 5.071%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.4057	69	1	TRABE	0.32	-0.47	\$ 17,099.82	\$ 25,999.85	\$ 31,999.86	
0.4057	77	1	TRABE	0.87	1.12	\$ 17,100.44	\$ 26,000.36	\$ 32,000.34	
0.4057	89	1	TRABE	0.46	-0.10	\$ 17,099.96	\$ 25,999.97	\$ 31,999.97	
0.4057	101	1	TRABE	0.39	-0.28	\$ 17,099.89	\$ 25,999.91	\$ 31,999.92	
0.4057	125	1	TRABE	0.92	1.40	\$ 17,100.55	\$ 26,000.45	\$ 32,000.42	
0.4057	70	2	TRABE	0.91	1.37	\$ 17,100.53	\$ 26,000.44	\$ 32,000.41	
0.4057	78	2	TRABE	0.83	0.97	\$ 17,100.38	\$ 26,000.31	\$ 32,000.29	
0.4057	90	2	TRABE	0.21	-0.82	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.75	
0.4057	102	2	TRABE	0.75	0.66	\$ 17,100.26	\$ 26,000.21	\$ 32,000.20	
0.4057	126	2	TRABE	0.16	-0.98	\$ 17,099.62	\$ 25,999.69	\$ 31,999.71	
0.4057	71	3	TRABE	0.28	-0.58	\$ 17,099.78	\$ 25,999.82	\$ 31,999.83	
0.4057	79	3	TRABE	0.77	0.75	\$ 17,100.29	\$ 26,000.24	\$ 32,000.22	
0.4057	91	3	TRABE	0.85	1.03	\$ 17,100.40	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31	
0.4057	103	3	TRABE	0.41	-0.23	\$ 17,099.91	\$ 25,999.93	\$ 31,999.93	
0.4057	127	3	TRABE	0.91	1.32	\$ 17,100.51	\$ 26,000.42	\$ 32,000.40	
0.4057	72	4	TRABE	0.97	1.89	\$ 17,100.74	\$ 26,000.60	\$ 32,000.57	
0.4057	80	4	TRABE	0.99	2.37	\$ 17,100.92	\$ 26,000.76	\$ 32,000.71	
0.4057	92	4	TRABE	0.56	0.14	\$ 17,100.06	\$ 26,000.05	\$ 32,000.04	
0.4057	96	4	TRABE	0.63	0.32	\$ 17,100.13	\$ 26,000.10	\$ 32,000.10	
0.4057	104	4	TRABE	0.98	1.97	\$ 17,100.77	\$ 26,000.63	\$ 32,000.59	
0.4057	128	4	TRABE	0.45	-0.13	\$ 17,099.95	\$ 25,999.96	\$ 31,999.96	

Tabla 174. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=5.071\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.4057	69	1	TRABE	\$ 0.19	\$ 5,171.70	\$ 25,634.33	\$ 30,806.22	1.00	\$ 30,806.22
0.4057	77	1	TRABE	\$ 0.19	\$ 5,171.80	\$ 25,634.71	\$ 30,806.70	1.00	\$ 30,806.70
0.4057	89	1	TRABE	\$ 0.19	\$ 5,171.72	\$ 25,634.42	\$ 30,806.33	1.00	\$ 30,806.33
0.4057	101	1	TRABE	\$ 0.19	\$ 5,171.71	\$ 25,634.38	\$ 30,806.28	1.00	\$ 30,806.28
0.4057	125	1	TRABE	\$ 0.19	\$ 5,171.82	\$ 25,634.78	\$ 30,806.79	1.00	\$ 30,806.79
0.4057	70	2	TRABE	\$ 0.30	\$ 5,171.65	\$ 25,634.77	\$ 30,806.72	1.00	\$ 30,806.72
0.4057	78	2	TRABE	\$ 0.30	\$ 5,171.62	\$ 25,634.68	\$ 30,806.60	1.00	\$ 30,806.60
0.4057	90	2	TRABE	\$ 0.30	\$ 5,171.51	\$ 25,634.25	\$ 30,806.05	1.00	\$ 30,806.05
0.4057	102	2	TRABE	\$ 0.30	\$ 5,171.60	\$ 25,634.60	\$ 30,806.50	1.00	\$ 30,806.50
0.4057	126	2	TRABE	\$ 0.30	\$ 5,171.50	\$ 25,634.21	\$ 30,806.01	1.00	\$ 30,806.01
0.4057	71	3	TRABE	\$ 0.38	\$ 4,596.64	\$ 26,341.70	\$ 30,938.72	1.00	\$ 30,938.72
0.4057	79	3	TRABE	\$ 0.38	\$ 4,596.72	\$ 26,342.02	\$ 30,939.12	1.00	\$ 30,939.12

0.4057	91	3	TRABE	\$	0.38	\$ 4,596.73	\$ 26,342.09	\$ 30,939.21	1.00	\$ 30,939.21
0.4057	103	3	TRABE	\$	0.38	\$ 4,596.66	\$ 26,341.78	\$ 30,938.83	1.00	\$ 30,938.83
0.4057	127	3	TRABE	\$	0.38	\$ 4,596.75	\$ 26,342.16	\$ 30,939.30	1.00	\$ 30,939.30
0.4057	72	4	TRABE	\$	1,975.04	\$ 9,445.86	\$ 16,679.06	\$ 28,099.97	1.00	\$ 28,099.97
0.4057	80	4	TRABE	\$	1,975.06	\$ 9,445.92	\$ 16,679.14	\$ 28,100.12	1.00	\$ 28,100.12
0.4057	92	4	TRABE	\$	1,974.96	\$ 9,445.66	\$ 16,678.79	\$ 28,099.41	1.00	\$ 28,099.41
0.4057	96	4	TRABE	\$	1,974.97	\$ 9,445.68	\$ 16,678.82	\$ 28,099.47	1.00	\$ 28,099.47
0.4057	104	4	TRABE	\$	1,975.04	\$ 9,445.87	\$ 16,679.08	\$ 28,099.99	1.00	\$ 28,099.99
0.4057	128	4	TRABE	\$	1,974.95	\$ 9,445.63	\$ 16,678.75	\$ 28,099.32	1.00	\$ 28,099.32
								\$ 30,064.65	21.00	\$ 631,357.65

Tabla 175. CREP asociado al DS reportado, $edp=5.071\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.4057	69	1	TRABE	\$ 30,806.22	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,287.85
0.4057	77	1	TRABE	\$ 30,806.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,288.43
0.4057	89	1	TRABE	\$ 30,806.33	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,287.98
0.4057	101	1	TRABE	\$ 30,806.28	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,287.92
0.4057	125	1	TRABE	\$ 30,806.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,288.54
0.4057	70	2	TRABE	\$ 30,806.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,288.45
0.4057	78	2	TRABE	\$ 30,806.60	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,288.31
0.4057	90	2	TRABE	\$ 30,806.05	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,287.65
0.4057	102	2	TRABE	\$ 30,806.50	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,288.19
0.4057	126	2	TRABE	\$ 30,806.01	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,287.59
0.4057	71	3	TRABE	\$ 30,938.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,448.23
0.4057	79	3	TRABE	\$ 30,939.12	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,448.71
0.4057	91	3	TRABE	\$ 30,939.21	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,448.82
0.4057	103	3	TRABE	\$ 30,938.83	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,448.36
0.4057	127	3	TRABE	\$ 30,939.30	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,448.92
0.4057	72	4	TRABE	\$ 28,099.97	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,012.20
0.4057	80	4	TRABE	\$ 28,100.12	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,012.38
0.4057	92	4	TRABE	\$ 28,099.41	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,011.53
0.4057	96	4	TRABE	\$ 28,099.47	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,011.60
0.4057	104	4	TRABE	\$ 28,099.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,012.23
0.4057	128	4	TRABE	\$ 28,099.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 34,011.42
				\$ 631,357.65				\$ 764,195.29

Tabla 176. CREP por elemento, $edp=5.071\%$.

EDP 5.488%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.439	69	1	TRABE	0.85	1.04	\$ 17,100.40	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31
0.439	77	1	TRABE	0.10	-1.27	\$ 17,099.50	\$ 25,999.59	\$ 31,999.62
0.439	89	1	TRABE	0.60	0.24	\$ 17,100.09	\$ 26,000.08	\$ 32,000.07
0.439	101	1	TRABE	0.56	0.14	\$ 17,100.05	\$ 26,000.04	\$ 32,000.04
0.439	125	1	TRABE	0.99	2.47	\$ 17,100.96	\$ 26,000.79	\$ 32,000.74
0.439	70	2	TRABE	0.17	-0.95	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.71
0.439	78	2	TRABE	0.92	1.39	\$ 17,100.54	\$ 26,000.45	\$ 32,000.42
0.439	90	2	TRABE	0.51	0.03	\$ 17,100.01	\$ 26,000.01	\$ 32,000.01
0.439	102	2	TRABE	0.58	0.21	\$ 17,100.08	\$ 26,000.07	\$ 32,000.06
0.439	126	2	TRABE	0.38	-0.31	\$ 17,099.88	\$ 25,999.90	\$ 31,999.91
0.439	71	3	TRABE	0.74	0.64	\$ 17,100.25	\$ 26,000.21	\$ 32,000.19
0.439	79	3	TRABE	0.12	-1.18	\$ 17,099.54	\$ 25,999.62	\$ 31,999.65
0.439	91	3	TRABE	0.87	1.11	\$ 17,100.43	\$ 26,000.35	\$ 32,000.33
0.439	103	3	TRABE	0.10	-1.27	\$ 17,099.50	\$ 25,999.59	\$ 31,999.62
0.439	127	3	TRABE	0.89	1.23	\$ 17,100.48	\$ 26,000.39	\$ 32,000.37
0.439	72	4	TRABE	0.97	1.89	\$ 17,100.74	\$ 26,000.60	\$ 32,000.57
0.439	80	4	TRABE	0.83	0.95	\$ 17,100.37	\$ 26,000.31	\$ 32,000.29
0.439	92	4	TRABE	0.95	1.61	\$ 17,100.63	\$ 26,000.51	\$ 32,000.48
0.439	96	4	TRABE	0.13	-1.14	\$ 17,099.55	\$ 25,999.63	\$ 31,999.66
0.439	104	4	TRABE	0.48	-0.05	\$ 17,099.98	\$ 25,999.98	\$ 31,999.99
0.439	128	4	TRABE	0.44	-0.14	\$ 17,099.94	\$ 25,999.95	\$ 31,999.96

Tabla 177. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=5.488\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.439	69	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.15	\$ 31,459.82	\$ 31,898.97	1.00	\$ 31,898.97
0.439	77	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.14	\$ 31,898.28	1.00	\$ 31,898.28
0.439	89	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.15	\$ 31,459.59	\$ 31,898.73	1.00	\$ 31,898.73
0.439	101	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.56	\$ 31,898.70	1.00	\$ 31,898.70
0.439	125	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.16	\$ 31,460.24	\$ 31,899.40	1.00	\$ 31,899.40
0.439	70	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.23	\$ 31,898.37	1.00	\$ 31,898.37
0.439	78	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.15	\$ 31,459.93	\$ 31,899.08	1.00	\$ 31,899.08
0.439	90	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.52	\$ 31,898.67	1.00	\$ 31,898.67
0.439	102	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.58	\$ 31,898.72	1.00	\$ 31,898.72
0.439	126	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 439.14	\$ 31,459.42	\$ 31,898.57	1.00	\$ 31,898.57
0.439	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 372.08	\$ 31,542.24	\$ 31,914.33	1.00	\$ 31,914.33
0.439	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 372.08	\$ 31,541.71	\$ 31,913.78	1.00	\$ 31,913.78

0.439	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	372.09	\$ 31,542.38	\$ 31,914.47	1.00	\$ 31,914.47
0.439	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	372.07	\$ 31,541.68	\$ 31,913.75	1.00	\$ 31,913.75
0.439	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	372.09	\$ 31,542.42	\$ 31,914.50	1.00	\$ 31,914.50
0.439	72	4	TRABE	\$	385.80	\$	5,749.28	\$ 24,202.62	\$ 30,337.70	1.00	\$ 30,337.70
0.439	80	4	TRABE	\$	385.79	\$	5,749.22	\$ 24,202.41	\$ 30,337.42	1.00	\$ 30,337.42
0.439	92	4	TRABE	\$	385.80	\$	5,749.26	\$ 24,202.56	\$ 30,337.61	1.00	\$ 30,337.61
0.439	96	4	TRABE	\$	385.77	\$	5,749.07	\$ 24,201.93	\$ 30,336.77	1.00	\$ 30,336.77
0.439	104	4	TRABE	\$	385.78	\$	5,749.14	\$ 24,202.18	\$ 30,337.11	1.00	\$ 30,337.11
0.439	128	4	TRABE	\$	385.78	\$	5,749.14	\$ 24,202.16	\$ 30,337.08	1.00	\$ 30,337.08
									\$ 31,456.29	21.00	\$ 660,582.01

Tabla 178. CREP asociado al DS reportado, $edp=5.488\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.439	69	1	TRABE	\$ 31,898.97	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.51
0.439	77	1	TRABE	\$ 31,898.28	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,609.67
0.439	89	1	TRABE	\$ 31,898.73	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.22
0.439	101	1	TRABE	\$ 31,898.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.19
0.439	125	1	TRABE	\$ 31,899.40	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,611.04
0.439	70	2	TRABE	\$ 31,898.37	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,609.79
0.439	78	2	TRABE	\$ 31,899.08	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.64
0.439	90	2	TRABE	\$ 31,898.67	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.15
0.439	102	2	TRABE	\$ 31,898.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.21
0.439	126	2	TRABE	\$ 31,898.57	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,610.02
0.439	71	3	TRABE	\$ 31,914.33	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,629.10
0.439	79	3	TRABE	\$ 31,913.78	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,628.44
0.439	91	3	TRABE	\$ 31,914.47	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,629.27
0.439	103	3	TRABE	\$ 31,913.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,628.41
0.439	127	3	TRABE	\$ 31,914.50	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,629.32
0.439	72	4	TRABE	\$ 30,337.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,720.75
0.439	80	4	TRABE	\$ 30,337.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,720.41
0.439	92	4	TRABE	\$ 30,337.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,720.65
0.439	96	4	TRABE	\$ 30,336.77	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,719.63
0.439	104	4	TRABE	\$ 30,337.11	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,720.04
0.439	128	4	TRABE	\$ 30,337.08	1.00	4.00	0.0526	\$ 36,720.00
								\$ 799,568.46

Tabla 179. CREP por elemento, $edp=5.488\%$.

