



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL
CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.**

AUTOR: ZAMBRANO SALAZAR LUIS LEONARDO

TUTOR: ING. MG. JORGE CEVALLOS

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Mg. Jorge Cevallos certifico que la presente tesis de grado **“ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.”** realizado por el señor Luis Leonardo Zambrano Salazar Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Ambato, Enero de 2017

Ing. Mg. Jorge Cevallos

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Luis Leonardo Zambrano Salazar, CI. 0503796344 Egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo experimental con el tema:

“ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.” es de mi completa autoría, a excepción de las citas, cuadros y gráficos de origen bibliográfico.

Ambato, Enero de 2017

Luis Leonardo Zambrano Salazar

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero de 2017

Luis Leonardo Zambrano Salazar

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de calificación de grado aprueban el Trabajo Experimental, sobre el tema: **“ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.”**, del egresado Luis Leonardo Zambrano Salazar de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Ing. Mg. Juan Garcés

Ing. Mg. Christian Medina

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico con mucho cariño:

Primeramente a Dios creador del universo quien ha sabido darme fe y fortaleza en los momentos más difíciles, así como salud para poder continuar con mi camino y lograr llegar a la culminación de esta etapa de mi vida.

A mi abuelita Carmen a quien siempre llevo presente en mi corazón porque sé que está conmigo en cada paso que doy y sé que hasta el último de mis días me acompañará con su bendición.

A mi madre quien es mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia, quien me ha enseñado que a pesar de los golpes que nos da la vida siempre hay que seguir adelante sin dejarnos derrumbar, por su cariño y amor incondicional durante toda mi existencia, así como por darme fortaleza para continuar cuando he estado a punto de caer.

A mi tía Margarita quien ha sido un pilar importante en esta etapa de mi vida, por todo su cariño y apoyo incondicional enseñándome que la vida es una lucha constante por alcanzar los sueños y metas forjadas.

A mi padre por haberme dado la vida así como por su apoyo incondicional, y aunque por motivos de trabajo no ha estado en toda mi vida presente siempre he sabido que puedo contar con él.

A mi familia en general porque han estado junto a mí en todo momento.

Luis Leonardo Zambrano Salazar

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios por guiarme en cada paso, así como por darme la fuerza y valentía necesarias para afrontar cada obstáculo de la vida.

A mi abuelita Carmen quien sé que desde el cielo me cuida y me protege y le prometo que este es el primero de muchos éxitos y metas más.

A mi madre por su esfuerzo en darme todo lo necesario, le estoy infinitamente agradecido, quien durante toda mi vida me ha brindado el apoyo y el ejemplo necesarios para jamás dejarme vencer; así como por enseñarme que las cosas buenas de la vida nunca llegan fácil siempre hay que luchar día a día por conseguirlas.

A mi padre por el cariño y la confianza que siempre ha tenido en mí, así como por las palabras de aliento en los momentos más difíciles.

A mi tía Margarita quien me ha servido como ejemplo de superación profesional, así como por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo obstáculo se puede superar y cada sueño se puede cumplir.

A mi hermana por ser una compañía durante mi época universitaria, por cuidarme y quererme a su manera y en especial por creer en mí.

A toda mi familia, que de una u otra manera me han apoyado durante toda mi vida, por su apoyo y las palabras de aliento

A la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por la formación obtenida; a los Docentes que me formaron día a día, por compartir sus conocimientos.

Mis más sinceras gracias al Ing. Mg. Jorge Cevallos, tutor de mi tesis, por compartir sus conocimientos y cuya guía me ha permitido culminar este proyecto.

A mis amigos y a todas las personas que a lo largo de mi vida universitaria me brindaron su ayuda desinteresada.

Luis Leonardo Zambrano Salazar

ÍNDICE.

A. PÁGINAS PRELIMINARES

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE.	VIII
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS.	X
RESUMEN EJECUTIVO	XVII

B. TEXTO

CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.	1
1.2. ANTECEDENTES.	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1. Objetivo General.	3
1.4.2. Objetivos Específicos.	3
CAPÍTULO II.....	4
FUNDAMENTACIÓN	4
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	4
2.1.1. Introducción.....	4
2.1.2. Funciones de una Losa.	4
2.1.3. Clasificación.	5
2.1.4. Estados de carga considerados en el diseño de Losa.....	10
2.1.5. Combinaciones de carga para diseño.	13
2.1.6. Especificaciones de Diseño.	13
2.2. HIPÓTESIS.....	26
2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.	26
CAPÍTULO III.....	27
METODOLOGÍA.....	27

3.1.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	28
3.2.1.	Población.	28
3.2.2.	Muestra.....	28
3.3.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	29
3.4.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	31
3.5.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.	32
CAPÍTULO IV.....		33
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS		33
4.1.	RECOLECCIÓN DE DATOS.....	33
4.1.1.	Losa Maciza Unidireccional.	33
4.1.2.	Losa Maciza Bidireccional.	57
4.1.3.	Losa Nervada Unidireccional.	89
4.1.4.	Losa Nervada Bidireccional.	118
4.2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	146
4.3.	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	148
CAPÍTULO V.		149
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		149
5.1.	CONCLUSIONES.....	149
5.2.	RECOMENDACIONES.....	150
C. MATERIALES DE REFERENCIA		
1.	Bibliografía.	151
2.	Anexos.	152
2.1.	Manual de instalación del programa de losas macizas.....	152
2.2.	Manual de usuario del programa de losas macizas.	158
2.3.	Manual de instalación del programa de losas nervadas.	198
2.4.	Manual de usuario del programa de losas nervadas.....	204

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS.

TABLAS

Tabla 1. Condiciones de empotramiento en losa.....	9
Tabla 2. Carga Viva de acuerdo a la ocupación.....	11
Tabla 3. Carga Muerta: pesos de los materiales.....	12
Tabla 4. Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección.....	16
Tabla 5. Cortantes aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección.....	21
Tabla 6. Variable independiente.....	29
Tabla 7. Variable dependiente.....	30
Tabla 8. Plan de recolección de información.....	31
Tabla 9. Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas.....	35
Tabla 10. Espesor mínimo de losas en dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.....	58
Tabla 11. Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.....	91
Tabla 12. Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.....	119
Tabla 13. Valores numéricos según Marcus.....	124
Tabla 14. Comparación de resultados, losa maciza unidireccional.....	146
Tabla 15. Comparación de resultados, losa maciza bidireccional.....	146
Tabla 16. Comparación de resultados, losa nervada unidireccional.....	147
Tabla 17. Comparación de resultados, losa nervada bidireccional.....	147

GRÁFICOS

Gráfico 1. Losa Maciza.....	5
Gráfico 2. Vista isométrica Losa Aliviada.....	6
Gráfico 3. Losa Unidireccional.....	7
Gráfico 4. Losa Bidireccional.....	8
Gráfico 5. Losa Plana.....	10
Gráfico 6. Vano Extremo discontinuo monolítico con el apoyo.....	17
Gráfico 7. Vano Extremo discontinuo no está restringido.....	17
Gráfico 8. Vanos Interiores.....	18
Gráfico 9. Miembros contruidos monolíticamente con viga dintel de apoyo.....	18
Gráfico 10. Miembros contruidos monolíticamente con columna como apoyo.....	19
Gráfico 11. Cara exterior primer apoyo interior, dos tramos.....	19
Gráfico 12. Cara exterior primer apoyo interior, más de dos tramos.....	20
Gráfico 13. Cara de apoyos con luces menores a 3.05 metros.....	20
Gráfico 14. Cara exterior del primer apoyo interior.....	21
Gráfico 15. Cara de todos los demás apoyos.....	21
Gráfico 16. Losa Maciza Bidireccional.....	22
Gráfico 17. Sección T, Losa Nervada Unidireccional.....	23
Gráfico 18. Partes de la Sección T, Losa Nervada Unidireccional.....	24
Gráfico 19. Franjas de tablero.....	25

Gráfico 20. Losa Alivianada Bidireccional.	25
Gráfico 21. Planta arquitectónica del parqueadero.	33
Gráfico 22. Camión de diseño H15-44.	34
Gráfico 23. Pared Completa, Ejercicio 1.	36
Gráfico 24. Losa maciza de 1m ²	37
Gráfico 25. Carga distribuida en la losa maciza unidireccional.	39
Gráfico 26. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 1.	40
Gráfico 27. Diagrama de momentos, losa maciza unidireccional.	41
Gráfico 28. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 1.	41
Gráfico 29. Diagrama de cortante losa maciza unidireccional.	42
Gráfico 30. Áreas de acero de losa maciza unidireccional.	46
Gráfico 31. Malla de trabajo, Ejercicio 1.	47
Gráfico 32. Propiedades del material.	47
Gráfico 33. Recubrimiento de losa.	48
Gráfico 34. Tableros unidireccionales de la losa.	48
Gráfico 35. Condiciones a las que se encuentra sometida la losa unidireccional.	49
Gráfico 36. Selección de la franja de análisis.	49
Gráfico 37. Modificación de espesor de losa.	50
Gráfico 38. Cálculo del peso de pared.	50
Gráfico 39. Cálculo del peso del acabado de la losa.	51
Gráfico 40. Carga muerta adicional y viva ingresadas en los tableros de la losa.	51
Gráfico 41. Cargas de la losa y el tipo de losa de acuerdo a las cargas.	52
Gráfico 42. Ventana principal del software.	52
Gráfico 43. Diagrama de momentos, Ejercicio 1.	53
Gráfico 44. Valores del diagrama de momentos.	53
Gráfico 45. Diagrama de cortante, Ejercicio 1.	54
Gráfico 46. Valores del diagrama de cortante.	54
Gráfico 47. Chequeo a corte, Ejercicio 1.	55
Gráfico 48. Chequeo a flexión, Ejercicio 1.	55
Gráfico 49. Áreas de acero de la losa maciza unidireccional.	56
Gráfico 50. Valores de las áreas de acero de la losa maciza unidireccional.	56
Gráfico 51. Planta arquitectónica del gimnasio.	57
Gráfico 52. Pared Completa, Ejercicio 2.	59
Gráfico 53. Losa maciza de 1m ²	60
Gráfico 54. Carga distribuida en la losa, sentido X-X, Ejercicio 2.	62
Gráfico 55. Carga distribuida en la losa, sentido Y-Y, Ejercicio 2.	63
Gráfico 56. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 2.	65
Gráfico 57. Diagrama de momentos, losa maciza bidireccional sentido X-X.	66
Gráfico 58. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 2.	66
Gráfico 59. Diagrama de momentos, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.	67
Gráfico 60. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 2.	68
Gráfico 61. Diagrama de cortante, losa maciza bidireccional sentido X-X.	69
Gráfico 62. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 2.	69
Gráfico 63. Diagrama de cortante, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.	70
Gráfico 64. Áreas de acero, losa maciza bidireccional sentido X-X.	74
Gráfico 65. Áreas de acero, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.	75
Gráfico 66. Malla de trabajo, Ejercicio 2.	76