EDP 5.905%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.4724	69	1	TRABE	0.02	-1.98	\$ 17,099.23	\$ 25,999.37	\$ 31,999.40	
0.4724	77	1	TRABE	0.77	0.73	\$ 17,100.28	\$ 26,000.23	\$ 32,000.22	
0.4724	89	1	TRABE	0.34	-0.41	\$ 17,099.84	\$ 25,999.87	\$ 31,999.88	
0.4724	101	1	TRABE	0.35	-0.39	\$ 17,099.85	\$ 25,999.88	\$ 31,999.88	
0.4724	125	1	TRABE	0.03	-1.82	\$ 17,099.29	\$ 25,999.42	\$ 31,999.45	
0.4724	70	2	TRABE	0.03	-1.84	\$ 17,099.28	\$ 25,999.41	\$ 31,999.45	
0.4724	78	2	TRABE	0.90	1.30	\$ 17,100.51	\$ 26,000.42	\$ 32,000.39	
0.4724	90	2	TRABE	0.64	0.37	\$ 17,100.14	\$ 26,000.12	\$ 32,000.11	
0.4724	102	2	TRABE	0.37	-0.34	\$ 17,099.87	\$ 25,999.89	\$ 31,999.90	
0.4724	126	2	TRABE	0.52	0.05	\$ 17,100.02	\$ 26,000.01	\$ 32,000.01	
0.4724	71	3	TRABE	0.90	1.26	\$ 17,100.49	\$ 26,000.40	\$ 32,000.38	
0.4724	79	3	TRABE	0.84	1.00	\$ 17,100.39	\$ 26,000.32	\$ 32,000.30	
0.4724	91	3	TRABE	0.23	-0.73	\$ 17,099.72	\$ 25,999.77	\$ 31,999.78	
0.4724	103	3	TRABE	0.07	-1.48	\$ 17,099.42	\$ 25,999.53	\$ 31,999.55	
0.4724	127	3	TRABE	0.28	-0.60	\$ 17,099.77	\$ 25,999.81	\$ 31,999.82	
0.4724	72	4	TRABE	0.21	-0.81	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.76	
0.4724	80	4	TRABE	0.17	-0.95	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.71	
0.4724	92	4	TRABE	0.45	-0.12	\$ 17,099.95	\$ 25,999.96	\$ 31,999.97	
0.4724	96	4	TRABE	0.45	-0.12	\$ 17,099.95	\$ 25,999.96	\$ 31,999.96	
0.4724	104	4	TRABE	0.05	-1.64	\$ 17,099.36	\$ 25,999.47	\$ 31,999.51	
0.4724	128	4	TRABE	0.03	-1.92	\$ 17,099.25	\$ 25,999.38	\$ 31,999.42	

Tabla 180. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=5.905\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP						
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP	
0.4724	69	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.47	\$ 31,996.61	1.00	\$ 31,996.61	
0.4724	77	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,985.29	\$ 31,997.42	1.00	\$ 31,997.42	
0.4724	89	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.94	\$ 31,997.08	1.00	\$ 31,997.08	
0.4724	101	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.95	\$ 31,997.08	1.00	\$ 31,997.08	
0.4724	125	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.52	\$ 31,996.65	1.00	\$ 31,996.65	
0.4724	70	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.52	\$ 31,996.65	1.00	\$ 31,996.65	
0.4724	78	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,985.46	\$ 31,997.59	1.00	\$ 31,997.59	
0.4724	90	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,985.18	\$ 31,997.31	1.00	\$ 31,997.31	
0.4724	102	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,984.96	\$ 31,997.10	1.00	\$ 31,997.10	
0.4724	126	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 12.13	\$ 31,985.08	\$ 31,997.21	1.00	\$ 31,997.21	
0.4724	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 10.10	\$ 31,987.95	\$ 31,998.05	1.00	\$ 31,998.05	
0.4724	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 10.10	\$ 31,987.87	\$ 31,997.97	1.00	\$ 31,997.97	

0.4724	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	10.10	\$ 31,987.35	\$ 31,997.45	1.00	\$ 31,997.45
0.4724	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	10.10	\$ 31,987.12	\$ 31,997.22	1.00	\$ 31,997.22
0.4724	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	10.10	\$ 31,987.39	\$ 31,997.49	1.00	\$ 31,997.49
0.4724	72	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.89	\$ 28,850.48	\$ 31,382.94	1.00	\$ 31,382.94
0.4724	80	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.88	\$ 28,850.44	\$ 31,382.90	1.00	\$ 31,382.90
0.4724	92	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.91	\$ 28,850.67	\$ 31,383.15	1.00	\$ 31,383.15
0.4724	96	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.91	\$ 28,850.67	\$ 31,383.15	1.00	\$ 31,383.15
0.4724	104	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.86	\$ 28,850.26	\$ 31,382.69	1.00	\$ 31,382.69
0.4724	128	4	TRABE	\$	50.57	\$	2,481.85	\$ 28,850.18	\$ 31,382.60	1.00	\$ 31,382.60
									\$ 31,821.73	21.00	\$ 668,256.31

Tabla 181. CREP asociado al DS reportado, $edp=5.905\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.4724	69	1	TRABE	\$ 31,996.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,728.69
0.4724	77	1	TRABE	\$ 31,997.42	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.68
0.4724	89	1	TRABE	\$ 31,997.08	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.26
0.4724	101	1	TRABE	\$ 31,997.08	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.27
0.4724	125	1	TRABE	\$ 31,996.65	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,728.75
0.4724	70	2	TRABE	\$ 31,996.65	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,728.74
0.4724	78	2	TRABE	\$ 31,997.59	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.88
0.4724	90	2	TRABE	\$ 31,997.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.55
0.4724	102	2	TRABE	\$ 31,997.10	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.29
0.4724	126	2	TRABE	\$ 31,997.21	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.43
0.4724	71	3	TRABE	\$ 31,998.05	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,730.44
0.4724	79	3	TRABE	\$ 31,997.97	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,730.34
0.4724	91	3	TRABE	\$ 31,997.45	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.72
0.4724	103	3	TRABE	\$ 31,997.22	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.44
0.4724	127	3	TRABE	\$ 31,997.49	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.76
0.4724	72	4	TRABE	\$ 31,382.94	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,985.91
0.4724	80	4	TRABE	\$ 31,382.90	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,985.86
0.4724	92	4	TRABE	\$ 31,383.15	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,986.16
0.4724	96	4	TRABE	\$ 31,383.15	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,986.16
0.4724	104	4	TRABE	\$ 31,382.69	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,985.61
0.4724	128	4	TRABE	\$ 31,382.60	1.00	4.00	0.0526	\$ 37,985.50
								\$ 808,857.44

Tabla 182. CREP por elemento, $edp=5.905\%$.

EDP 6.321%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.5057	69	1	TRABE	0.15	-1.02	\$ 17,099.60	\$ 25,999.67	\$ 31,999.69
0.5057	77	1	TRABE	0.31	-0.50	\$ 17,099.80	\$ 25,999.84	\$ 31,999.85
0.5057	89	1	TRABE	0.28	-0.59	\$ 17,099.77	\$ 25,999.81	\$ 31,999.82
0.5057	101	1	TRABE	0.90	1.28	\$ 17,100.50	\$ 26,000.41	\$ 32,000.38
0.5057	125	1	TRABE	0.63	0.34	\$ 17,100.13	\$ 26,000.11	\$ 32,000.10
0.5057	70	2	TRABE	0.59	0.22	\$ 17,100.09	\$ 26,000.07	\$ 32,000.07
0.5057	78	2	TRABE	0.97	1.91	\$ 17,100.74	\$ 26,000.61	\$ 32,000.57
0.5057	90	2	TRABE	0.27	-0.61	\$ 17,099.76	\$ 25,999.81	\$ 31,999.82
0.5057	102	2	TRABE	0.27	-0.61	\$ 17,099.76	\$ 25,999.81	\$ 31,999.82
0.5057	126	2	TRABE	0.61	0.28	\$ 17,100.11	\$ 26,000.09	\$ 32,000.08
0.5057	71	3	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87
0.5057	79	3	TRABE	0.29	-0.56	\$ 17,099.78	\$ 25,999.82	\$ 31,999.83
0.5057	91	3	TRABE	0.45	-0.13	\$ 17,099.95	\$ 25,999.96	\$ 31,999.96
0.5057	103	3	TRABE	0.11	-1.25	\$ 17,099.51	\$ 25,999.60	\$ 31,999.63
0.5057	127	3	TRABE	0.60	0.26	\$ 17,100.10	\$ 26,000.08	\$ 32,000.08
0.5057	72	4	TRABE	0.35	-0.37	\$ 17,099.85	\$ 25,999.88	\$ 31,999.89
0.5057	80	4	TRABE	0.26	-0.64	\$ 17,099.75	\$ 25,999.80	\$ 31,999.81
0.5057	92	4	TRABE	0.68	0.47	\$ 17,100.18	\$ 26,000.15	\$ 32,000.14
0.5057	96	4	TRABE	0.32	-0.45	\$ 17,099.82	\$ 25,999.85	\$ 31,999.86
0.5057	104	4	TRABE	0.19	-0.88	\$ 17,099.66	\$ 25,999.72	\$ 31,999.74
0.5057	128	4	TRABE	0.03	-1.92	\$ 17,099.25	\$ 25,999.39	\$ 31,999.42

Tabla 183. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=6.321\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.5057	69	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.53	\$ 31,999.66	1.00	\$ 31,999.66
0.5057	77	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.69	\$ 31,999.82	1.00	\$ 31,999.82
0.5057	89	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.66	\$ 31,999.79	1.00	\$ 31,999.79
0.5057	101	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 32,000.22	\$ 32,000.35	1.00	\$ 32,000.35
0.5057	125	1	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.94	\$ 32,000.07	1.00	\$ 32,000.07
0.5057	70	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.90	\$ 32,000.04	1.00	\$ 32,000.04
0.5057	78	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 32,000.41	\$ 32,000.54	1.00	\$ 32,000.54
0.5057	90	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.65	\$ 31,999.79	1.00	\$ 31,999.79
0.5057	102	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.65	\$ 31,999.79	1.00	\$ 31,999.79
0.5057	126	2	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.13	\$ 31,999.92	\$ 32,000.05	1.00	\$ 32,000.05
0.5057	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.11	\$ 31,999.73	\$ 31,999.84	1.00	\$ 31,999.84
0.5057	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.11	\$ 31,999.69	\$ 31,999.81	1.00	\$ 31,999.81

0.5057	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.11	\$ 31,999.82	\$ 31,999.93	1.00	\$ 31,999.93
0.5057	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.11	\$ 31,999.49	\$ 31,999.60	1.00	\$ 31,999.60
0.5057	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.11	\$ 31,999.94	\$ 32,000.05	1.00	\$ 32,000.05
0.5057	72	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.27	\$ 30,957.91	\$ 31,802.01	1.00	\$ 31,802.01
0.5057	80	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.27	\$ 30,957.83	\$ 31,801.93	1.00	\$ 31,801.93
0.5057	92	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.28	\$ 30,958.16	\$ 31,802.26	1.00	\$ 31,802.26
0.5057	96	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.27	\$ 30,957.89	\$ 31,801.98	1.00	\$ 31,801.98
0.5057	104	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.26	\$ 30,957.76	\$ 31,801.85	1.00	\$ 31,801.85
0.5057	128	4	TRABE	\$	4.83	\$	839.25	\$ 30,957.46	\$ 31,801.54	1.00	\$ 31,801.54
									\$ 31,943.37	21.00	\$ 670,810.70

Tabla 184. CREP asociado al DS reportado, $edp=6.321\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.5057	69	1	TRABE	\$ 31,999.66	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.39
0.5057	77	1	TRABE	\$ 31,999.82	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.58
0.5057	89	1	TRABE	\$ 31,999.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.55
0.5057	101	1	TRABE	\$ 32,000.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.23
0.5057	125	1	TRABE	\$ 32,000.07	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.89
0.5057	70	2	TRABE	\$ 32,000.04	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.84
0.5057	78	2	TRABE	\$ 32,000.54	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.46
0.5057	90	2	TRABE	\$ 31,999.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.54
0.5057	102	2	TRABE	\$ 31,999.79	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.54
0.5057	126	2	TRABE	\$ 32,000.05	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.86
0.5057	71	3	TRABE	\$ 31,999.84	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.61
0.5057	79	3	TRABE	\$ 31,999.81	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.57
0.5057	91	3	TRABE	\$ 31,999.93	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.72
0.5057	103	3	TRABE	\$ 31,999.60	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.32
0.5057	127	3	TRABE	\$ 32,000.05	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.86
0.5057	72	4	TRABE	\$ 31,802.01	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,493.15
0.5057	80	4	TRABE	\$ 31,801.93	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,493.05
0.5057	92	4	TRABE	\$ 31,802.26	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,493.45
0.5057	96	4	TRABE	\$ 31,801.98	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,493.12
0.5057	104	4	TRABE	\$ 31,801.85	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,492.96
0.5057	128	4	TRABE	\$ 31,801.54	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,492.58
								\$ 811,949.27

Tabla 185. CREP por elemento, $edp=6.321\%$.

EDP 6.738%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)				
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3
0.539	69	1	TRABE	0.48	-0.05	\$ 17,099.98	\$ 25,999.98	\$ 31,999.99
0.539	77	1	TRABE	0.10	-1.29	\$ 17,099.50	\$ 25,999.59	\$ 31,999.61
0.539	89	1	TRABE	0.03	-1.89	\$ 17,099.26	\$ 25,999.39	\$ 31,999.43
0.539	101	1	TRABE	0.21	-0.82	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.75
0.539	125	1	TRABE	0.62	0.31	\$ 17,100.12	\$ 26,000.10	\$ 32,000.09
0.539	70	2	TRABE	0.99	2.34	\$ 17,100.91	\$ 26,000.75	\$ 32,000.70
0.539	78	2	TRABE	0.85	1.02	\$ 17,100.40	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31
0.539	90	2	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87
0.539	102	2	TRABE	0.85	1.05	\$ 17,100.41	\$ 26,000.34	\$ 32,000.32
0.539	126	2	TRABE	0.25	-0.68	\$ 17,099.74	\$ 25,999.78	\$ 31,999.80
0.539	71	3	TRABE	0.17	-0.94	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72
0.539	79	3	TRABE	0.42	-0.19	\$ 17,099.92	\$ 25,999.94	\$ 31,999.94
0.539	91	3	TRABE	0.88	1.15	\$ 17,100.45	\$ 26,000.37	\$ 32,000.35
0.539	103	3	TRABE	0.20	-0.86	\$ 17,099.67	\$ 25,999.73	\$ 31,999.74
0.539	127	3	TRABE	0.36	-0.37	\$ 17,099.86	\$ 25,999.88	\$ 31,999.89
0.539	72	4	TRABE	0.22	-0.76	\$ 17,099.70	\$ 25,999.76	\$ 31,999.77
0.539	80	4	TRABE	0.83	0.95	\$ 17,100.37	\$ 26,000.30	\$ 32,000.29
0.539	92	4	TRABE	0.21	-0.79	\$ 17,099.69	\$ 25,999.75	\$ 31,999.76
0.539	96	4	TRABE	0.67	0.43	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13
0.539	104	4	TRABE	0.90	1.28	\$ 17,100.50	\$ 26,000.41	\$ 32,000.38
0.539	128	4	TRABE	0.87	1.13	\$ 17,100.44	\$ 26,000.36	\$ 32,000.34

Tabla 186. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=6.738\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP					
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP
0.539	69	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.98	\$ 31,999.99	1.00	\$ 31,999.99
0.539	77	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.61	\$ 31,999.61	1.00	\$ 31,999.61
0.539	89	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.43	\$ 31,999.43	1.00	\$ 31,999.43
0.539	101	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.75	\$ 31,999.75	1.00	\$ 31,999.75
0.539	125	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.09	\$ 32,000.09	1.00	\$ 32,000.09
0.539	70	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.70	\$ 32,000.70	1.00	\$ 32,000.70
0.539	78	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.31	\$ 32,000.31	1.00	\$ 32,000.31
0.539	90	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.87	\$ 31,999.87	1.00	\$ 31,999.87
0.539	102	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.31	\$ 32,000.32	1.00	\$ 32,000.32
0.539	126	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.80	\$ 31,999.80	1.00	\$ 31,999.80
0.539	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.72	\$ 31,999.72	1.00	\$ 31,999.72
0.539	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.94	\$ 31,999.94	1.00	\$ 31,999.94

0.539	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 32,000.35	\$ 32,000.35	1.00	\$ 32,000.35
0.539	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.74	\$ 31,999.74	1.00	\$ 31,999.74
0.539	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.89	\$ 31,999.89	1.00	\$ 31,999.89
0.539	72	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.21	\$ 31,709.62	\$ 31,945.18	1.00	\$ 31,945.18
0.539	80	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.22	\$ 31,710.13	\$ 31,945.70	1.00	\$ 31,945.70
0.539	92	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.21	\$ 31,709.61	\$ 31,945.17	1.00	\$ 31,945.17
0.539	96	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.22	\$ 31,709.97	\$ 31,945.54	1.00	\$ 31,945.54
0.539	104	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.22	\$ 31,710.22	\$ 31,945.80	1.00	\$ 31,945.80
0.539	128	4	TRABE	\$	0.35	\$	235.22	\$ 31,710.18	\$ 31,945.75	1.00	\$ 31,945.75
									\$ 31,984.41	21.00	\$ 671,672.64

Tabla 187. CREP asociado al DS reportado, $edp=6.738\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.539	69	1	TRABE	\$ 31,999.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.78
0.539	77	1	TRABE	\$ 31,999.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.33
0.539	89	1	TRABE	\$ 31,999.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.11
0.539	101	1	TRABE	\$ 31,999.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.50
0.539	125	1	TRABE	\$ 32,000.09	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.91
0.539	70	2	TRABE	\$ 32,000.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.65
0.539	78	2	TRABE	\$ 32,000.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.17
0.539	90	2	TRABE	\$ 31,999.87	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.64
0.539	102	2	TRABE	\$ 32,000.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.18
0.539	126	2	TRABE	\$ 31,999.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.55
0.539	71	3	TRABE	\$ 31,999.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.46
0.539	79	3	TRABE	\$ 31,999.94	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.73
0.539	91	3	TRABE	\$ 32,000.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.22
0.539	103	3	TRABE	\$ 31,999.74	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.49
0.539	127	3	TRABE	\$ 31,999.89	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.67
0.539	72	4	TRABE	\$ 31,945.18	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,666.45
0.539	80	4	TRABE	\$ 31,945.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,667.07
0.539	92	4	TRABE	\$ 31,945.17	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,666.44
0.539	96	4	TRABE	\$ 31,945.54	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,666.88
0.539	104	4	TRABE	\$ 31,945.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,667.19
0.539	128	4	TRABE	\$ 31,945.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,667.14
								\$ 812,992.56

Tabla 188. CREP por elemento, $edp=6.738\%$.

EDP 7.155%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.5724	69	1	TRABE	0.48	-0.05	\$ 17,099.98	\$ 25,999.98	\$ 31,999.99	
0.5724	77	1	TRABE	0.10	-1.29	\$ 17,099.50	\$ 25,999.59	\$ 31,999.61	
0.5724	89	1	TRABE	0.03	-1.89	\$ 17,099.26	\$ 25,999.39	\$ 31,999.43	
0.5724	101	1	TRABE	0.21	-0.82	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.75	
0.5724	125	1	TRABE	0.62	0.31	\$ 17,100.12	\$ 26,000.10	\$ 32,000.09	
0.5724	70	2	TRABE	0.99	2.34	\$ 17,100.91	\$ 26,000.75	\$ 32,000.70	
0.5724	78	2	TRABE	0.85	1.02	\$ 17,100.40	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31	
0.5724	90	2	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87	
0.5724	102	2	TRABE	0.85	1.05	\$ 17,100.41	\$ 26,000.34	\$ 32,000.32	
0.5724	126	2	TRABE	0.25	-0.68	\$ 17,099.74	\$ 25,999.78	\$ 31,999.80	
0.5724	71	3	TRABE	0.17	-0.94	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72	
0.5724	79	3	TRABE	0.42	-0.19	\$ 17,099.92	\$ 25,999.94	\$ 31,999.94	
0.5724	91	3	TRABE	0.88	1.15	\$ 17,100.45	\$ 26,000.37	\$ 32,000.35	
0.5724	103	3	TRABE	0.20	-0.86	\$ 17,099.67	\$ 25,999.73	\$ 31,999.74	
0.5724	127	3	TRABE	0.36	-0.37	\$ 17,099.86	\$ 25,999.88	\$ 31,999.89	
0.5724	72	4	TRABE	0.22	-0.76	\$ 17,099.70	\$ 25,999.76	\$ 31,999.77	
0.5724	80	4	TRABE	0.83	0.95	\$ 17,100.37	\$ 26,000.30	\$ 32,000.29	
0.5724	92	4	TRABE	0.21	-0.79	\$ 17,099.69	\$ 25,999.75	\$ 31,999.76	
0.5724	96	4	TRABE	0.67	0.43	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13	
0.5724	104	4	TRABE	0.90	1.28	\$ 17,100.50	\$ 26,000.41	\$ 32,000.38	
0.5724	128	4	TRABE	0.87	1.13	\$ 17,100.44	\$ 26,000.36	\$ 32,000.34	

Tabla 189. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=7.155\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP						
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP	
0.5724	69	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.99	\$ 31,999.99	1.00	\$ 31,999.99	
0.5724	77	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.61	\$ 31,999.61	1.00	\$ 31,999.61	
0.5724	89	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.43	\$ 31,999.43	1.00	\$ 31,999.43	
0.5724	101	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.75	\$ 31,999.75	1.00	\$ 31,999.75	
0.5724	125	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.09	\$ 32,000.09	1.00	\$ 32,000.09	
0.5724	70	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.70	\$ 32,000.70	1.00	\$ 32,000.70	
0.5724	78	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.31	\$ 32,000.31	1.00	\$ 32,000.31	
0.5724	90	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.87	\$ 31,999.87	1.00	\$ 31,999.87	
0.5724	102	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.32	\$ 32,000.32	1.00	\$ 32,000.32	
0.5724	126	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.80	\$ 31,999.80	1.00	\$ 31,999.80	
0.5724	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.72	\$ 31,999.72	1.00	\$ 31,999.72	
0.5724	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.94	\$ 31,999.94	1.00	\$ 31,999.94	

0.5724	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 32,000.35	\$ 32,000.35	1.00	\$ 32,000.35
0.5724	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.74	\$ 31,999.74	1.00	\$ 31,999.74
0.5724	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.89	\$ 31,999.89	1.00	\$ 31,999.89
0.5724	72	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.18	\$ 31,986.71	1.00	\$ 31,986.71
0.5724	80	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.69	\$ 31,987.23	1.00	\$ 31,987.23
0.5724	92	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.17	\$ 31,986.70	1.00	\$ 31,986.70
0.5724	96	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.54	\$ 31,987.07	1.00	\$ 31,987.07
0.5724	104	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.79	\$ 31,987.32	1.00	\$ 31,987.32
0.5724	128	4	TRABE	\$	0.02	\$	56.51	\$ 31,930.74	\$ 31,987.28	1.00	\$ 31,987.28
										\$ 31,996.28	21.00 \$ 671,921.82

Tabla 190. CREP asociado al DS reportado, $edp=7.155\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.5724	69	1	TRABE	\$ 31,999.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.78
0.5724	77	1	TRABE	\$ 31,999.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.33
0.5724	89	1	TRABE	\$ 31,999.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.11
0.5724	101	1	TRABE	\$ 31,999.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.50
0.5724	125	1	TRABE	\$ 32,000.09	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.91
0.5724	70	2	TRABE	\$ 32,000.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.65
0.5724	78	2	TRABE	\$ 32,000.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.17
0.5724	90	2	TRABE	\$ 31,999.87	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.64
0.5724	102	2	TRABE	\$ 32,000.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.18
0.5724	126	2	TRABE	\$ 31,999.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.55
0.5724	71	3	TRABE	\$ 31,999.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.46
0.5724	79	3	TRABE	\$ 31,999.94	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.73
0.5724	91	3	TRABE	\$ 32,000.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.22
0.5724	103	3	TRABE	\$ 31,999.74	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.49
0.5724	127	3	TRABE	\$ 31,999.89	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.67
0.5724	72	4	TRABE	\$ 31,986.71	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,716.72
0.5724	80	4	TRABE	\$ 31,987.23	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,717.34
0.5724	92	4	TRABE	\$ 31,986.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,716.71
0.5724	96	4	TRABE	\$ 31,987.07	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,717.15
0.5724	104	4	TRABE	\$ 31,987.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,717.46
0.5724	128	4	TRABE	\$ 31,987.28	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,717.40
								\$ 813,294.17

Tabla 191. CREP por elemento, $edp=7.155\%$.

EDP 7.571%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)					
				U	Z	Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	
0.6057	69	1	TRABE	0.48	-0.05	\$ 17,099.98	\$ 25,999.98	\$ 31,999.99	
0.6057	77	1	TRABE	0.10	-1.29	\$ 17,099.50	\$ 25,999.59	\$ 31,999.61	
0.6057	89	1	TRABE	0.03	-1.89	\$ 17,099.26	\$ 25,999.39	\$ 31,999.43	
0.6057	101	1	TRABE	0.21	-0.82	\$ 17,099.68	\$ 25,999.74	\$ 31,999.75	
0.6057	125	1	TRABE	0.62	0.31	\$ 17,100.12	\$ 26,000.10	\$ 32,000.09	
0.6057	70	2	TRABE	0.99	2.34	\$ 17,100.91	\$ 26,000.75	\$ 32,000.70	
0.6057	78	2	TRABE	0.85	1.02	\$ 17,100.40	\$ 26,000.33	\$ 32,000.31	
0.6057	90	2	TRABE	0.33	-0.44	\$ 17,099.83	\$ 25,999.86	\$ 31,999.87	
0.6057	102	2	TRABE	0.85	1.05	\$ 17,100.41	\$ 26,000.34	\$ 32,000.32	
0.6057	126	2	TRABE	0.25	-0.68	\$ 17,099.74	\$ 25,999.78	\$ 31,999.80	
0.6057	71	3	TRABE	0.17	-0.94	\$ 17,099.63	\$ 25,999.70	\$ 31,999.72	
0.6057	79	3	TRABE	0.42	-0.19	\$ 17,099.92	\$ 25,999.94	\$ 31,999.94	
0.6057	91	3	TRABE	0.88	1.15	\$ 17,100.45	\$ 26,000.37	\$ 32,000.35	
0.6057	103	3	TRABE	0.20	-0.86	\$ 17,099.67	\$ 25,999.73	\$ 31,999.74	
0.6057	127	3	TRABE	0.36	-0.37	\$ 17,099.86	\$ 25,999.88	\$ 31,999.89	
0.6057	72	4	TRABE	0.22	-0.76	\$ 17,099.70	\$ 25,999.76	\$ 31,999.77	
0.6057	80	4	TRABE	0.83	0.95	\$ 17,100.37	\$ 26,000.30	\$ 32,000.29	
0.6057	92	4	TRABE	0.21	-0.79	\$ 17,099.69	\$ 25,999.75	\$ 31,999.76	
0.6057	96	4	TRABE	0.67	0.43	\$ 17,100.17	\$ 26,000.14	\$ 32,000.13	
0.6057	104	4	TRABE	0.90	1.28	\$ 17,100.50	\$ 26,000.41	\$ 32,000.38	
0.6057	128	4	TRABE	0.87	1.13	\$ 17,100.44	\$ 26,000.36	\$ 32,000.34	

Tabla 192. CREP estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$ aplicando el método de la transformación inversa, $edp=7.571\%$.