Gráfico 67. Propiedades del material.	76
Gráfico 68. Recubrimiento de losa.	77
Gráfico 69. Condiciones a las que se encuentra sometida la losa bidireccional.	77
Gráfico 70. Tableros bidireccionales de la losa.	78
Gráfico 71. Selección de las franjas de análisis.	78
Gráfico 72. Modificación de espesor de losa.	79
Gráfico 73. Cálculo del peso de pared.	79
Gráfico 74. Cálculo del peso del acabado de la losa.	80
Gráfico 75. Carga muerta adicional y viva ingresados en los tableros de la losa.	80
Gráfico 76. Cargas de la losa y el tipo de losa de acuerdo a las cargas.	81
Gráfico 77. Ventana principal del software.	81
Gráfico 78. Diagramas de momentos, Ejercicio 2.	82
Gráfico 79. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X.	83
Gráfico 80. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y.	83
Gráfico 81. Diagramas de cortante, Ejercicio 2.	84
Gráfico 82. Valores del diagrama de cortante, sentido X-X.	85
Gráfico 83. Valores del diagrama de cortante, sentido Y-Y.	85
Gráfico 84. Chequeo a corte, Ejercicio 2.	86
Gráfico 85. Chequeo a flexión, Ejercicio 2.	86
Gráfico 86. Áreas de acero de la losa maciza bidireccional.	87
Gráfico 87. Valores de las áreas de acero de la losa maciza bidireccional, sentido X-X.	88
Gráfico 88. Valores de las áreas de acero de la losa maciza bidireccional, sentido Y-Y.	88
Gráfico 89. Planta arquitectónica de la vivienda.	89
Gráfico 90. Tablero más cargado de la losa.	90
Gráfico 91. Pared Completa, Ejercicio 3.	92
Gráfico 92. Pared Completa, Ejercicio 3.	93
Gráfico 93. Alivianamientos de la losa nervada unidireccional en un metro cuadrado.	94
Gráfico 94. Corte típico de losa nervada unidireccional.	94
Gráfico 95. Corte losa nervada unidireccional.	96
Gráfico 96. Modelo matemático, Ejercicio 3.	97
Gráfico 97. Fórmulas de vigas simplemente empotradas para el cálculo de momentos, Ejercicio 3.	97
Gráfico 98. Diagrama de momentos, losa nervada unidireccional.	98
Gráfico 99. Fórmulas de vigas simplemente empotradas para el cálculo de cortantes, Ejercicio 3.	98
Gráfico 100. Diagrama de cortante, losa nervada unidireccional.	99
Gráfico 101. Sección de viga T, Losa nervada unidireccional.	99
Gráfico 102. Bloque de esfuerzos.	102
Gráfico 103. Áreas de acero de losa nervada unidireccional.	107
Gráfico 104. Tablero de la losa en análisis.	108
Gráfico 105. Propiedades del material.	108
Gráfico 106. Recubrimiento de losa.	109
Gráfico 107. Modificación de espesor de losa.	109
Gráfico 108. Carga viva.	110
Gráfico 109. Cálculo del peso de pared.	110
Gráfico 110. Cálculo del peso del acabado de la losa.	111
Gráfico 111. Pesos ingresados en el tablero.	111

Gráfico 112. Peso de la losa.....	112
Gráfico 113. Ventana principal del software.	112
Gráfico 114. Análisis de la viga T.....	113
Gráfico 115. Análisis de la sección.	113
Gráfico 116. Diagramas de cortante, Ejercicio 3.	114
Gráfico 117. Valores del diagrama de cortante.....	114
Gráfico 118. Diagramas de momentos, Ejercicio 3.....	115
Gráfico 119. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X.	115
Gráfico 120. Chequeo a corte, Ejercicio 3.....	116
Gráfico 121. Chequeo a flexión, Ejercicio 3.....	116
Gráfico 122. Áreas de acero de la losa maciza bidireccional.	117
Gráfico 123. Valores de las áreas de acero de la losa nervada unidireccional.	117
Gráfico 124. Planta arquitectónica de la vivienda.....	118
Gráfico 125. Tablero más crítico geoméricamente.	119
Gráfico 126. Pared Completa, Ejercicio 4.	120
Gráfico 127. Alivianamientos de la losa nervada bidireccional en un metro cuadrado.....	121
Gráfico 128. Corte típico de losa nervada bidireccional.	122
Gráfico 129. Dos bordes adyacentes empotrados, tabla de Marcus.	123
Gráfico 130. Diagramas de momentos losa nervada bidireccional.	127
Gráfico 131. Áreas tributarias del tablero crítico, Ejercicio 4.	129
Gráfico 132. Áreas de acero, losa nervada bidireccional.	132
Gráfico 133. Tablero de la losa en análisis.	133
Gráfico 134. Condiciones de continuidad del tablero.	133
Gráfico 135. Propiedades del material.	134
Gráfico 136. Recubrimiento de losa.	134
Gráfico 137. Modificación de espesor de losa.	135
Gráfico 138. Carga viva.....	135
Gráfico 139. Cálculo del peso de pared.....	136
Gráfico 140. Cálculo del peso del acabado de la losa.	136
Gráfico 141. Pesos ingresados en el tablero.	137
Gráfico 142. Peso de la losa.....	137
Gráfico 143. Valores números de las tablas de Marcus.....	138
Gráfico 144. Valores de momentos.....	138
Gráfico 145. Ventana principal del software.	139
Gráfico 146. Áreas tributarias del tablero, Ejercicio 4.	139
Gráfico 147. Diagramas de momentos, sentido X-X, Ejercicio 4.	140
Gráfico 148. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X franja central.	140
Gráfico 149. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X franja de lindero.	141
Gráfico 150. Diagramas de momentos, sentido Y-Y, Ejercicio 4.	141
Gráfico 151. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y franja central.	142
Gráfico 152. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y franja lindero.	142
Gráfico 153. Chequeo a corte, Ejercicio 4.....	143
Gráfico 154. Chequeo a flexión, Ejercicio 4.....	143
Gráfico 155. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido X-X franja central.	144
Gráfico 156. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido X-X franja de lindero.	144
Gráfico 157. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido Y-Y franja central.	145

Gráfico 158. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido Y-Y franja de lindero.	145
Gráfico 159. Carpeta con los archivos del programa de losas macizas.	152
Gráfico 160. Carpeta con los archivos de instalación del programa de losas macizas.	152
Gráfico 161. Archivo de instalación del programa de losas macizas.	153
Gráfico 162. Ventana con datos del programa de losas macizas.	153
Gráfico 163. Ventana con la ubicación de almacenamiento de los datos del programa.	154
Gráfico 164. Ventana con la dirección de almacenamiento del programa en la computadora.	154
Gráfico 165. Ventana de inicio de instalación del programa.	155
Gráfico 166. Ventana con información del programa.	155
Gráfico 167. Ventana de avance de instalación del programa.	156
Gráfico 168. Ventana de culminación de la instalación.	156
Gráfico 169. Ventana del escritorio con el acceso directo del programa.	157
Gráfico 170. Ventana de presentación del programa de losas macizas.	157
Gráfico 171. Ventana de presentación.	158
Gráfico 172. Ventana principal del programa de losas macizas.	159
Gráfico 173. Ventana de Datos iniciales.	161
Gráfico 174. Ventana de Abrir.	162
Gráfico 175. Ventana de Guardar.	163
Gráfico 176. Ventana de Análisis de tableros.	164
Gráfico 177. Ventana de Análisis de tableros Unidireccionales.	164
Gráfico 178. Ventana de Análisis de tableros Bidireccionales.	165
Gráfico 179. Ventana de Ingreso de cargas.	165
Gráfico 180. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.	166
Gráfico 181. Ventana con los valores de pesos ingresados.	166
Gráfico 182. Ventana de ingreso de datos de paredes.	167
Gráfico 183. Ventana de configuración de densidad de los materiales de pared.	168
Gráfico 184. Ventana de ingreso de datos de acabados.	168
Gráfico 185. Ventana con valores de cargas.	169
Gráfico 186. Ventana con valores de pesos de tableros, sentido y-y.	170
Gráfico 187. Ventana con valores de pesos de tableros, sentido x-x.	171
Gráfico 188. Ventana de ingreso de datos de paredes.	172
Gráfico 189. Ventana de ingreso de datos de acabados.	173
Gráfico 190. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.	173
Gráfico 191. Ventana con valores de cargas.	174
Gráfico 192. Ventana para modificar los valores de pesos.	175
Gráfico 193. Ventana de datos del material.	176
Gráfico 194. Recubrimiento de losa.	176
Gráfico 195. Condiciones de losa maciza unidireccional.	177
Gráfico 196. Condiciones de losa maciza bidireccional.	177
Gráfico 197. Sentidos y lados de los tableros de la losa.	178
Gráfico 198. Medidas entre ejes de los tableros.	179
Gráfico 199. Medidas acumuladas de los tableros.	179
Gráfico 200. Ventana de modificación del tipo de losa.	180
Gráfico 201. Ventana de modificación de las franjas en las que se realizará el análisis.	181
Gráfico 202. Ventana de modificación del espesor de la losa unidireccional.	182