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP						
				Crep DS1	Crep DS2	Crep DS3	CREP	UK	CREP	
0.6057	69	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.99	\$ 31,999.99	1.00	\$ 31,999.99	
0.6057	77	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.61	\$ 31,999.61	1.00	\$ 31,999.61	
0.6057	89	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.43	\$ 31,999.43	1.00	\$ 31,999.43	
0.6057	101	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.75	\$ 31,999.75	1.00	\$ 31,999.75	
0.6057	125	1	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.09	\$ 32,000.09	1.00	\$ 32,000.09	
0.6057	70	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.70	\$ 32,000.70	1.00	\$ 32,000.70	
0.6057	78	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.31	\$ 32,000.31	1.00	\$ 32,000.31	
0.6057	90	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.87	\$ 31,999.87	1.00	\$ 31,999.87	
0.6057	102	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 32,000.32	\$ 32,000.32	1.00	\$ 32,000.32	
0.6057	126	2	TRABE	\$ -	\$ 0.00	\$ 31,999.80	\$ 31,999.80	1.00	\$ 31,999.80	
0.6057	71	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.72	\$ 31,999.72	1.00	\$ 31,999.72	
0.6057	79	3	TRABE	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 31,999.94	\$ 31,999.94	1.00	\$ 31,999.94	

0.6057	91	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 32,000.35	\$ 32,000.35	1.00	\$ 32,000.35
0.6057	103	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.74	\$ 31,999.74	1.00	\$ 31,999.74
0.6057	127	3	TRABE	\$	0.00	\$	0.00	\$ 31,999.89	\$ 31,999.89	1.00	\$ 31,999.89
0.6057	72	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,984.92	\$ 31,996.99	1.00	\$ 31,996.99
0.6057	80	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,985.43	\$ 31,997.50	1.00	\$ 31,997.50
0.6057	92	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,984.91	\$ 31,996.98	1.00	\$ 31,996.98
0.6057	96	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,985.27	\$ 31,997.34	1.00	\$ 31,997.34
0.6057	104	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,985.53	\$ 31,997.60	1.00	\$ 31,997.60
0.6057	128	4	TRABE	\$	0.00	\$	12.07	\$ 31,985.48	\$ 31,997.55	1.00	\$ 31,997.55
									\$ 31,999.21	21.00	\$ 671,983.46

Tabla 193. CREP asociado al DS reportado, $edp=7.571\%$.

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.6057	69	1	TRABE	\$ 31,999.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.78
0.6057	77	1	TRABE	\$ 31,999.61	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.33
0.6057	89	1	TRABE	\$ 31,999.43	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.11
0.6057	101	1	TRABE	\$ 31,999.75	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.50
0.6057	125	1	TRABE	\$ 32,000.09	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.91
0.6057	70	2	TRABE	\$ 32,000.70	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.65
0.6057	78	2	TRABE	\$ 32,000.31	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.17
0.6057	90	2	TRABE	\$ 31,999.87	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.64
0.6057	102	2	TRABE	\$ 32,000.32	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.18
0.6057	126	2	TRABE	\$ 31,999.80	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.55
0.6057	71	3	TRABE	\$ 31,999.72	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.46
0.6057	79	3	TRABE	\$ 31,999.94	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.73
0.6057	91	3	TRABE	\$ 32,000.35	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,733.22
0.6057	103	3	TRABE	\$ 31,999.74	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.49
0.6057	127	3	TRABE	\$ 31,999.89	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,732.67
0.6057	72	4	TRABE	\$ 31,996.99	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.15
0.6057	80	4	TRABE	\$ 31,997.50	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.77
0.6057	92	4	TRABE	\$ 31,996.98	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.14
0.6057	96	4	TRABE	\$ 31,997.34	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.58
0.6057	104	4	TRABE	\$ 31,997.60	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.89
0.6057	128	4	TRABE	\$ 31,997.55	1.00	4.00	0.0526	\$ 38,729.84
				\$ 671,983.46				\$ 813,368.78

Tabla 194. CREP por elemento, $edp=7.571\%$.

6.7.2 GRUPO DE DESEMPEÑO COLUMNAS

EDP 2.155%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.1724	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	\$ 17,099.51

Tabla 195. *CREP* estimado para *DS1*, *DS2* y *DS3*, *edp*=2.155% (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.1724	18	2	COLUMNA	\$ 7.44	\$ 7.44	1.00	\$ 7.44
					\$ 7.44	1.00	\$ 7.44

Tabla 196. *CREP* estimado para *DS1*, *DS2* y *DS3*, *edp*=2.155% (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.1724	18	2	COLUMNA	\$ 7.44	1.00	1.00	0.2104	\$ 9.01
				\$ 7.44				\$ 9.01

Tabla 197. *CREP* por elemento, *edp*=2.155% (columnas).

EDP 2.571%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.2057	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	\$ 17,099.51

Tabla 198. *CREP* estimado para *DS1*, *DS2* y *DS3*, *edp*=2.571% (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.2057	18	2	COLUMNA	\$ 87.32	\$ 87.32	1.00	\$ 87.32
					\$ 87.32	1.00	\$ 87.32

Tabla 199. *CREP* asociado al *DS* reportado, *edp*=2.571% (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.2057	18	2	COLUMNA	\$ 87.32	1.00	1.00	0.2104	\$ 105.69
				\$ 87.32				\$ 105.69

Tabla 200. *CREP* por elemento, *edp*=2.571% (columnas).

EDP 2.988%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su *DS*.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.239	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	\$ 17,099.51

Tabla 201. *CREP* estimado para *DS1*, *DS2* y *DS3*, *edp*=2.988% (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.239	18	2	COLUMNA	\$ 466.68	\$ 466.68	1.00	\$ 466.68
					\$ 466.68	1.00	\$ 466.68

Tabla 202. *CREP* asociado al *DS* reportado, *edp*=2.988% (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.239	18	2	COLUMNA	\$ 466.68	1.00	1.00	0.2104	\$ 564.87
				\$ 466.68				\$ 564.87

Tabla 203. CREP por elemento, $edp=2.988\%$ (columnas).

EDP 3.405%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.2724	18	2	COLUMNA	0.11	-1.25	\$ 17,099.51

Tabla 204. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=3.405\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.2724	18	2	COLUMNA	\$ 1,489.78	\$ 1,489.78	1.00	\$ 1,489.78
					\$ 1,489.78	1.00	\$ 1,489.78

Tabla 205. CREP asociado al DS reportado, $edp=3.405\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.2724	18	2	COLUMNA	\$ 1,489.78	1.00	1.00	0.2104	\$ 1,803.23
				\$ 1,489.78				\$ 1,803.23

Tabla 206. CREP por elemento, $edp=3.405\%$ (columnas).

EDP 3.821%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.3057	18	2	COLUMNA	0.61	0.29	\$ 17,100.11

Tabla 207. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=3.821\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.3057	18	2	COLUMNA	\$ 3,324.02	\$ 3,324.02	1.00	\$ 3,324.02
					\$ 3,324.02	1.00	\$ 3,324.02

Tabla 208. CREP asociado al DS reportado, $edp=3.821\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.3057	18	2	COLUMNA	\$ 3,324.02	1.00	1.00	0.2104	\$ 4,023.39
				\$ 3,324.02				\$ 4,023.39

Tabla 209. CREP por elemento, $edp=3.821\%$ (columnas).

EDP 4.238%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.339	18	2	COLUMNA	0.36	-0.36	\$ 17,099.86

Tabla 210. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=4.238\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.339	18	2	COLUMNA	\$ 5,789.08	\$ 5,789.08	1.00	\$ 5,789.08
					\$ 5,789.08	1.00	\$ 5,789.08

Tabla 211. CREP asociado al DS reportado, $edp=4.238\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.339	18	2	COLUMNA	\$ 5,789.08	1.00	1.00	0.2104	\$ 7,007.10
				\$ 5,789.08				\$ 7,007.10

Tabla 212. CREP por elemento, $edp=4.238\%$ (columnas).

EDP 4.655%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.3724	17	2	COLUMNA	0.65	0.39	\$ 17,100.15

Tabla 213. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=4.655\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.3724	17	2	COLUMNA	\$ 8,470.69	\$ 8,470.69	1.00	\$ 8,470.69
					\$ 8,470.69	1.00	\$ 8,470.69

Tabla 214. CREP asociado al DS reportado, $edp=4.655\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.3724	17	2	COLUMNA	\$ 8,470.69	1.00	1.00	0.2104	\$ 10,252.92
				\$ 8,470.69				\$ 10,252.92

Tabla 215. CREP por elemento, $edp=4.655\%$ (columnas).

EDP 5.071%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.4057	17	1	COLUMNA	0.90	1.27	\$ 17,100.50
0.4057	18	2	COLUMNA	0.54	0.10	\$ 17,100.04

0.4057	20	4	COLUMNA	1.00	2.97	\$ 17,101.16
--------	----	---	---------	------	------	--------------

Tabla 216. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=5.071\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.4057	17	1	COLUMNA	\$ 10,936.95	\$ 10,936.95	1.00	\$ 10,936.95
0.4057	18	2	COLUMNA	\$ 10,936.66	\$ 10,936.66	1.00	\$ 10,936.66
0.4057	20	4	COLUMNA	\$ 10,937.37	\$ 10,937.37	1.00	\$ 10,937.37
					\$ 10,936.99	3.00	\$ 32,810.98

Tabla 217. CREP asociado al DS reportado, $edp=5.071\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.4057	17	1	COLUMNA	\$ 10,936.95	1.00	1.00	0.2104	\$ 13,238.08
0.4057	18	2	COLUMNA	\$ 10,936.66	1.00	1.00	0.2104	\$ 13,237.73
0.4057	20	4	COLUMNA	\$ 10,937.37	1.00	1.00	0.2104	\$ 13,238.60
				\$ 32,810.98				\$ 39,714.41

Tabla 218. CREP por elemento, $edp=5.071\%$ (columnas).

EDP 5.488%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.439	17	1	COLUMNA	0.61	0.28	\$ 17,100.11
0.439	18	2	COLUMNA	0.50	-0.01	\$ 17,100.00
0.439	20	4	COLUMNA	0.57	0.17	\$ 17,100.07

Tabla 219. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=5.488\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.439	17	1	COLUMNA	\$ 12,947.17	\$ 12,947.17	1.00	\$ 12,947.17
0.439	18	2	COLUMNA	\$ 12,947.09	\$ 12,947.09	1.00	\$ 12,947.09
0.439	20	4	COLUMNA	\$ 12,947.14	\$ 12,947.14	1.00	\$ 12,947.14

Tabla 220. CREP asociado al DS reportado, $edp=5.488\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.439	17	1	COLUMNA	\$ 12,947.17	1.00	1.00	0.2104	\$ 15,671.26
0.439	18	2	COLUMNA	\$ 12,947.09	1.00	1.00	0.2104	\$ 15,671.15
0.439	20	4	COLUMNA	\$ 12,947.14	1.00	1.00	0.2104	\$ 15,671.22
				\$ 38,841.40				\$ 47,013.63

Tabla 221. *CREP* por elemento, *edp*=5.488% (columnas).

EDP 5.905%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.4724	17	1	COLUMNA	0.38	-0.31	\$ 17,099.88
0.4724	18	2	COLUMNA	0.82	0.92	\$ 17,100.36
0.4724	20	4	COLUMNA	0.24	-0.69	\$ 17,099.73
0.4724	16	4	COLUMNA	0.74	0.64	\$ 17,100.25

Tabla 222. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=5.905\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.4724	17	1	COLUMNA	\$ 14,440.37	\$ 14,440.37	1.00	\$ 14,440.37
0.4724	18	2	COLUMNA	\$ 14,440.77	\$ 14,440.77	1.00	\$ 14,440.77
0.4724	20	4	COLUMNA	\$ 14,440.25	\$ 14,440.25	1.00	\$ 14,440.25
0.4724	16	4	COLUMNA	\$ 14,440.68	\$ 14,440.68	1.00	\$ 14,440.68
					\$ 14,440.52	4.00	\$ 57,762.07

Tabla 223. *CREP* asociado al *DS* reportado, *edp*=5.905% (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.4724	17	1	COLUMNA	\$ 14,440.37	1.00	1.00	0.2104	\$ 17,478.63

0.4724	18	2	COLUMNA	\$ 14,440.77	1.00	1.00	0.2104	\$ 17,479.11
0.4724	20	4	COLUMNA	\$ 14,440.25	1.00	1.00	0.2104	\$ 17,478.47
0.4724	16	4	COLUMNA	\$ 14,440.68	1.00	1.00	0.2104	\$ 17,479.00
				\$ 57,762.07				\$ 69,915.21

Tabla 224. CREP por elemento, $edp=5.905\%$ (columnas).

EDP 6.321%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.5057	69	1	TRABE	0.00	-2.67	\$ 17,098.96
0.5057	77	1	TRABE	0.85	1.06	\$ 17,100.41
0.5057	89	1	TRABE	0.20	-0.85	\$ 17,099.67
0.5057	101	1	TRABE	0.71	0.56	\$ 17,100.22

Tabla 225. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=6.321\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.5057	69	1	TRABE	\$ 15,462.58	\$ 15,462.58	1.00	\$ 15,462.58
0.5057	77	1	TRABE	\$ 15,463.90	\$ 15,463.90	1.00	\$ 15,463.90
0.5057	89	1	TRABE	\$ 15,463.22	\$ 15,463.22	1.00	\$ 15,463.22
0.5057	101	1	TRABE	\$ 15,463.72	\$ 15,463.72	1.00	\$ 15,463.72
				\$ 15,463.36	4.00		\$ 61,853.43

Tabla 226. CREP asociado al DS reportado, $edp=6.321\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.5057	69	1	TRABE	\$ 15,462.58	1.00	1.00	0.2104	\$ 18,715.91
0.5057	77	1	TRABE	\$ 15,463.90	1.00	1.00	0.2104	\$ 18,717.50
0.5057	89	1	TRABE	\$ 15,463.22	1.00	1.00	0.2104	\$ 18,716.69
0.5057	101	1	TRABE	\$ 15,463.72	1.00	1.00	0.2104	\$ 18,717.29
				\$ 61,853.43				\$ 74,867.39

Tabla 227. CREP por elemento, $edp=6.321\%$ (columnas).

EDP 6.738%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.539	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	\$ 17,098.96
0.539	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	\$ 17,100.41
0.539	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	\$ 17,099.67
0.539	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	\$ 17,100.22

Tabla 228. $CREP$ estimado para $DS1$, $DS2$ y $DS3$, $edp=6.738\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el $CREP$ asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.539	17	1	COLUMNA	\$ 16,125.68	\$ 16,125.68	1.00	\$ 16,125.68
0.539	18	2	COLUMNA	\$ 16,127.05	\$ 16,127.05	1.00	\$ 16,127.05
0.539	20	4	COLUMNA	\$ 16,126.35	\$ 16,126.35	1.00	\$ 16,126.35
0.539	16	4	COLUMNA	\$ 16,126.87	\$ 16,126.87	1.00	\$ 16,126.87
					\$ 16,126.49	4.00	\$ 64,505.96

Tabla 229. $CREP$ asociado al DS reportado, $edp=6.738\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.539	17	1	COLUMNA	\$ 16,125.68	1.00	1.00	0.2104	\$ 19,518.53
0.539	18	2	COLUMNA	\$ 16,127.05	1.00	1.00	0.2104	\$ 19,520.19
0.539	20	4	COLUMNA	\$ 16,126.35	1.00	1.00	0.2104	\$ 19,519.34
0.539	16	4	COLUMNA	\$ 16,126.87	1.00	1.00	0.2104	\$ 19,519.96
				\$ 64,505.96				\$ 78,078.01

Tabla 230. $CREP$ por elemento, $edp=6.738\%$ (columnas).

EDP 7.155%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS .

Crep=F-1 CREP(U|θ)

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	U	Z	Crep DS1
0.5724	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	\$ 17,098.96
0.5724	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	\$ 17,100.41
0.5724	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	\$ 17,099.67
0.5724	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	\$ 17,100.22

Tabla 231. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=7.155\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el CREP asociado al DS que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.5724	17	1	COLUMNA	\$ 16,536.88	\$ 16,536.88	1.00	\$ 16,536.88
0.5724	18	2	COLUMNA	\$ 16,538.28	\$ 16,538.28	1.00	\$ 16,538.28
0.5724	20	4	COLUMNA	\$ 16,537.56	\$ 16,537.56	1.00	\$ 16,537.56
0.5724	16	4	COLUMNA	\$ 16,538.09	\$ 16,538.09	1.00	\$ 16,538.09
				\$ 16,537.70	4.00	\$ 66,150.82	

Tabla 232. CREP asociado al DS reportado, $edp=7.155\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.5724	17	1	COLUMNA	\$ 16,536.88	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,016.24
0.5724	18	2	COLUMNA	\$ 16,538.28	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,017.94
0.5724	20	4	COLUMNA	\$ 16,537.56	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,017.07
0.5724	16	4	COLUMNA	\$ 16,538.09	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,017.71
				\$ 66,150.82				\$ 80,068.95

Tabla 233. CREP por elemento, $edp=7.155\%$ (columnas).

EDP 7.571%

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la transformación inversa y el muestreo de costos de reparación del componente $C_{REP} = C_{TREP}^{-1}(U|\theta)$ de acuerdo con su DS.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	Crep=F-1 CREP(U θ)		
				U	Z	Crep DS1
0.6057	17	1	COLUMNA	0.13	-2.67	\$ 17,098.96
0.6057	18	2	COLUMNA	0.10	1.06	\$ 17,100.41
0.6057	20	4	COLUMNA	0.20	-0.85	\$ 17,099.67
0.6057	16	4	COLUMNA	0.42	0.56	\$ 17,100.22

Tabla 234. CREP estimado para DS1, DS2 y DS3, $edp=7.571\%$ (columnas).

A partir de los datos anteriores se estimó el *CREP* asociado al *DS* que presenta cada elemento.

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP			
				Crep DS1	CREP	UK	CREP
0.6057	17	1	COLUMNA	\$ 16,781.07	\$ 16,781.07	1.00	\$ 16,781.07
0.6057	18	2	COLUMNA	\$ 16,782.49	\$ 16,782.49	1.00	\$ 16,782.49
0.6057	20	4	COLUMNA	\$ 16,781.76	\$ 16,781.76	1.00	\$ 16,781.76
0.6057	16	4	COLUMNA	\$ 16,782.30	\$ 16,782.30	1.00	\$ 16,782.30
					\$ 16,781.91	4.00	\$ 67,127.63

Tabla 235. *CREP* asociado al *DS* reportado, $edp=7.571\%$ (columnas).

Finalmente se realizó el ajuste al costo estimado anteriormente utilizando los parámetros c_k , u_k y α como se muestra en la tabla siguiente:

Asentamiento diferencial	Elemento (i)	Planta (j)	Grupo de elementos	CREP, CK				
				CREP	ck	nw	α	CREP,ck
0.6057	17	1	COLUMNA	\$ 16,781.07	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,311.80
0.6057	18	2	COLUMNA	\$ 16,782.49	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,313.53
0.6057	20	4	COLUMNA	\$ 16,781.76	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,312.65
0.6057	16	4	COLUMNA	\$ 16,782.30	1.00	1.00	0.2104	\$ 20,313.30
				\$ 67,127.63				\$ 81,251.28

Tabla 236. *CREP* por elemento, $edp=7.571\%$ (columnas).

6.8 RESUMEN COSTO DE REPARACIÓN

Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular	CREP Trabes		CREP Columnas		CREP Total		CREP
0.009	0.113%	\$	-	\$	-	\$	-	-
0.0345	0.431%	\$	-	\$	-	\$	-	-
0.06824	0.853%	\$	3,554.87	\$	-	\$	3,554.87	\$ 3,593.55
0.1057	1.321%	\$	365,622.46	\$	-	\$	365,622.46	\$ 369,600.06
0.139	1.738%	\$	377,674.91	\$	-	\$	377,674.91	\$ 381,783.63
0.1724	2.155%	\$	408,529.20	\$	-	\$	408,529.20	\$ 412,973.58
0.2057	2.571%	\$	413,222.78	\$	-	\$	413,222.78	\$ 417,718.22
0.239	2.988%	\$	413,857.71	\$	-	\$	413,857.71	\$ 418,360.06
0.2724	3.405%	\$	414,200.53	\$	1,803.23	\$	416,003.76	\$ 420,529.46
0.3057	3.821%	\$	461,335.23	\$	4,023.39	\$	465,358.63	\$ 470,421.26
0.339	4.238%	\$	586,421.90	\$	7,007.10	\$	593,429.00	\$ 599,884.91
0.3724	4.655%	\$	680,576.39	\$	10,252.92	\$	690,829.31	\$ 698,344.83
0.4057	5.071%	\$	764,195.29	\$	39,714.41	\$	803,909.70	\$ 812,655.42
0.439	5.488%	\$	799,568.46	\$	47,013.63	\$	846,582.09	\$ 855,792.04
0.4724	5.905%	\$	808,857.44	\$	69,915.21	\$	878,772.65	\$ 888,332.81
0.5057	6.321%	\$	811,949.27	\$	74,867.39	\$	886,816.66	\$ 896,464.32
0.539	6.738%	\$	812,992.56	\$	78,078.01	\$	891,070.57	\$ 900,764.52
0.5724	7.155%	\$	813,294.17	\$	80,068.95	\$	893,363.12	\$ 903,082.00
0.6057	7.571%	\$	813,368.78	\$	81,251.28	\$	894,620.06	\$ 904,352.61

Tabla 237. Comparativa entre *CREP* ajustado y el *CREP* estimado.

A continuación, se presentan los costos de reparación estimados luego de aplicar los factores β_1 , β_2 , γ .

Asentamiento diferencial (m)	Distorsión angular	CREP
0.009	0.113%	\$ -
0.0345	0.431%	\$ -
0.06824	0.853%	\$ 3,593.55
0.1057	1.321%	\$ 369,600.06
0.139	1.738%	\$ 381,783.63
0.1724	2.155%	\$ 412,973.58
0.2057	2.571%	\$ 417,718.22
0.239	2.988%	\$ 418,360.06
0.2724	3.405%	\$ 420,529.46
0.3057	3.821%	\$ 470,421.26
0.339	4.238%	\$ 599,884.91
0.3724	4.655%	\$ 698,344.83
0.4057	5.071%	\$ 812,655.42
0.439	5.488%	\$ 855,792.04
0.4724	5.905%	\$ 888,332.81
0.5057	6.321%	\$ 896,464.32
0.539	6.738%	\$ 900,764.52
0.5724	7.155%	\$ 903,082.00
0.6057	7.571%	\$ 904,352.61

Tabla 238. *CREP* asociado al nivel de asentamiento diferencial y distorsión angular.

Se realizó el ajuste de datos utilizando un modelo polinomial de cuarto grado, al igual que el caso anterior es importante señalar que este modelo puede presentar ciertos problemas de sobreajuste en los extremos de la escala, es decir, en valores cercanos a cero este modelo tiende a presentar valores negativos, mientras que en valores altos se observa una disminución en el *CREP*, a pesar de estas desviaciones el modelo seleccionado presenta el ajuste más adecuado posible, dentro del rango operativo.

$$y(x) = \begin{cases} -4.37E + 11x^4 + (7.12E + 10)x^3 - (3.95E + 09)x^2 + (9.86E + 07)x - 5.08E + 05, & \text{si } y(x) \geq 0 \\ 0, & \text{si } y(x) < 0 \end{cases}$$

Ecuación 19. Ajuste costos de reparación.

Distorsión angular	CREP ajustado	CREP estimado
0.113%	\$ -	\$ -
0.431%	\$ -	\$ -
0.853%	\$ 68,957.66	\$ 3,593.55
1.321%	\$ 269,173.62	\$ 369,600.06

1.738%	\$ 364,865.14	\$ 381,783.63
2.155%	\$ 412,522.89	\$ 412,973.58
2.571%	\$ 435,099.10	\$ 417,718.22
2.988%	\$ 451,154.01	\$ 418,360.06
3.405%	\$ 474,321.47	\$ 420,529.46
3.821%	\$ 513,207.16	\$ 470,421.26
4.238%	\$ 571,765.46	\$ 599,884.91
4.655%	\$ 649,339.24	\$ 698,344.83
5.071%	\$ 739,715.19	\$ 812,655.42
5.488%	\$ 832,543.25	\$ 855,792.04
5.905%	\$ 912,654.83	\$ 888,332.81
6.321%	\$ 959,328.23	\$ 896,464.32
6.738%	\$ 947,818.82	\$ 900,764.52
7.155%	\$ 847,834.56	\$ 903,082.00
7.571%	\$ 843,649.45	\$ 904,352.61

Tabla 239. Comparativa entre el CREP ajustado y el CREP estimado.