Gráfico 203. Ventana de modificación del espesor de la losa bidireccional.	182
Gráfico 204. Diagramas de corte.	183
Gráfico 205. Diagramas de corte con los coeficientes ACI.	184
Gráfico 206. Diagrama de corte por tramos.	185
Gráfico 207. Diagramas de momentos.	186
Gráfico 208. Diagramas de momentos con los coeficientes ACI.	187
Gráfico 209. Diagrama de momentos por tramos.	188
Gráfico 210. Chequeo a corte.	189
Gráfico 211. Chequeo a flexión.	189
Gráfico 212. Áreas de acero de la losa.	190
Gráfico 213. Áreas de acero de la losa con las cargas consideradas.	191
Gráfico 214. Carga mayorada aplicada en la losa.	191
Gráfico 215. Venta principal del programa con las franja de análisis.	192
Gráfico 216. Venta del programa con los tableros considerados en el análisis.	193
Gráfico 217. Venta principal del programa, tipo de losa por su geometría.	193
Gráfico 218. Venta principal del programa, tipo de losa por la carga.	194
Gráfico 219. Venta principal del programa con los valores de cargas.	195
Gráfico 220. Venta de configuración de cuantías de acero.	195
Gráfico 221. Venta de configuración de chequeos.	196
Gráfico 222. Venta de configuración de fórmulas de áreas de acero.	196
Gráfico 223. Venta de configuración de factores de carga.	196
Gráfico 224. Carpeta con los archivos del programa de losas nervada.	198
Gráfico 225. Carpeta con los archivos de instalación del programa de losas nervada.	198
Gráfico 226. Archivo de instalación del programa de losas nervada.	199
Gráfico 227. Ventana con datos del programa de losas nervada.	199
Gráfico 228. Ventana con la ubicación de almacenamiento de los datos del programa.	200
Gráfico 229. Ventana con la dirección de almacenamiento del programa en la computadora.	200
Gráfico 230. Ventana de inicio de instalación del programa.	201
Gráfico 231. Ventana con información del programa.	201
Gráfico 232. Ventana de avance de instalación del programa.	202
Gráfico 233. Ventana de culminación de la instalación.	202
Gráfico 234. Ventana del escritorio con el acceso directo del programa.	203
Gráfico 235. Ventana de presentación del programa de losas nervada.	203
Gráfico 236. Medidas de los alivianamientos utilizados en el programa.	204
Gráfico 237. Ventana de presentación.	205
Gráfico 238. Ventana principal del programa de losas nervadas.	206
Gráfico 239. Ventana de Datos iniciales.	208
Gráfico 240. Ventana de datos iniciales de losa nervada bidireccional.	208
Gráfico 241. Ventana de condiciones de tablero.	209
Gráfico 242. Ventana de Abrir.	209
Gráfico 243. Ventana de Guardar.	210
Gráfico 244. Ventana de Ingreso de cargas.	211
Gráfico 245. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.	211
Gráfico 246. Ventana con los valores de pesos ingresados.	212
Gráfico 247. Ventana de ingreso de datos de paredes.	213
Gráfico 248. Ventana de configuración de densidad de los materiales de pared.	214

Gráfico 249. Ventana de ingreso de datos de acabados.....	214
Gráfico 250. Ventana con valores de cargas.....	215
Gráfico 251. Ventana de datos del material.....	216
Gráfico 252. Recubrimiento de losa.....	216
Gráfico 253. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa bidireccional.....	217
Gráfico 254. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa unidireccional.....	217
Gráfico 255. Ventana con el Peso de la losa.....	218
Gráfico 256. Ventana de configuración de pesos de los alivianamientos.....	219
Gráfico 257. Ventana de modificación del espesor de la losa unidireccional.....	219
Gráfico 258. Ventana de modificación del espesor de la losa bidireccional.....	220
Gráfico 259. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa bidireccional.....	220
Gráfico 260. Ventana de modificación de las condiciones de tablero.....	221
Gráfico 261. Ventana de Análisis de viga T.....	221
Gráfico 262. Ventana con el diseño de viga.....	222
Gráfico 263. Ventana con los valores de tablas de Marcus.....	222
Gráfico 264. Ventana con las tablas de Marcus.....	223
Gráfico 265. Ventana con valores de momentos.....	223
Gráfico 266. Diagramas de corte.....	224
Gráfico 267. Diagramas de Momentos.....	225
Gráfico 268. Diagramas de Momentos.....	226
Gráfico 269. Diagramas de Momentos.....	227
Gráfico 270. Chequeo a corte.....	228
Gráfico 271. Chequeo a flexión.....	228
Gráfico 272. Áreas de acero de la losa.....	229
Gráfico 273. Venta del programa, con las condiciones de continuidad del tablero.....	230
Gráfico 274. Venta principal del programa, con el mosaico de cargas del tablero.....	230
Gráfico 275. Venta principal del programa, con franjas en sentido x-x.....	231
Gráfico 276. Venta principal del programa, con franjas en sentido y-y.....	231
Gráfico 277. Venta de configuración de cuantías de acero.....	232
Gráfico 278. Venta de configuración de chequeos.....	232
Gráfico 279. Venta de configuración de fórmulas de áreas de acero.....	233
Gráfico 280. Venta de configuración de factores de carga.....	233

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

**ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL
CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.**

Autor: Luis Leonardo Zambrano Salazar.

Tutor: Ing. Mg. Jorge Cevallos.

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto de investigación se realizó la codificación y la interfaz gráfica de un software para el cálculo y diseño de losas mediante la aplicación del programa MATLAB, el software desarrollado nos permite obtener el diseño de una losa de forma rápida y segura, mediante el ingreso de datos como: estados de carga, condiciones de continuidad de los tableros y propiedades de los materiales.

Para el desarrollo del software fue necesario realizar un análisis a los diferentes métodos de cálculo y diseño de losas, aprobados por normas técnicas nacionales e internacionales como son: la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2105) y el American Concrete Institute (ACI 2014), en base a este análisis se escogió los métodos de cálculo y diseño que facilitaron la codificación del software.

Una vez escogidos los métodos de cálculos se procedió al desarrollo del código de programación del software para a continuación realizar la interfaz gráfica del mismo y finalmente realizar una depuración del software donde se corrigió los diferentes errores de programación, a la vez que se realizó una optimización de los algoritmos, para lograr un mejor funcionamiento del software.

La validez del software se comprobó a través de una comparación de resultados obtenidos mediante el software y a través de cálculos manuales, logrando obtener un margen de error menor al 2%, con lo que se verifica que los valores que se obtienen a través del software de cálculo son confiables.

CAPÍTULO I.

ANTECEDENTES

1.1.TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.

ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE EN BASE A MATLAB PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS Y NERVADAS.

1.2.ANTECEDENTES.

La razón principal que ha motivado el desarrollo de esta tesis es la inexistencia de un software estudiantil de carácter gratuito para el cálculo y diseño de losas macizas y nervadas, tanto unidireccionales como bidireccionales que sea de propiedad de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

En el mercado actual existen algunos programas de diseño de losas, de entre ellos el más conocido es CSI SAFE, el cual permite diseñar todo tipo de losas, sin embargo, debido a que los cálculos y las rutinas de diseño los realiza internamente, permite observar simplemente los resultados, lo que hace que este programa se oriente desde un punto de vista más profesional que académico.

Por esta razón se ha generado una creciente necesidad de contar con un programa que permita tanto a estudiantes como docentes de la facultad analizar y resolver ejercicios, en los que se pueda poner en práctica los conocimientos previos adquiridos referentes al tema.

El software desarrollado en esta investigación es una herramienta que permite llevar a cabo los procesos de cálculo de una forma automatizada y en menor tiempo, lo que permite un mejor aprendizaje del tema por parte de los estudiantes.

Finalmente este software es una herramienta de apoyo para la mejor enseñanza del tema referente a losas por parte de los docentes y que contribuye al mejoramiento del nivel de conocimientos de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

1.3.JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad uno de los softwares más utilizados para el cálculo y diseño de losas es CSI SAFE, su análisis está basado en el método de elementos finitos, una moderna y consistente teoría la cual contempla la variación de las propiedades por los efectos de los momentos torsores. La ventaja principal de este software es que puede analizar y diseñar losas de espesor variable con o sin abertura, pero su mayor desventaja es que al no ser un software libre este tiene un valor elevado en el mercado, lo que dificulta su adquisición por parte de estudiantes e ingenieros. [1]

La determinación precisa de momentos en losas con varias condiciones de continuidad en los bordes es matemáticamente muy compleja y no es adecuada para la práctica de diseño. Por esta razón se han adoptado varios métodos simplificados para determinar momentos y cortantes para losas. [2]

Existen tablas para el diseño de losas, desarrolladas por diferentes autores, que facilitan el análisis y el diseño de las losas con geometrías y estados de carga más comunes, basadas en la mayor parte de los casos en la Teoría de Placas. Algunas de las tablas más conocidas son las siguientes, tablas de Marcus, tablas de Czerny y las del Dr. Romo Proaño docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas del Ecuador. [3]

El interés por el desarrollo del tema se debe a la inexistencia de un software de diseño y cálculo de losas desarrollado en la carrera de Ingeniería Civil de Universidad Técnica de Ambato razón por la que se plantea el desarrollo de un software libre de cálculo y diseño de losas para contribuir al aprendizaje y al mejor entendimiento del diseño de losas.

El estudiante de ingeniería civil como el profesional necesita un programa que facilite el cálculo y diseño de losas y que además ayude a optimizar el tiempo empleado en el proceso de cálculo.

El software de cálculo será de utilidad para estudiantes de la carrera de ingeniería civil e ingenieros calculistas ya que será de fácil uso y permitirá un rápido cálculo y diseño de losas macizas y nervadas, con la ventaja principal que al ser un software libre no tiene ningún costo en su adquisición.

1.4.OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

Elaborar un software en base a Matlab para el cálculo y diseño de losas macizas y nervadas.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Investigar los métodos de cálculo y diseño de losas que faciliten la programación del software.
- Optimizar el tiempo en el diseño de losas a través de un software de cálculo.
- Realizar una codificación clara y sencilla del software de cálculo para que pueda ser utilizado.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos con el software.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1.1. Introducción.

La losa de concreto armado es una amplia placa plana horizontal, en la que la tercera dimensión (peralte) es menor comparada con las otras dos dimensiones. Las cargas que actúan esencialmente sobre las losas son perpendiculares a su plano principal, por lo que su comportamiento se encuentra dominado por la flexión.

Las losas pueden estar apoyadas en vigas, en muros de mampostería, en muros de concreto o en forma directa sobre las columnas. Físicamente estas se componen de concreto y acero de refuerzo, en donde el concreto absorbe los esfuerzos de compresión y el acero los de tracción.

2.1.2. Funciones de una Losa.

2.1.2.1.Arquitectónica.

Separa diferentes espacios verticales formando así los pisos o niveles en una construcción, para que la función se cumpla de una manera adecuada la losa debe garantizar tanto el aislamiento acústico como térmico e impedir la visión directa entre niveles, es decir, no permitir la visualización de un piso a su nivel superior e inferior.

2.1.2.2.Estructural.

Deben ser capaces de soportar las cargas de servicio u ocupación como son cargas vivas: personas, y cargas muertas: peso propio de la estructura y el de los elementos no estructurales. Además deben trabajar como un diafragma horizontal rígido para atender la función sísmica es decir ante cargas horizontales (viento, sismo).

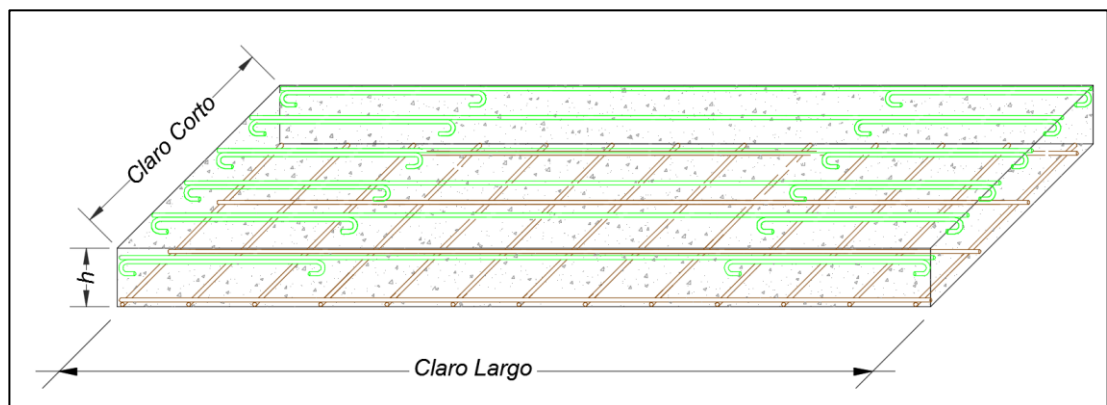
2.1.3. Clasificación.

2.1.3.1. Por la distribución interior del hormigón.

2.1.3.1.1. Losa Maciza.

Reciben este nombre aquellas losas en las que todo su espesor o peralte se encuentra constituido por hormigón, complementadas con su correspondiente armadura, colocada para resistir los esfuerzos de flexión generados por los momentos flectores que producen las cargas. La losa maciza cubre tableros cuyos bordes descansan en vigas a las que transmite su carga y estas a la vez a las columnas. Tienen la desventaja de no aislar el ruido, calor y vibraciones además de ser pesadas, pero cuentan con la ventaja de tener un proceso constructivo sencillo y de ser fácilmente adaptable a diseños irregulares.

Gráfico 1. Losa Maciza.



Fuente: Zambrano Luis

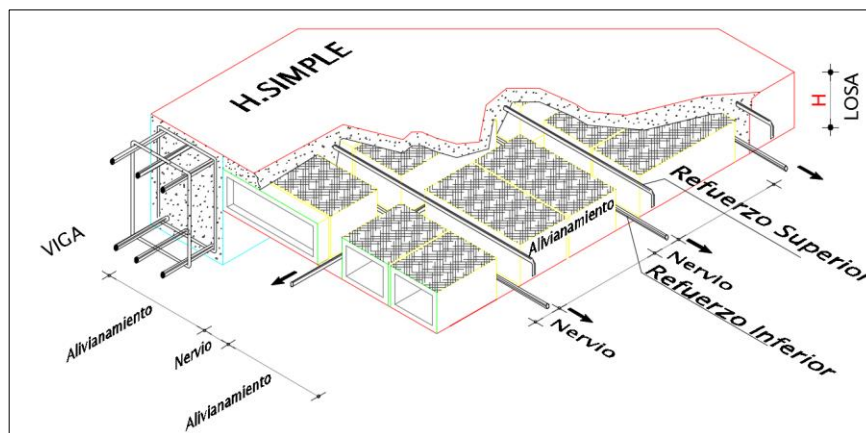
2.1.3.1.2. Losa Alivianada.

Esta tipología de losas tiene la característica principal de que parte de su volumen es ocupado por materiales más livianos, no resistentes (alivianamientos) o por espacios vacíos, es de ahí que son conocidas con diferentes nombres como: losa alivianada, losa aligerada o losa nervada. La losa alivianada se compone de una combinación

monolítica de nervaduras (nervios) regularmente espaciados y una loseta de compresión en la parte superior

Los alivianamientos al desplazar al hormigón en la zona de tracción logran reducir la carga muerta de la losa a la vez que reducen el costo, los alivianamientos pueden ser de diferentes materiales como bloques de hormigón, casetones de madera, bloques de pómez, etc.

Gráfico 2. Vista isométrica Losa Alivianada.



Fuente: Zambrano Luis

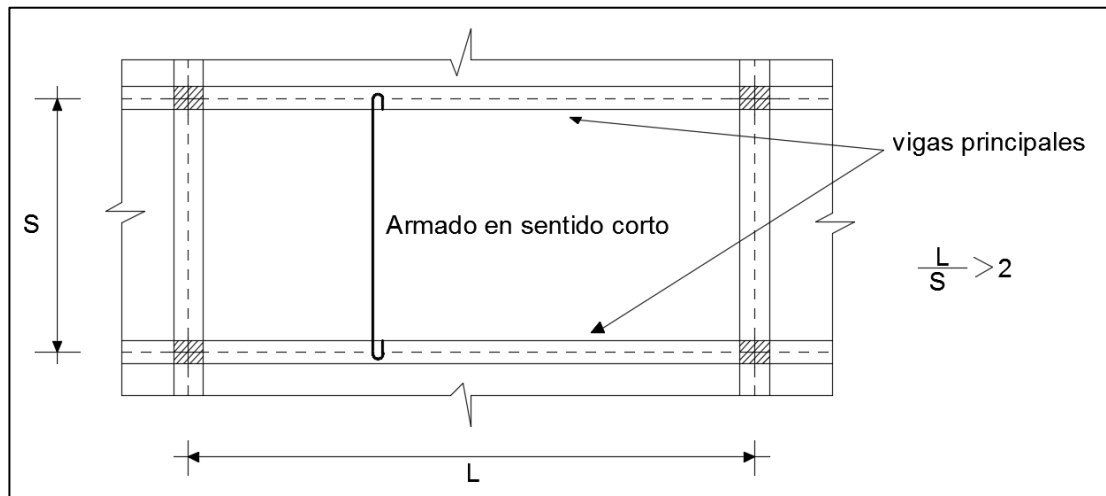
2.1.3.2. Por la dirección de trabajo.