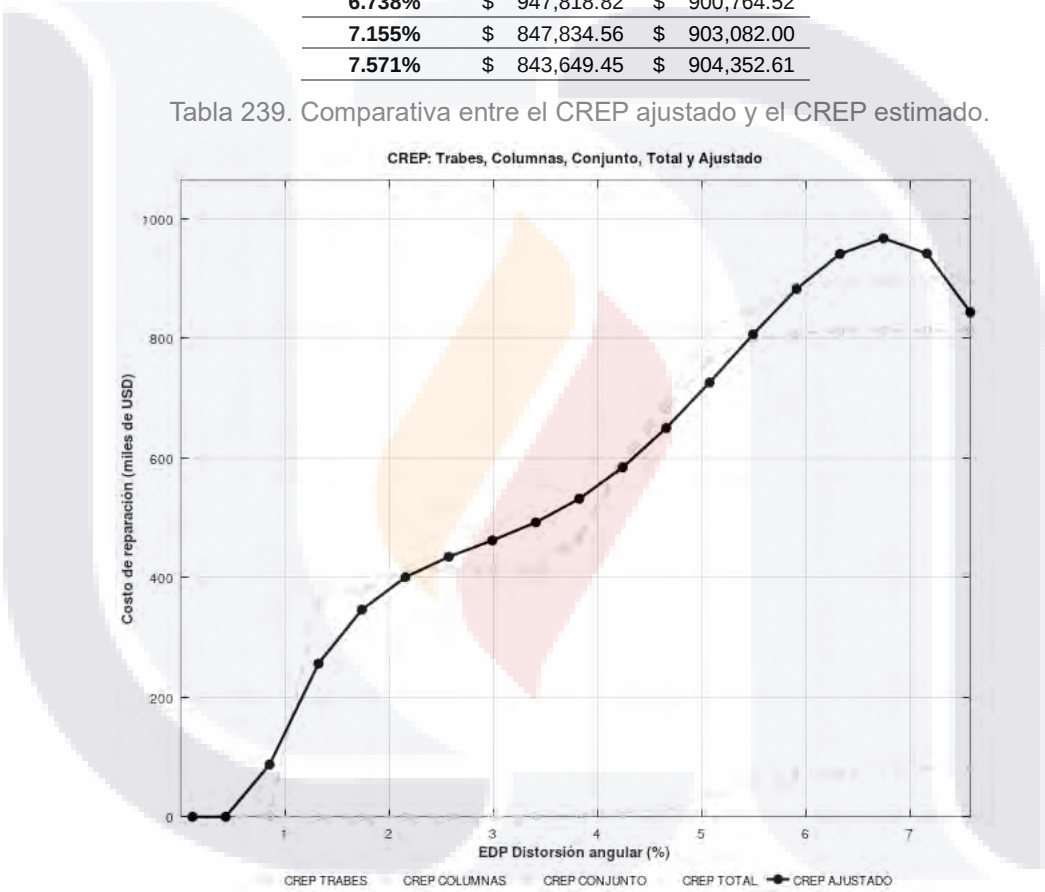


Ilustración 80. CREP ajustado para $ck=1$ y $nw=4$

6.9 EVALUACIÓN DE RESILIENCIA

Para la evaluación de resiliencia de esta estructura se asociaron las características del hundimiento de los registros históricos de las estaciones de monitoreo presentadas por (Esquivel and INEGI 2015) con la falla simulada para este caso de estudio.

6.9.1 ESTACIÓN FG20 INEGI

Para este caso la estación de monitoreo FG20 se encuentra localizada sobre la Falla Oriente Aguascalientes.

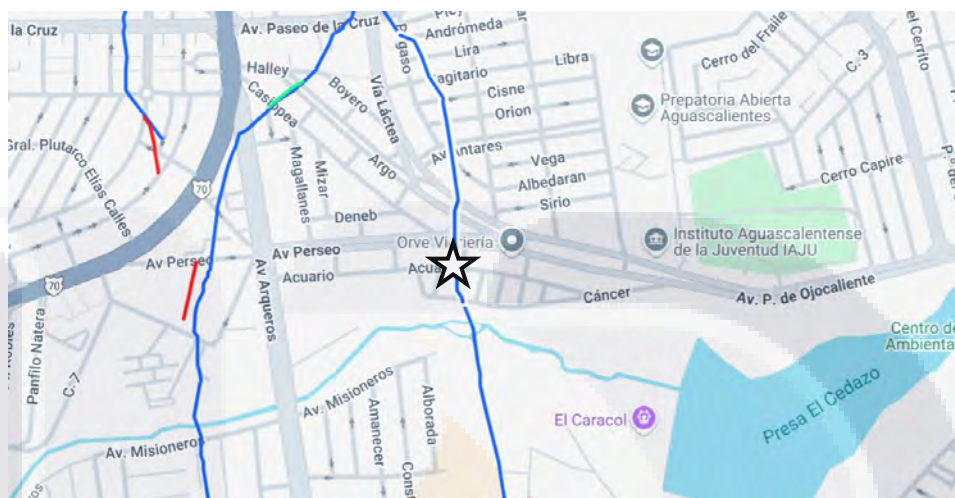


Ilustración 81. Localización estación FG20 INEGI

De acuerdo con (Esquivel and INEGI 2015) durante el periodo comprendido entre 2007 y 2016 la estación presentó el siguiente comportamiento:

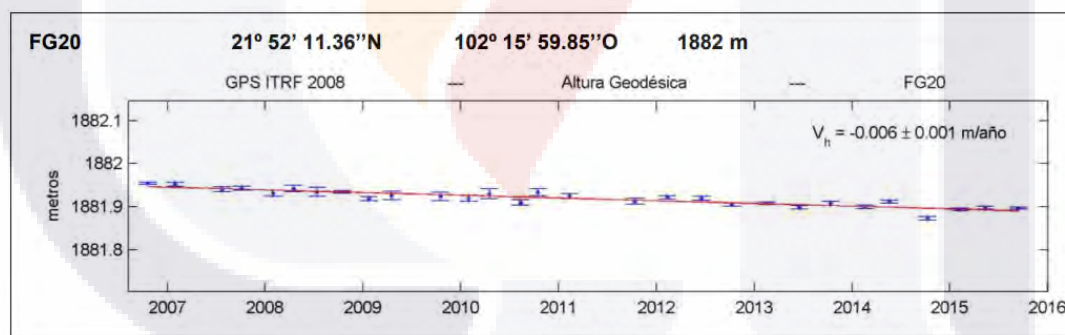


Ilustración 82. Tomada de (Esquivel and INEGI 2015)

La estación de medición presenta un hundimiento promedio anual de $0.006 \text{ m} \pm 0.001 \text{ m}$. Asumiendo que la falla simulada replicara este comportamiento durante 35 años, el edificio presentaría las siguientes características:

$$\Delta = 0.006 \frac{\text{m}}{\text{año}} (35 \text{ años}) = 0.210 \text{ m}$$

Ecuación 20. Hundimiento máximo para el periodo 35 años estación FG20.

$$\theta = \frac{0.210 \text{ m}}{8 \text{ m}} = 2.625\%$$

Ecuación 21. Distorsión angular máxima para el periodo 35 años estación FG20.

ESTADO DE DAÑO

En este nivel de distorsión angular se espera que los elementos tipo trabe afectados en las plantas $j=1, 2, 3$ y 4 hayan alcanzado el $DS1$, correspondiente a la primera fase de degradación estructural, caracterizado por la aparición de fisuras a lo largo del elemento de concreto, estas grietas suelen ser delgadas y en general no comprometen de forma significativa la capacidad de carga del elemento manteniendo aun su funcionalidad dentro de los limites tolerables.

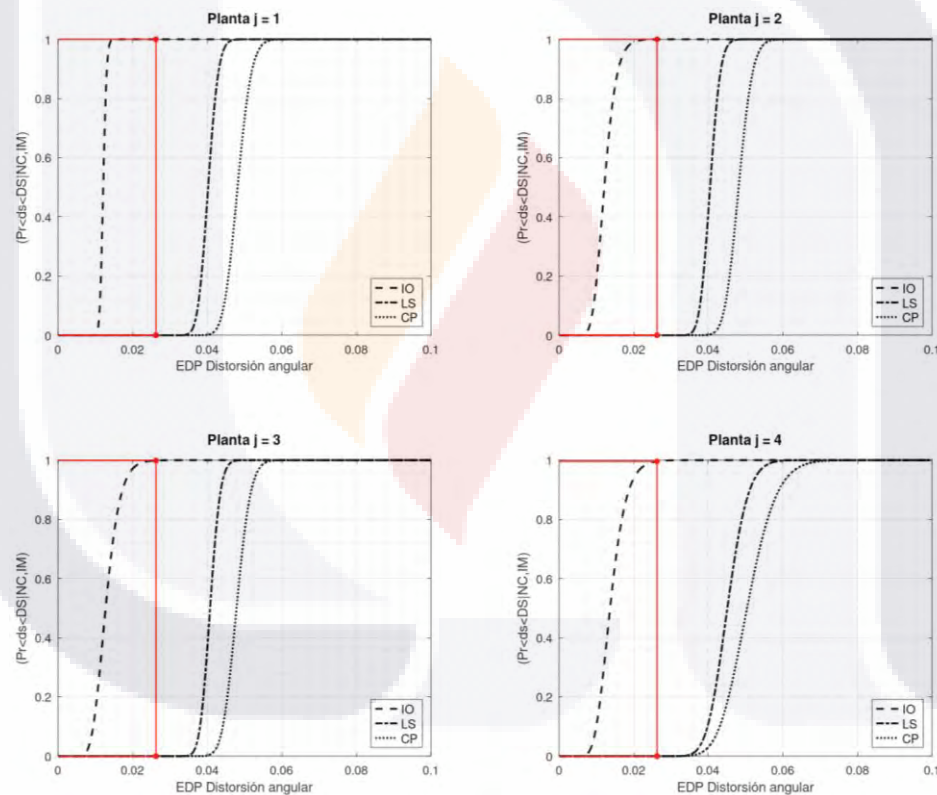


Ilustración 83. DS esperado para trabes $j=1,2,3$ y 4 .

Por otra parte, no se espera que los elementos del $PG_{COLUMNAS}$ hayan desarrollado daños significativos manteniéndose dentro del $DS0$. Este nivel se caracteriza como una condición estructural esencialmente elástica donde no se presenta agrietamiento o deterioro visible (sin daños relevantes), es decir, la integridad del

material está prácticamente intacta conservando su capacidad de carga y funcionalidad original

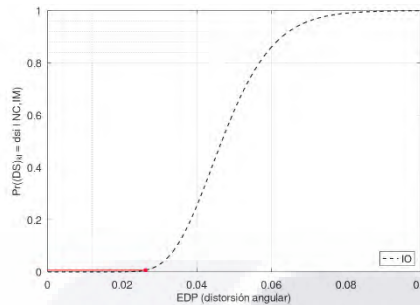


Ilustración 84. *DS* esperado en columnas.

TIEMPO DE REPARACIÓN

La ilustración 85 representa la relación entre el *TREP* y la distorsión angular, en el grafico se han señalado intervalos de 10 años para visualizar el incremento del *TREP* en función al periodo de interés, a su vez permite identificar tendencias de incremento, evidenciando incrementos súbitos y estancamientos a lo largo de la vida útil del inmueble.

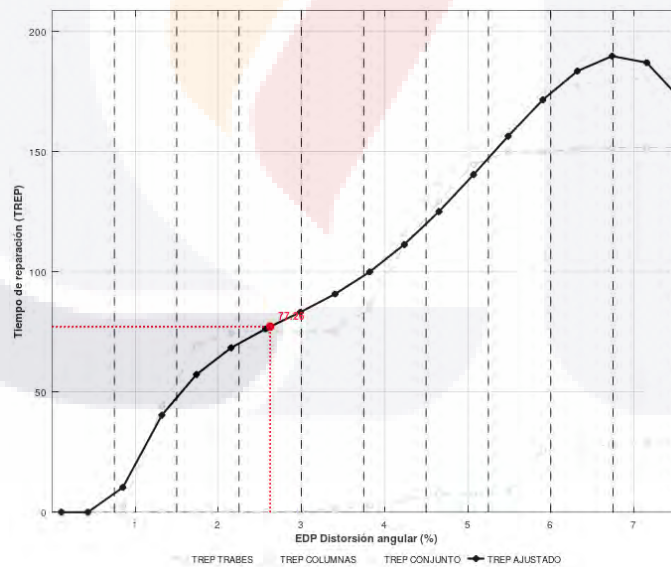


Ilustración 85. *TREP* esperado con una distorsión angular de 2.625%.

Para este nivel de distorsión angular el *TREP* esperado fue de 78 días con los parámetros $c_k = 1$, $n_w = 4$, con la tasa de hundimiento anteriormente mencionada. Este valor representa el periodo necesario para la reparación de los elementos afectados dentro del análisis (trabes y columnas), no se incluye el *TREP* para otro tipo de elementos (muros de mampostería, panel de yeso, cancelería, etc.), tampoco toma en cuenta los tiempos para la solicitud de tramites gubernamentales, pólizas, entre otros.

COSTO DE REPARACIÓN

La ilustración 86 representa la relación entre el *CREP* y la distorsión angular, en el grafico se han señalado intervalos de 10 años para visualizar el incremento del *CREP* en función al periodo de interés, a su vez permite identificar tendencias de incremento, evidenciando incrementos súbitos y estancamientos a lo largo de la vida útil del inmueble.

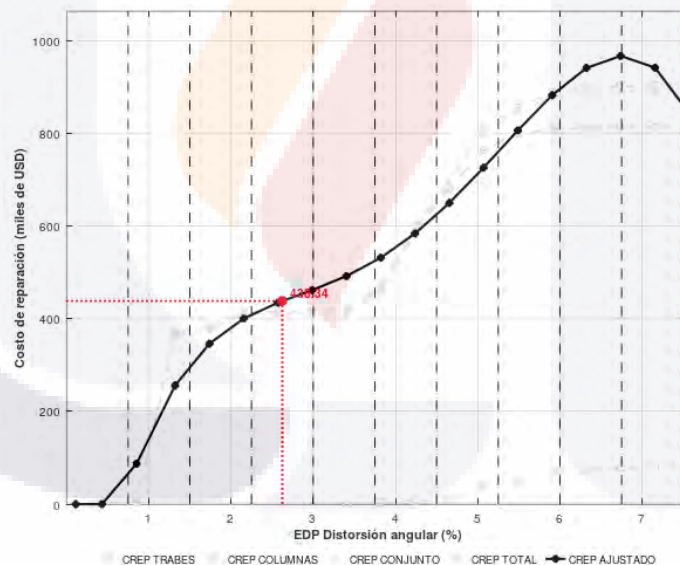


Ilustración 86. *CREP* esperado con una distorsión angular de 2.625%.

Para este nivel de distorsión angular el *CREP* esperado fue de \$436,340 USD con los parámetros $c_k = 1$, $n_w = 4$, $\alpha = 0.0526$ y la tasa de hundimiento anteriormente mencionada. Este valor representa el costo estimado para la reparación de los

elementos afectados dentro del análisis (trabes y columnas), no se incluye el *CREP* para otro tipo de elementos.