2.1.3.2.1. Losa Unidireccional.

En una losa rectangular, conforme una de sus medidas se incrementa, el momento que se produce en el claro más corto es mayor al momento que se genera en el claro largo, es debido a esto que los esfuerzos de flexión en una dirección son preponderantes a los esfuerzos de la dirección ortogonal, dando como resultado una deformación en forma cilíndrica con respecto al lado más corto.

Cuando la relación de luces, lado largo a lado corto es mayor a 2, el armado de la losa se realizara en una sola dirección (dirección corta), aunque se debe dotar un armado mínimo en la dirección ortogonal (dirección larga).

Gráfico 3. Losa Unidireccional.



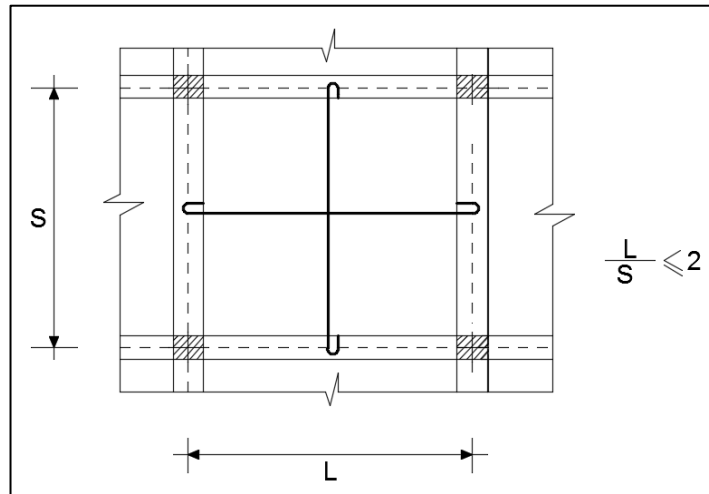
Fuente: Zambrano Luis

2.1.3.2.2. Losa Bidireccional.

Se conocen como losas bidireccionales a las losas en las que por su geometría y su tipo de apoyo se producen esfuerzos de flexión en dos direcciones ortogonales, es decir es cuando la losa se apoya en sus cuatro lados y se desarrollan esfuerzos de flexión en ambas direcciones, para contrarrestar estos esfuerzos producidos por los momentos flectores es necesario armar la losa en los dos sentidos.

Si la relación de luces, lado largo a lado corto es menor o igual a 2, el armado de la losa se realiza en ambas direcciones, debido a que por la geometría de la losa se producen esfuerzos en ambos sentidos.

Gráfico 4. Losa Bidireccional.



Fuente: Zambrano Luis


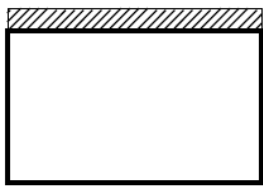







2.1.3.3. Por el tipo de apoyo.

2.1.3.3.1. Losa Perimetral sobre Vigas.

Las losas apoyadas perimetralmente son aquellas que se apoyan sobre vigas a las cuales transmite las cargas, estas a la vez se apoyan en columnas que son las que reciben las cargas de la losa y vigas. Existen diferentes casos en este tipo de losa como son:

- a) Losas libremente apoyadas en su contorno.
- b) Borde mayor empotrado.
- c) Borde menor empotrado.
- d) Los dos bordes mayores empotrados.
- e) Los dos bordes menores empotrados.
- f) Los bordes adyacentes empotrados.
- g) Los dos bordes mayores y uno menor empotrado.
- h) Los dos bordes menores y uno mayor empotrado.
- i) Los cuatro bordes empotrados.

Tabla 1. Condiciones de empotramiento en losa.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 
<p>c)</p> 	<p>d)</p> 
<p>e)</p> 	<p>f)</p> 
<p>g)</p> 	<p>h)</p> 
<p>i)</p> 	

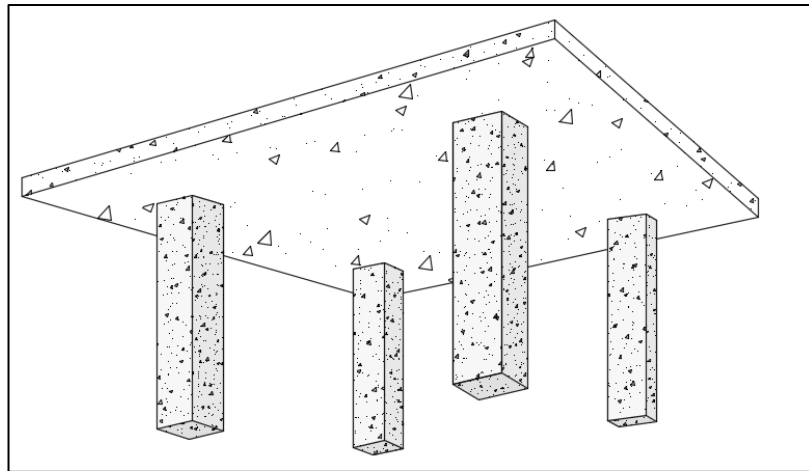
Fuente: Zambrano Luis

2.1.3.3.2. Losa Plana.

Una losa plana es una losa de concreto reforzado que se apoya directamente sobre las columnas, de manera que transmite las cargas de forma directa hacia las columnas, generalmente sin la ayuda de vigas. Estas losas se refuerzan en dos direcciones y

pueden tener un peralte uniforme o tener engrosamientos en un área cuadrada simétrica llamado ábaco, en las columnas se suelen aumentar el tamaño de su extremo superior formando una cabeza acampanada conocida como capitel. Se utilizan vigas donde la losa sufre interrupciones, como alrededor de ductos de escaleras y en los bordes discontinuos de la losa.

Gráfico 5. Losa Plana.



Fuente: Zambrano Luis

2.1.4. Estados de carga considerados en el diseño de Losa.

2.1.4.1.Carga Viva.

La carga viva, también conocida como sobrecargas de uso, son aquellas debido al uso u ocupación que se producen en la estructura y que la identifican, es decir son todas aquellas cargas que no tienen posición fija dentro de la estructura como: muebles, equipos, mercancías y personas.

Debido a la dificultad que significa su evaluación, los valores de cargas vivas se especifican por códigos de construcción, en Ecuador la Norma Ecuatoriana de la Construcción en el capítulo de cargas no sísmicas (NEC_SE_CG_2015) se puede observar varios valores de cargas vivas de acuerdo con la ocupación o los usos.

Tabla 2. Carga Viva de acuerdo a la ocupación.

Ocupación o Uso	Carga Uniforme (kN/m ²)	Carga Concentrada (kN)
Almacenes		
Venta al por menor		
Primer piso	4.80	4.50
Pisos superiores	3.60	4.50
Venta al por mayor. Todos los pisos	6.00	4.50
Armería y salas de instrucción militar	7.20	
Áreas de reunión y teatros		
Asientos fijos	2.90	
Áreas de recepción	4.80	
Asientos móviles	4.80	
Plataformas de reunión	4.80	
Escenarios	7.20	
Corredor		
Primer Piso		
Otros pisos de igual ocupación, excepto si existe otra indicación	4.80	
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones	2.00	
Salones de uso público y sus corredores	4.80	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC_SE_CG_2015).

2.1.4.2.Carga Muerta.

Las cargas muertas o cargas permanentes son todas aquellas cargas que permanecen en constante magnitud y en una posición fija durante la vida útil de la estructura, estos son, el peso propio de la estructura y el de todos los elementos no estructurales, también se puede clasificar dentro de cargas muertas a todos los equipos que permanezcan fijos en la estructura.

Se puede determinar con cierto grado de exactitud las cargas muertas de una estructura si se conoce la densidad de los materiales. En la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de cargas no sísmicas (NEC_SE_CG_2015) se puede encontrar los valores de las densidades de los materiales de uso más frecuente.

Tabla 3. Carga Muerta: pesos de los materiales.

Material	Peso Unitaria kN/m ³
A. Rocas	
Basalto	29.0 – 30.0
Granito	26.0 – 28.0
Sienita	27.0 – 29.0
B. Piedras artificiales	
Adobe	16.0
Baldosa cerámica	18.0
Baldosa de gres	19.0
Hormigón simple	22.0
Hormigón armado	24.0

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC_SE_CG_2015).

2.1.5. Combinaciones de carga para diseño.

Los factores de carga son el número por el cual se debe multiplicar al valor de carga real, para poder determinar la carga última que es capaz de resistir un elemento estructural. La carga viva de una estructura no puede ser determinada con exactitud ya que es imprevisible durante la vida útil de la estructura, es debido a esto que su factor de carga es mayor al de la carga muerta, el factor de carga muerta tiene un valor menor debido a que la carga muerta de una estructura puede ser determinada con mayor exactitud que la carga viva.

Existen diferentes combinaciones de carga, los mismos que se encuentran indicados en el código ACI 318-14 en el capítulo 5.3, como en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC_SE_CG_2015) en el capítulo 3.4. La combinación de carga utilizada para el diseño de losas es el siguiente:

$$U = 1.2 D + 1.6 L$$

Donde:

U = Carga última requerida.

D = Carga muerta.

L = Carga Viva

En el diseño de losas no se considera la carga por sismo esto se debe a que las losas son diseñadas a flexión y la función que cumple la losa ante una acción sísmica no es la de absorber carga, su función es la de transmitir la carga a los elementos estructurales como son vigas y columnas, es decir la carga sísmica es solo transmitida a través de la losa hacia las vigas y las columnas.