PÉRDIDA ESTIMADA

Con la finalidad de comparar el valor actual del inmueble presentado en el apartado 6.3 de este trabajo de investigación con su valor inicial (1990) se usará el *INPC* como indicador de inflación sobre valor monetario. A continuación, se presentan las estimaciones correspondientes tanto al valor original del edificio como el costo estimado de reparación, considerando sus ajustes en el tiempo.

VALOR DEL EDIFICIO EN 1990

- *INPC* ENERO 1990: 9.392 (INEGI)
- *INPC* ENERO 2025: 138.343 (INEGI)

FACTOR DE AJUSTE

$$\frac{9.392}{138.342} = 0.077$$

Ecuación 22. Factor de ajuste *INPC* para el periodo 1990 – 2025.

COSTO EN ENERO 1990

$$\$2,552,947.39 (0.077) = \$197,818.11 \text{ USD.}$$

Ecuación 23. Estimación del costo inicial del edificio en 1990.

COSTO DE LAS REPARACIONES

En el caso de las reparaciones se tomó como referencia el año 2018 ya que las distribuciones de probabilidad utilizadas para estimar los costos de reparación fueron tomadas del FEMA P-58 el cual fue publicado en el año 2018.

- *INPC* ENERO 2018: 98.795 (INEGI)
- *INPC* ENERO 2025: 138.343 (INEGI)

FACTOR DE AJUSTE

$$\frac{138.343}{98.795} = 1.400$$

Ecuación 24. Factor de ajuste *INPC* para el periodo 2018 – 2025.

COSTO EN ENERO 2017

$$\$ 437,200 (1.4) = \$ 612,080 \text{ USD}$$

Ecuación 25. Estimación del costo de las reparaciones en 2025.

A continuación, se muestra la tabla 240, misma que resume los valores requeridos para la estimación de perdidas esperadas.

Valor inicial del edificio 1990	\$	197,818.11
Valor del edificio estimado 2025	\$	2,552,947.39
Valor de las reparaciones 2025	\$	612,080.00

Tabla 240. Resumen valores estimados de la reparación y del edificio (USD).

PÉRDIDA ESTIMADA

$$PE = \frac{ \$ 612,080 }{ \$ 2,552,947.39 }$$

Ecuación 26. Cálculo de la pérdida esperada (periodo 1990 - 2025)

$$PE = 24\%$$

Ecuación 27. Valor de la pérdida esperada

Para el año 2025 la pérdida estimada, indica que luego de 35 años las reparaciones necesarias derivadas del proceso de subsidencia han generado pérdidas económicas de 24% respecto al valor actual del edificio. Los indicadores resultantes de este análisis (*TREP* y *CREP*) resultan ser muy importantes ya que proporcionan al propietario del bien inmueble elementos fundamentales para la evaluación de la viabilidad técnica y económica de las intervenciones necesarias para restablecer la funcionalidad de la estructura o bien considerar alternativas más rentables a largo plazo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de evaluar los resultados del análisis *pull down* resulta interesante el comportamiento del $PG_{COLUMNAS}$ ya que no desarrolla un DS mayor al $DS1$ incluso cuando se aplica un hundimiento considerable, revelando una marcada diferencia entre el número de elementos dañados entre ambos PG con un total de 21 trabes y 4 columnas dañadas, derivado de esto es posible determinar que el grueso del tiempo y costo de reparación calculados para el edificio lo aporta la reparación de los elementos tipo trabe. Se identificó que los elementos tipo columna comienzan a reportar daños ligeros luego de un hundimiento considerable $EDP = 3.405\%$, mostrando una mayor resistencia ante los daños a comparación de las trabes que luego de un hundimiento ($EDP = 0.853\%$) ya comienzan a dañarse. Es posible que esto se deba a la simplificación de aplicar desplazamiento únicamente en el eje -z de las columnas afectadas durante el análisis no lineal *pull down*, esta acción podría subestimar la respuesta de las columnas ante el fenómeno por lo tanto, futuros estudios deberían contemplar la modelación de los desplazamientos que podría incorporar una discontinuidad real, estos podrían ser desplazamientos multicomponentes en los ejes x, y, z, lo cual permitiría capturar de mejor manera el comportamiento estructural a lo largo del tiempo y mejorar la precisión de las decisiones que se basen en los resultados del análisis.

En las funciones obtenidas para $TREP$ y $CREP$ es posible visualizar un cambio abrupto entre los valores de distorsión angular 0% a 1.738% donde la mayoría de los elementos comienzan la transición de un $DS0$ a un $DS1$, posteriormente es posible diferenciar una meseta con resultados similares en el intervalo 1.738% a 3.405% , para esta franja la mayoría de los elementos dañados se encuentran en el $DS1$, a su vez es posible visualizar otro cambio abrupto de 3.405% a 5.905% donde los elementos afectados comienzan a transitar de un $DS1$ a $DS2$, por último se observa otra meseta de 5.905% a 7.571% donde la mayoría de los elementos afectados alcanzaron el $DS3$.

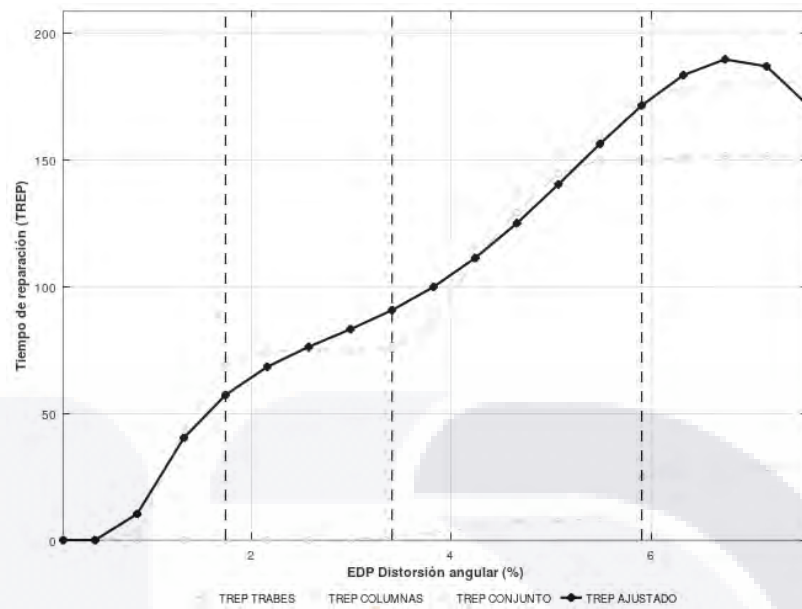


Ilustración 87. Comportamiento estados de daño

A partir de la evaluación de las funciones de tiempo y costo de reparación resulta interesante como la detección temprana puede ser altamente relevante ya que conforme se incrementa el nivel de distorsión angular, la reparación del edificio se encarece rápidamente y dependiendo de la severidad de los daños y el número de elementos afectados estas podrían volverse técnicamente inviables, sin embargo, también es importante definir un punto de tolerancia de daño, dado que reparaciones prematuras podrían verse afectadas por hundimientos posteriores y generar ciclos repetitivos de reparación. En algunos estudios de resiliencia sísmica se señala que el estado objetivo de un diseño basado en resiliencia implica que los elementos estructurales y no estructurales se mantengan por debajo del límite IO (Tena-Colunga 2020).

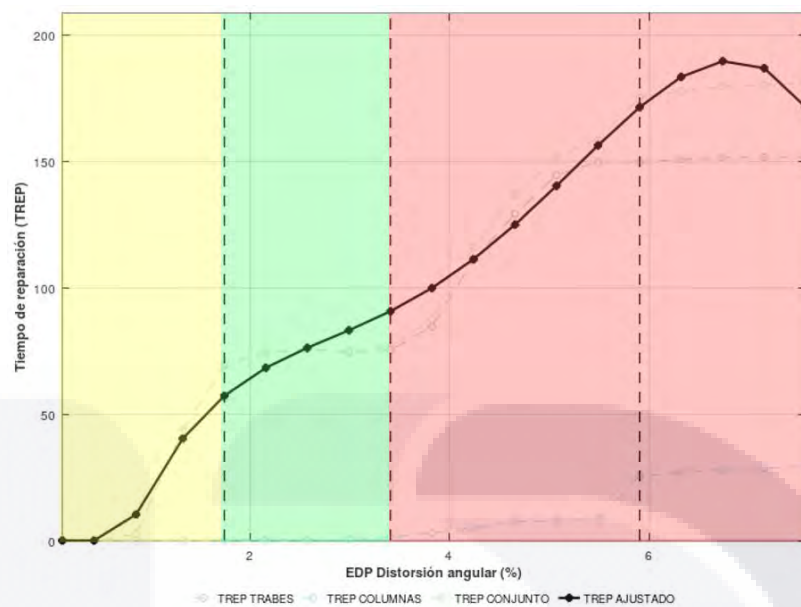


Ilustración 88. Propuesta punto de tolerancia de daño

Para este caso el área sombreada en color amarillo se atribuye a las reparaciones prematuras dado que gran parte del número de elementos susceptibles de daño no ha alcanzado el *DS1*. Por ejemplo, si se realizan intervenciones en el *EDP* 0.785%, se repararían 4 elementos, sin embargo, luego de un tiempo al alcanzar el *EDP* 1.321% se deberán de reparar 20 elementos incluidos los 4 que se intervinieron anteriormente. El área sombreada en color verde se podría definir como la más apropiada para realizar reparaciones, dado que a lo largo del intervalo el número de elementos afectados y su *DS* prácticamente se mantiene constante (*DS1*), el intervalo en color rojo se consideraría el área donde las reparaciones debido a su complejidad y costo podrían resultar inviables.

Luego de la evaluación se tiene que derivado del tiempo que tarda el hundimiento progresivo en generar daños sobre el inmueble, este presenta un drástico incremento en su valor tomando como referencia únicamente la inflación (*INPC*), pasando de \$197,818 USD en 1990 a \$2,552,947 USD en 2025, casi 13 veces su valor inicial, lo cual sugiere que la inflación podría actuar en favor de las reparaciones, haciendo que sean la opción más conveniente.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Es necesario remarcar que la propuesta de actividades de reparación requiere validación práctica, es decir, llevar a cabo reparaciones reales en elementos estructurales y no estructurales de infraestructura afectada por subsidencia, realizar los estudios y memorias de cálculo necesarias. A partir de dichas intervenciones evaluar tiempos y costos de reparación además de monitorear el comportamiento a través del tiempo. Se recomienda la creación de una base de datos, tipo FEMA, que relacione estados de daño con valores de *TREP* y *CREP* exclusivamente para daños por subsidencia.

CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación ha demostrado que es factible realizar un análisis de resiliencia en estructuras afectadas por subsidencia mediante la aplicación del análisis no lineal *pull down*, con el cual fue posible estimar los estados de daño en elementos tipo trabe y columna, y a su vez desarrollar funciones predictivas de tiempo y costo de reparación. A partir de la evaluación de los resultados del análisis fue posible conocer las consecuencias que a futuro podría tener un edificio afectado por una discontinuidad, brindando métricas de evaluación que permiten diseñar una estrategia de reparación adecuada, contribuyendo a prolongar la vida útil del edificio, además las métricas de evaluación permiten que el propietario del bien inmueble pueda decidir si le es o no conveniente realizar las reparaciones luego de sufrir las afectaciones, siendo este el punto medular de la investigación.

Fue posible observar que el grado de daño que puede presentar una estructura durante su vida útil depende de la zona geográfica donde se desplante, particularmente de la tasa de hundimiento anual; en un asentamiento con una tasa baja los daños serán menores respecto a una zona con una tasa más alta, siendo este el único parámetro que en teoría pudiera mejorar la respuesta de la estructura ante el fenómeno de subsidencia.

El resultado obtenido para perdidas esperadas (24%) representa un porcentaje extremadamente elevado, en el sentido que se evaluaron únicamente elementos estructurales (columnas y trabes), la información del manual *REDi Resilience objectives* señala que para entregar una categoría *silver* la perdida máxima tolerable es del 10% incluyendo elementos estructurales, no estructurales, instalaciones, etc.

Categoría	Recuperación de funcionamiento	Pérdida esperada	Colapso de elementos
Platinum	<72 hrs	<2.5%	Improbable
Gold	<1 mes	<5%	Improbable
Silver	<6 meses	<10%	Probable

Tabla 241. Clasificación de resiliencia sísmica propuesta en el manual *REDi resilience objectives*.

Con lo cual se puede concluir que la estructura analizada exhibe una capacidad de resiliencia extremadamente pobre, sin embargo, se prevé que con el hundimiento progresivo y el tiempo suficiente cualquier edificio sometido a subsidencia arroje resultados similares, lo anterior se puede atribuir a que actualmente no se han desarrollado procedimientos constructivos o dispositivos mecánicos que nos permitan mejorar la resiliencia de la estructura afectada. Este vacío de información limita el desarrollo urbano en el valle y frena la competitividad de Aguascalientes a nivel nacional, por lo cual resulta imprescindible investigar y diseñar soluciones que permitan adecuar de una mejor manera el comportamiento de una estructura pese a que se encuentre afectada por una discontinuidad.