2.1.6. Especificaciones de Diseño.

El Ecuador se encuentra localizado en una zona calificada de alto riesgo sísmico, es debido a esto que el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), ente rector de las políticas de hábitat y vivienda a nivel nacional realizó un proceso de actualización de la Normativa Técnica referente a la seguridad Estructural de las

Edificaciones (CEC 2001), de esta manera se crea La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), para poder dar una mejor respuesta a la demanda que exige la sociedad en cuanto a una mejor calidad y seguridad en las edificaciones.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Estructuras de Hormigón Armado (NEC_SE_HM_2015), habla sobre el diseño de losas, el mismo que dice: “Los diseños de losas se realizarán conforme a los capítulos 13 y 19 del Código ACI 318 (American Concrete Institute)”.

El Instituto Americano del Concreto, por sus siglas en inglés (ACI), es una organización sin fines de lucro que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto reforzado, el mismo que tiene su sede central en Farmington Hills, Michigan, Estados Unidos.

El American Concrete Institute (ACI 318-14) en su capítulo ocho (Código ACI 8.2.1) dice: “Un sistema de losa se puede diseñar mediante cualquier procedimiento que cumpla con las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica, siempre que la resistencia de diseño en cada sección sea al menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplan todos los requisitos de funcionamiento”. [4]

En el diseño de losas nervadas bidireccionales se plantea la utilización del método de Marcus el mismo que en 1963 fue adoptado por el código ACI con el nombre de 3 ACI, el cual fue ampliamente utilizado en Europa y después introducido en los Estados Unidos. Este método desde su introducción en el código ACI ha sido ampliamente utilizado para el diseño de losas apoyadas en los bordes por muros, vigas de acero o vigas monolíticas de hormigón. El método de Marcus presenta nueve tipos de continuidades de tableros para la determinación de los momentos máximos y mínimos que se producen en la losa. A pesar de que este método no formó parte del código ACI de 1977 o de versiones posteriores su empleo es aceptado por el código actual, bajo la disposición del artículo 8.2.1 del código ACI-2014 el mismo que permite diseñar un sistema de losa utilizando cualquier método que satisfaga las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica.

Las losas nervadas unidireccionales serán diseñadas como viga T, esto se debe a que la losa al ser colada monolíticamente los nervios y la loseta de compresión trabajan de

manera conjunta para resistir la carga, donde los nervios son el alma de la viga y la loseta de compresión es el patín, el código ACI-2014 en su artículo 9.2.4.1 señala que; una viga para ser considerada de sección T, el ala y el alma deben ser construidas monolíticamente o deben estar efectivamente unidas entre sí. Este método de diseño es aceptado por el código actual ACI-2014 ya que su artículo 8.2.1 señala que se puede emplear cualquier método de diseño siempre que se satisfaga las condiciones de equilibrio y de compatibilidad geométrica.

En el diseño de losas macizas unidireccionales y bidireccionales se utilizará el método de cálculo señalado en el capítulo 6.5 del código ACI-2014, este es el método de los coeficientes ACI el mismo que permite calcular momentos y cortantes para cargas gravitacionales.

2.1.6.1.Diseño de Losas Macizas.

2.1.6.1.1. Losas Macizas Unidireccionales.

Su comportamiento estructural es básicamente como el de vigas anchas, se considera que la losa se encuentra formada por una serie de vigas paralelas de ancho unitario (frangas unitarias), si la carga aplicada es uniforme todas las frangas reciben la misma carga y sufrirán la misma flexión, es decir los momentos flectores que se producen son los mismos en todas las frangas que se extienden en la dirección corta de la losa.

El método de cálculo empleado para el diseño de losas macizas unidireccionales es el “Método de los Coeficientes ACI”, el mismo que se encuentra en el capítulo 6.5 del código ACI 318-14, este método considera a la losa como una viga continua de un metro de ancho con una carga uniformemente distribuida.

El método permite calcular los momentos y los cortantes para cargas gravitacionales, siempre que se cumpla las condiciones siguientes:

- a) Los miembros son prismáticos.
- b) Las cargas están uniformemente distribuidas.
- c) Carga viva ≤ 3 Carga Muerta.
- d) Haya dos o más vanos.

- e) La luz del mayor de dos vanos adyacentes no excede en más de 20% la luz del menor

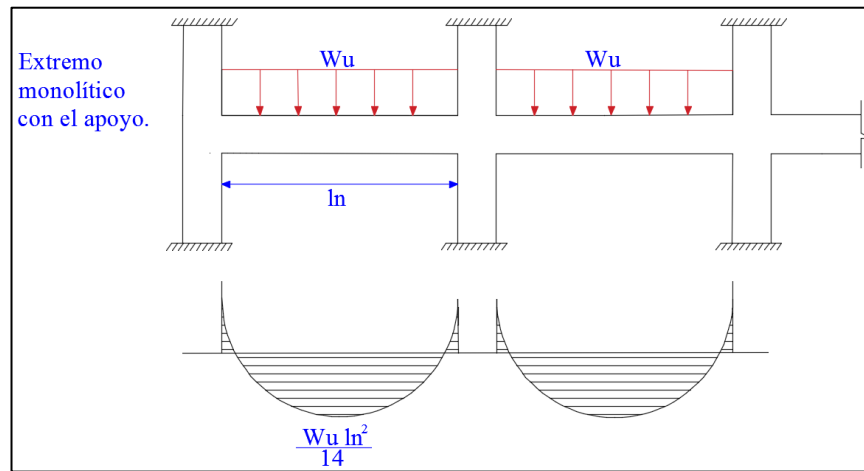
La determinación de los valores de momentos (M_u) y cortantes (V_u) se los realiza mediante el uso de las siguientes tablas.

Tabla 4. Momentos aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección.

Momento	Localización	Condición	M_u
Positivo	Vanos extremos.	Extremo discontinuo monolítico con el apoyo.	$W_u l_n^2/14$
		El extremo discontinuo no está restringido.	$W_u l_n^2/11$
	Vanos interiores.	Todos.	$W_u l_n^2/16$
Negativo	Cara interior de los apoyos exteriores.	Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo.	$W_u l_n^2/24$
		Miembros construidos monolíticamente con columna como apoyo.	$W_u l_n^2/16$
	Cara exterior del primer apoyo interior.	Dos vanos.	$W_u l_n^2/9$
		Más de dos vanos.	$W_u l_n^2/10$
	Las demás caras de apoyos.	Todas.	$W_u l_n^2/11$
	Cara de todos los apoyos que cumplan (a) o (b)	(a) Losas con luces que no excedan de 10 pies. (b) Vigas en las cuales la relación entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del vano.	$W_u l_n^2/12$

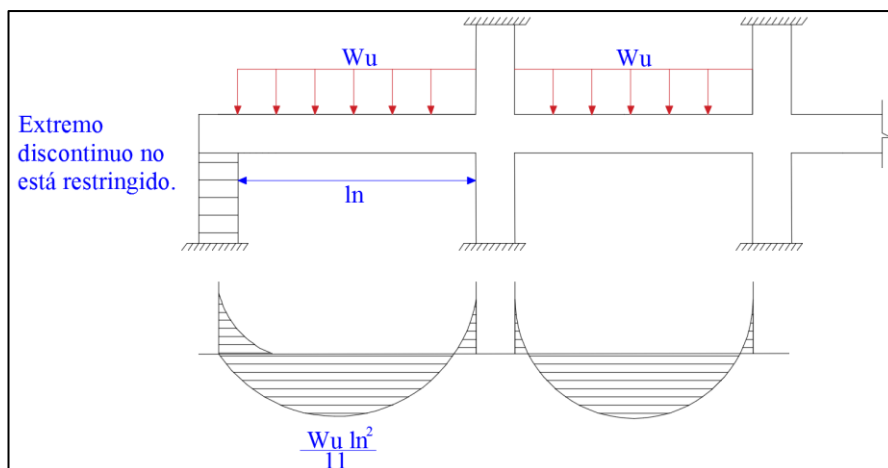
Fuente: Código ACI 318-14.

Gráfico 6. Vano Extremo discontinuo monolítico con el apoyo.



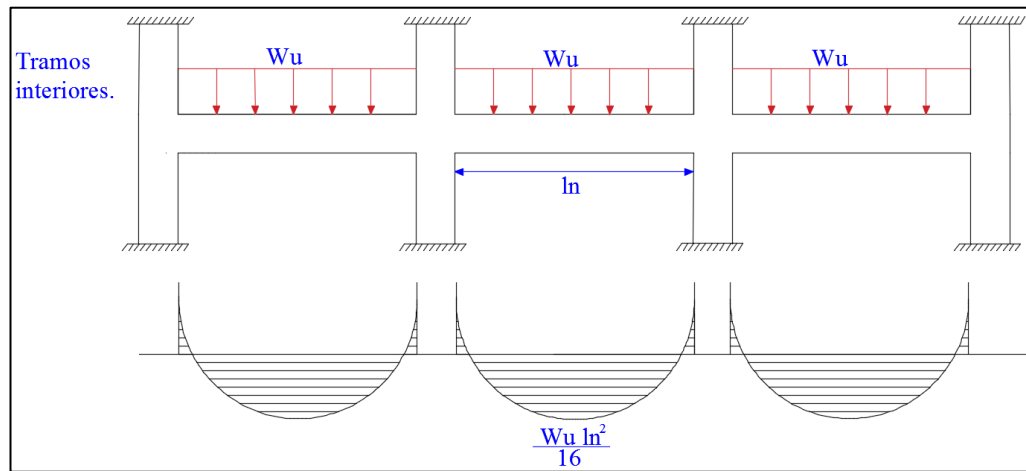
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 7. Vano Extremo discontinuo no está restringido.