La adopción de la metodología propuesta por (Ayala and Gutiérrez 2022) para el análisis de estructuras afectadas por subsidencia abre la puerta a comparar distintos materiales y sistemas constructivos, permitiendo el diseño de estructuras que a largo plazo resulten en inversiones más seguras para la población, en términos de costo y funcionalidad en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Bañuelos, R. E., L. Pujades Beneit, and J. R. González Drigo. 2021. "Daño sísmico y propiedades modales en estructuras de edificación." Universitat Politècnica de Catalunya.
- Andaur, D. 2009. "Análisis del pandeo de barras de refuerzo longitudinal para hormigón armado basado en un modelo de plasticidad concentrada."
- Arango, S., and A. Paz. 2009. "Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño estructural de una estantería metálica." *Revista EIA*.
- Ayala, G., and J. Gutiérrez. 2022. "ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA SÍSMICA DE EDIFICIOS." *RIS*, (107): 47–73. <https://doi.org/10.18867/ris.107.603>.
- Barlach, L., A. C. Limongi-França, and S. Malvezzi. 2008. "O conceito de resiliência aplicado ao trabalho nas organizações."
- Beas, G. 2016. "ANÁLISIS NO LINEAL DE ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO ELEMENTOS FINITOS." Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11498.11209>.
- Binesh, S., M. Mosallanezhad, H. Rahnema, and A. Lashkari. 2010. "Investigation of the Effect of Global Modeling of Soil and Structure on the Internal Forces of Excavation Supporting System."
- Bruneau, M., and A. Reinhorn. 2007. "Exploring the Concept of Seismic Resilience for Acute Care Facilities." *Earthquake Spectra*, 23 (1): 41–62. <https://doi.org/10.1193/1.2431396>.
- Burghignoli, A., S. Rampello, L. Callisto, and F. M. Soccodato. 2013. "The crossing of the historical centre of Rome by the new underground Line C." <https://doi.org/10.1201/b14965-6>.
- Burland, J. B. 1977. "Behaviour of Foundations and Structures."
- Camacho Sanabria, R., J. M. Camacho Sanabria, M. Á. Balderas Plata, and V. M. Hernández Madrigal. 2020. "Cuantificación Espacial del Daño Socioeconómico por Subsistencia Diferencial en Santa Ana Tlapaltitlán, Toluca, México." *REDER*, 4 (1): 95. <https://doi.org/10.55467/reder.v4i1.44>.
- Cao, H. 2023. "Urban Resilience: Concept, Influencing Factors and Improvement." *FBEM*, 9 (1): 343–346. <https://doi.org/10.54097/fbem.v9i1.8777>.
- Chamorro Ramos, O. 2005. "Análisis de los movimientos del terreno producidos por la excavación mecánica del túnel de la L9 en la zona de Santa Coloma de Gramenet (Tesina)." UPC, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica.
- Chávez Pérez, Y. 2018. "Análisis numérico del comportamiento de muros de mampostería frente a la subsidencia, aplicando la técnica del Pulldown." Thesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Chirino Suarez, Y. 2018. "Análisis numérico de muros y marcos de concreto reforzado bajo el efecto del pulldown producto de la subsidencia." Thesis. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

- Chrupalo, T., D. J. DeBock, A. D. Kiureghian, S. Hagie, C. Haselton, R. Larsen, J. Murcia-Delso, S. Shell, P. B. Shing, F. Zareian, C. Smith, V. Victorsson, and J. Wallace. 2012. "RISK MANAGEMENT PRODUCTS CONSULTANTS." 1.
- Comisión Nacional del Agua. 2024. "ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO VALLE DE AGUASCALIENTES (0101), ESTADO DE AGUASCALIENTES."
- De Lira, P. 2016. "Estudio de la vulnerabilidad estructural de las construcciones ante fracturamientos por subsidencia." Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Dueñas, V. 2021. "Análisis por desempeño de estructuras afectadas por subsidencia desde un enfoque probabilístico." Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Eguía, M. 2019. "Comportamiento de edificios de acero con contraventeos excéntricos ante secuencias sísmicas."
- Esquivel, R., and INEGI. 2015. "Estudio de los hundimientos por subsidencia en Aguascalientes con métodos satelitales. Reporte Técnico."
- Esquivel, R., R. Ramirez, E. Medrano, and INEGI. 2019. "Detección de zonas de subsidencia en México con técnicas satelitales Volumen 3." 3: 27.
- Estrada, J., and D. A. R. Meza. 2015. "Análisis de Precios Unitarios en la gestión y valoración de los herbarios." Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28547.55848>.
- FEMA. 2000. *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 356)*.
- Fernández-Torres, E. A., E. Cabral-Cano, L. Salazar-Tlaczani, and D. Solano-Rojas. 2025. "Economic risk of differential subsidence in Mexico City (2014–2022)." *Nat Hazards*, 121 (3): 2507–2534. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06891-9>.
- Fernández-Torres, E., E. Cabral-Cano, D. Solano-Rojas, E. Havazli, and L. Salazar-Tlaczani. 2020. "Land Subsidence risk maps and InSAR based angular distortion structural vulnerability assessment: an example in Mexico City." *Proc. IAHS*, 382: 583–587. <https://doi.org/10.5194/piahs-382-583-2020>.
- Guadarrama, A., and D. D. León. 2021. "RELIABILITY AND EXPECTED COST PROCEDURE TO SELECT THE BEST RETROFIT ALTERNATIVE FOR SCHOOLS DAMAGED BY EARTHQUAKES."
- Hein, L., E. Sumarga, M. Quiñones, and A. Suwarno. 2022. "Effects of soil subsidence on plantation agriculture in Indonesian peatlands." *Reg Environ Change*, 22 (4): 121. <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01979-z>.
- Hernandez Madrigal, V. M., N. Flores-Lázaro, C. I. Villaseñor Reyes, and J. A. Muñiz Jáuregui. 2015. "Impacto económico producido por subsidencia diferencial en zonas urbanas. Caso de estudio Morelia, Mich."
- Hernández-Castillo, L. A., J. A. Ortiz-Lozano, M. Hernández-Marín, J. Pacheco-Martínez, M. E. Zermeño-deLeón, J. J. Soto-Bernal, J. Ramos-Ruiz Flores, and M. A. Soto-Zamora. 2015. "Fragility curves for thin-walled cold-formed steel wall frames affected by ground settlements due to land subsidence." *Thin-Walled Structures*, 87: 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2014.11.010>.
- Hernández-Madrigal, V. M., J. A. Muñiz-Jáuregui, V. H. Garduño-Monroy, N. Flores-Lázaro, and S. Figueroa-Miranda. 2014. "Depreciation factor equation to

- evaluate the economic losses from ground failure due to subsidence related to groundwater withdrawal." *NS*, 06 (03): 108–113. <https://doi.org/10.4236/ns.2014.63015>.
- Hu, J.-C., and C.-Y. Chiu. 2023. "Additional horizontal displacement across the transportation infrastructures induced by land subsidence revealed by SAR interferometry." Accessed May 3, 2024. https://drive.google.com/file/d/1XzfZhS_k8eLexP3QNjoKNoquo2IG31Sp/view?usp=sharing.
- Julio Miranda, P., A. Ortiz, G. Palacio, and A. van 't Hooft. 2013. "Subsidencia del terreno y vulnerabilidades en la zona metropolitana de San Luis Potosí (México)."
- Kim, T., and S. Yi. 2024. "Accelerated system-reliability-based disaster resilience analysis for structural systems." *Structural Safety*, 109: 102479. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2024.102479>.
- Lampropoulos, A. 2022. "Towards Urban and Structural Resilience in Earthquake Engineering." *Structural Engineering International*, 32 (3): 273–273. <https://doi.org/10.1080/10168664.2022.2087359>.
- Lin, S.-Y. 2022. "Urban hazards caused by ground deformation and building subsidence over fossil lake beds: a study from Taipei City." *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 13 (1): 2890–2910. <https://doi.org/10.1080/19475705.2022.2141139>.
- López Hernández, E., and M. Muñoz Vidal. 1996. "Influencia de la no linealidad del material en la dinámica de estructuras articuladas de madera." *Inf. constr.*, 48 (444): 55–61. <https://doi.org/10.3989/ic.1996.v48.i444.999>.
- Luna-Villavicencio, H., J. Pacheco-Martínez, G. H. Ochoa-González, M. Hernández-Marín, V. M. Hernández-Madrigal, R. A. López-Doncel, and I. G. Reyes-Cedeño. 2023. "Determination of Susceptibility to the Generation of Discontinuities Related to Land Subsidence Using the Frequency Ratio Method in the City of Aguascalientes, Mexico." *Remote Sensing*, 15 (10): 2597. <https://doi.org/10.3390/rs15102597>.
- Moreno González, R., and J. M. Bairán García. 2010. "Curvas de fragilidad para evaluar el daño sísmico en edificios de concreto armado con losas reticulares." *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 25 (4): 61–71. Universidad Central de Venezuela.
- Nicholls, R., and J. Fang. 2022. *Implications of subsidence for coastal flood risk and adaptation in China*. Copernicus Meetings.
- Niño Lazaro, M., C. E. González Calva, and A. G. Ayala Milián. 2024. "DEFINICIÓN DE TIEMPOS DE RECUPERACIÓN Y PÉRDIDA DE FUNCIONALIDAD ESPERADA PARA LA EVALUACIÓN DE LA RESILIENCIA SÍSMICA EN ESCUELAS PÚBLICAS DE MÉXICO." *RIS*, (112). <https://doi.org/10.18867/ris.112.636>.
- Núñez, M. A. G., and J. M. B. García. 2018. "Estudio sobre la efectividad del factor de sobrerresistencia del criterio columna fuerte-viga débil en el diseño sísmico de pórticos de hormigón mediante el análisis dinámico no lineal."

- Ocaña, A. 2016. "ANÁLISIS NO LINEAL DE UN MARCO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO, DISEÑADO A EJES Y CON UNA EXCENRICIDAD ENTRE EJES."
- Olmedo-Cueva, J. P., and A. G. Haro. 2023. "Fundamento normativo para la evaluación sísmica de edificaciones basada en resiliencia. Caso de estudio: edificio de mediana altura de concreto armado, reforzado después del sismo de Ecuador del 16 de abril de 2016." *DYNA*, 90 (229): 159–169. <https://doi.org/10.15446/dyna.v90n229.109648>.
- Pacheco -Martínez, J. 2007. "Modelo de subsidencia del Valle de Queretaro y predicción de agrietamientos superficiales." Juriquilla, Queretaro: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pacheco-Martínez, J., E. Cabral-Cano, S. Wdowinski, M. Hernández-Marín, J. Ortiz-Lozano, and M. Zermeño-de-León. 2015. "Application of InSAR and Gravimetry for Land Subsidence Hazard Zoning in Aguascalientes, Mexico." *Remote Sensing*, 7 (12): 17035–17050. <https://doi.org/10.3390/rs71215868>.
- Pacheco-Martínez, J., M. Hernández-Marín, M. E. Zermeño-de-León, N. González-Cervantes, J. A. Ortiz-Lozano, O. Vázquez-Gloria, and A. Roque-Cruz. 2020. "Committee for managing the risk by Faults and Cracks due to subsidence in Aguascalientes State, México." *Proc. IAHS*, 382: 791–795. <https://doi.org/10.5194/piahs-382-791-2020>.
- Rajkumari, S., K. Thakkar, and H. Goyal. 2022. "Fragility analysis of structures subjected to seismic excitation: A state-of-the-art review." *Structures*, 40: 303–316. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.04.023>.
- Rodríguez Castillo, R., and I. Rodríguez Velázquez. 2006. "Consecuencias sociales de un desastre inducido, subsidencia." 265–269.
- Romero, K. 2021. "Diseño por desempeño de estructuras, con análisis determinístico por afectaciones de subsidencia."
- Secretaría de Obras Públicas del Gobierno del Estado de Aguascalientes. 2021. "Introducción 'SIFAGG.'"
- Tena-Colunga, A. 2019. "De cara al futuro: Diseño sismorresistente resiliente." 596: 8–13.
- Tena-Colunga, A. 2020. "Transitando del diseño sísmico para prevención de colapso hacia el diseño sísmico resiliente." *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 25: 521–560. <https://doi.org/10.24133/riie.v25i4.1862>.
- Thiéblemont, R., G. L. Cozannet, D. Raucoules, J. Rohmer, G. Wöppelmann, F. Calkoen, and R. J. Nicholls. 2023. *Contribution of subsidence on relative sea level in Europe*. Copernicus Meetings.
- Tomás, R., G. Herrera, J. Delgado, and F. Peña. 2009. "Subsidencia del terreno."
- Trejo, D. 2021. "Revisión del criterio del área de afectación aledaña a fallas y grietas en la ciudad de Aguascalientes." Aguascalientes, Ags.: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Valdés, A., T. A. José, and M. G. Caupolicán. 2014. "DETERMINACIÓN DE LAS CURVAS ESFUERZO-DEFORMACIÓN SOBRE CARGAS AXIALES DE UNA RAÍZ TROPICAL." 36.
- Varela Alonso, L. 2025. *Costos por metro cuadrado de construcción*.

- Vassileva, M., D. Al-Halbouni, M. Motagh, T. R. Walter, T. Dahm, and H.-U. Wetzel. 2021. "A decade-long silent ground subsidence hazard culminating in a metropolitan disaster in Maceió, Brazil." *Sci Rep*, 11 (1): 7704. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87033-0>.
- Velásquez, J., and M. Blondet. 2005. "ESTIMACION DE PÉRDIDAS SÍSMICAS MEDIANTE CURVAS DE FRAGILIDAD ANALÍTICAS."
- Wu, P., M. (Matt) Wei, and S. D'Hondt. 2022. "Subsidence in Coastal Cities Throughout the World Observed by InSAR." *Geophysical Research Letters*, 49 (7): e2022GL098477. <https://doi.org/10.1029/2022GL098477>.
- Yousefi, R., N. Talebbeydokhti, S. H. Afzali, M. Dehghani, and A. A. Hekmetzadeh. 2022. "Understanding the Effects of Subsidence on Unconfined Aquifer Parameters by Integration of Lattice Boltzmann Method (LBM) and Genetic Algorithm (GA)."