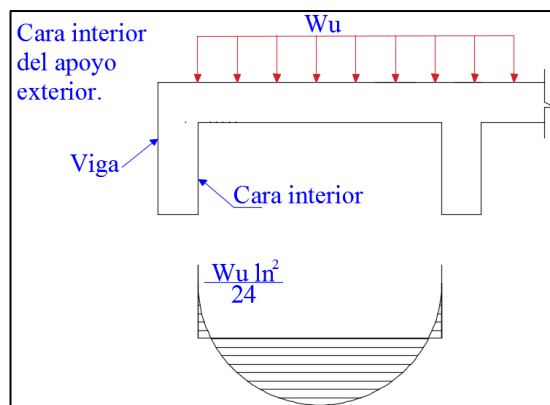
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 8. Vanos Interiores.



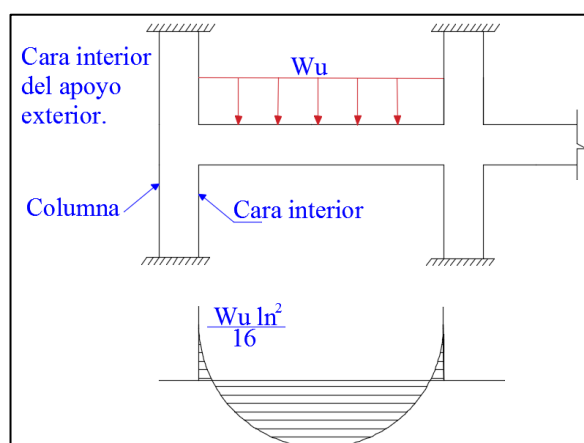
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 9. Miembros construidos monolíticamente con viga dintel de apoyo.



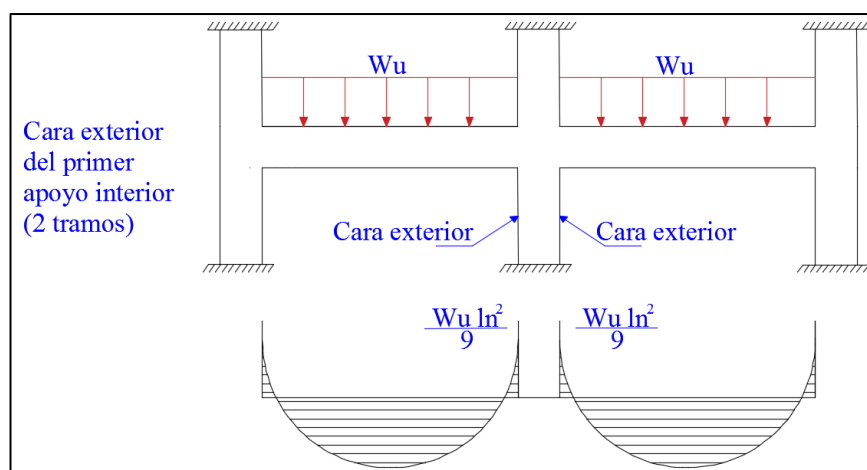
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 10. Miembros contruidos monolíticamente con columna como apoyo.



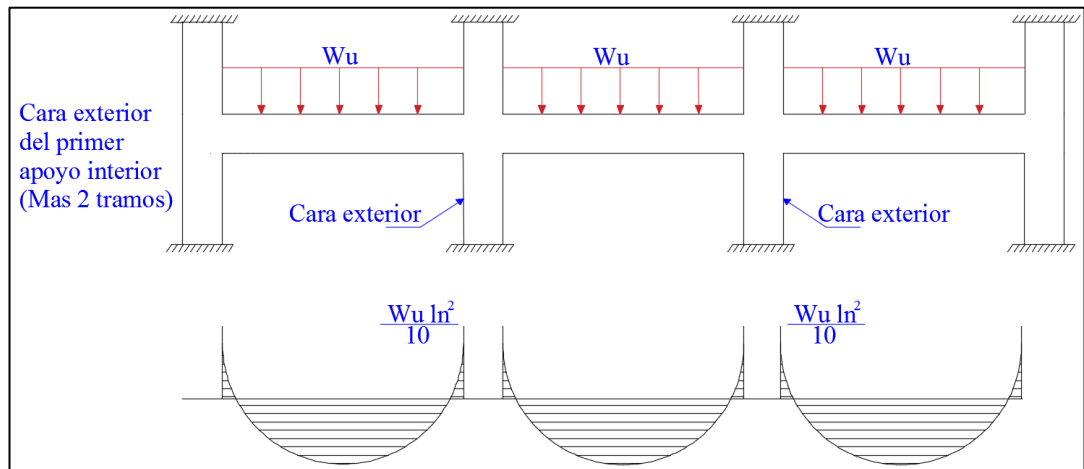
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 11. Cara exterior primer apoyo interior, dos tramos.



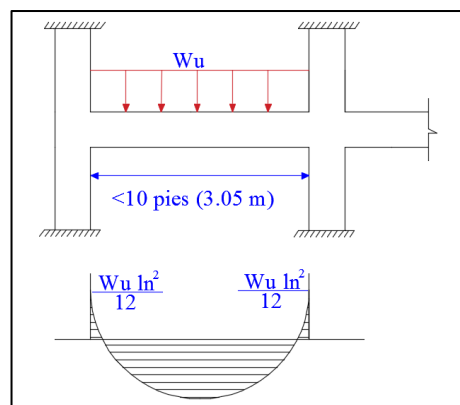
Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 12. Cara exterior primer apoyo interior, más de dos tramos.



Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 13. Cara de apoyos con luces menores a 3.05 metros.



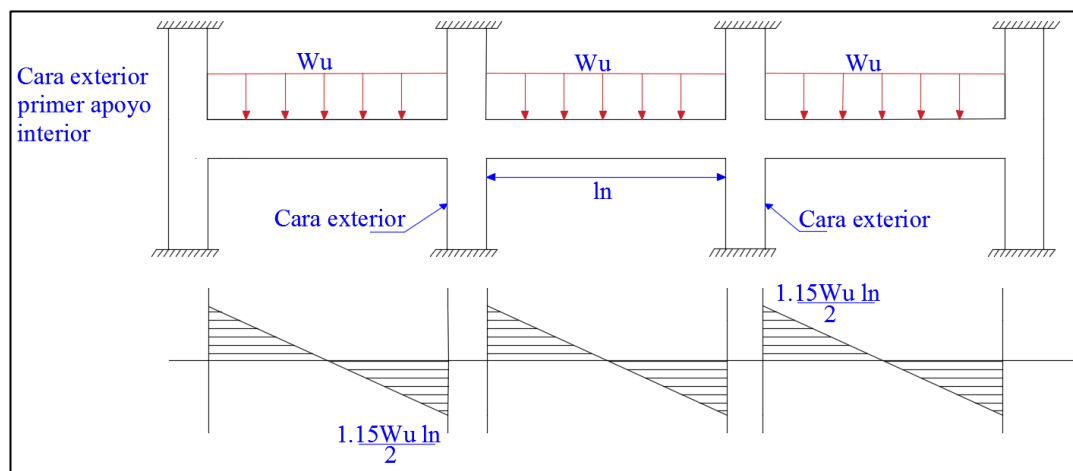
Fuente: Zambrano Luis.

Tabla 5. Cortantes aproximados para vigas continuas no preesforzadas y losas en una dirección.

Localización	Vu
Cara exterior del primer apoyo interior.	$1.15W_u l_n/2$
Cara de todos los demás apoyos.	$W_u l_n/2$

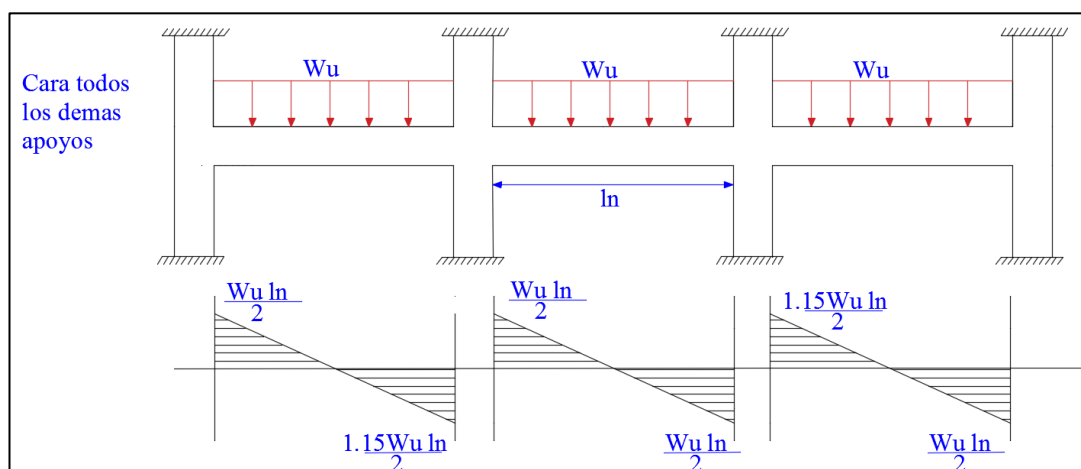
Fuente: Código ACI 318-14.

Gráfico 14. Cara exterior del primer apoyo interior.



Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 15. Cara de todos los demás apoyos.



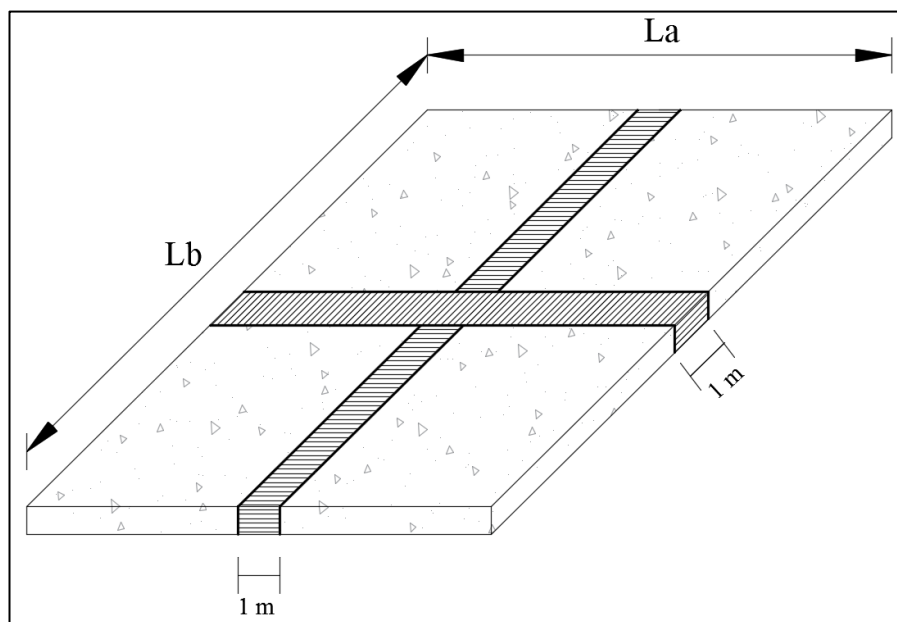
Fuente: Zambrano Luis.

2.1.6.1.2. Losas Macizas Bidireccionales.

Su comportamiento estructural es similar al de las losas macizas unidireccionales, con la diferencia que en esta tipología de losas los esfuerzos y deformaciones se producen en ambas direcciones, por lo que su análisis y diseño se debe realizar tanto en la dirección corta como en la dirección larga. Cuando la losa es cuadra los momentos que se producen en un sentido son iguales a los del otro sentido, mientras que si la geometría de la losa es rectangular los momentos que se generan en el lado corto son mayores a los del lado largo.

El método de cálculo empleado para el diseño de losas macizas bidireccionales, es el mismo que se utiliza en losas unidireccional el “Método de los Coeficientes ACI”, para el análisis de la losa, se consideran dos vigas continuas de un metro de ancho con una carga uniformemente distribuida, una en el claro más largo y otra en el claro más corto.

Gráfico 16. Losa Maciza Bidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

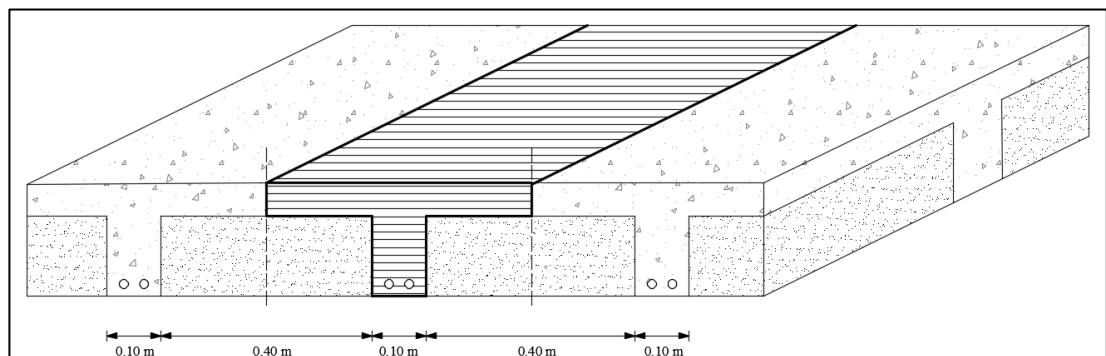
2.1.6.2. Diseño de Losas Alivianadas.

2.1.6.2.1. Losas Alivianadas Unidireccional.

Las losas alivianadas consisten en una combinación monolítica de nervaduras regularmente espaciadas y una loseta de compresión en la parte superior de la losa.

El análisis y diseño de una losa nervada unidireccional se lo realiza considerando a la losa como una viga de sección T, esto debido a que la losa se comporta esencialmente como vigas. Las vigas T se producen cuando existe un sistema conjunto trabajando monolíticamente, es decir cuando el nervio y la loseta de compresión trabajando de manera conjunta para resistir la carga a la que se encuentra sometida.

Gráfico 17. Sección T, Losa Nervada Unidireccional.

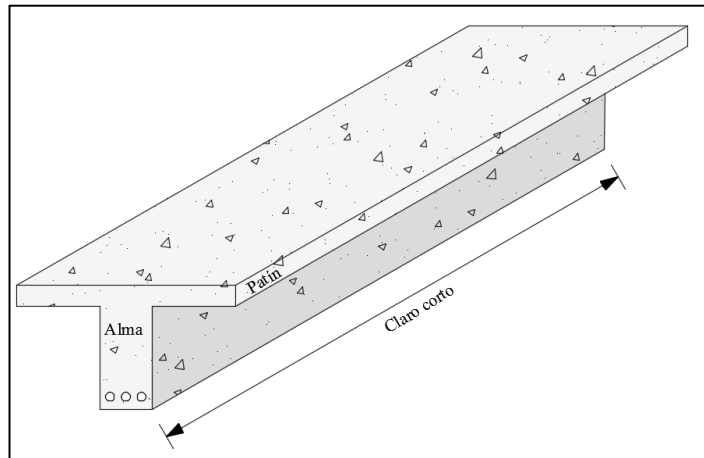


Fuente: Zambrano Luis.

Para el diseño y análisis de la viga T, a la sección de la loseta de compresión que colabora con el nervio se la denomina patín y al nervio se le considera el alma, el largo de la viga es considerado de apoyo a apoyo en el sentido más corto de la losa y el ancho es de 0.5 m, considerando que los alivianamientos son de 0.4 m y el nervio de 0.1 m.

En el diseño de vigas T se encuentran dos casos diferentes, el más común es el primer caso cuando el ala se encuentra comprimida, en este caso se diseña como una viga rectangular y el segundo caso en el que el ala y parte del alma se encuentran comprimidas, para este caso se diseña como una viga T.

Gráfico 18. Partes de la Sección T, Losa Nervada Unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

2.1.6.2.2. Losas Alivianadas Bidireccionales.

La determinación de los momentos que se generan en losas alivianadas bidireccionales con diferentes condiciones de continuidad en los bordes es matemáticamente muy compleja, es debido a esto que se han adoptado varios métodos simplificados para la determinación de los mismos. Entre los métodos simplificados para el cálculo y diseño de losas alivianadas en dos direcciones tenemos el de “Marcus”, muy utilizado antes de la aparición de los computadores, este método es ampliamente utilizado para el cálculo de losas alivianadas rectangulares sometidas a carga uniforme.

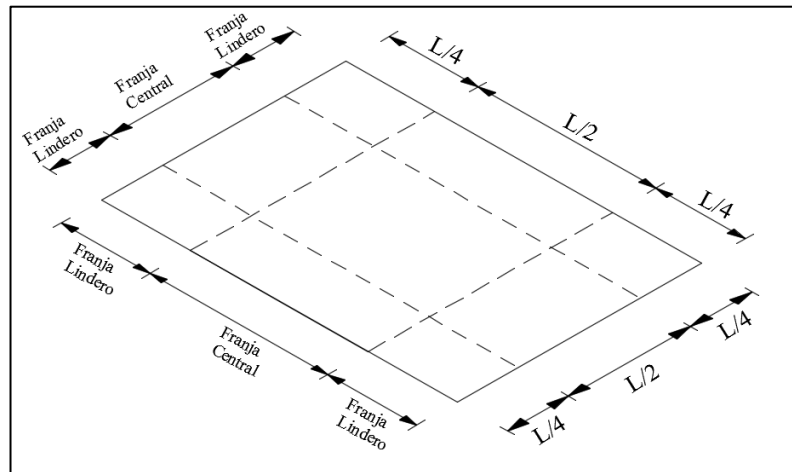
El método de Marcus consiste en considerar que la losa se encuentra formada por dos franjas de ancho unitario (longitudinal y transversal), la carga que actúa en la losa debe ser repartida entre las dos franjas. Para el cálculo de los valores de momentos el método de Marcus cuenta con varias tablas en las que se encuentran diferentes fórmulas para la determinación de los momentos, estas tablas se encuentran en función del tipo de continuidad que posee el tablero, así como de ϵ (Luz Larga / Luz Corta). Las tablas mencionadas pueden encontrarse en todos los libros de hormigón armado de origen Alemán.

El código ACI 318-14 en su capítulo 8 “Losas en dos direcciones” en el artículo 8.4.1.5 dice “Una franja de columna es una franja de diseño con un ancho a cada lado del eje

de la columna igual a $0.25L_2$ ó $0.25L_1$, el que sea menor. Las franjas de columna deben incluir las vigas dentro de la franja, si las hay”. [4]

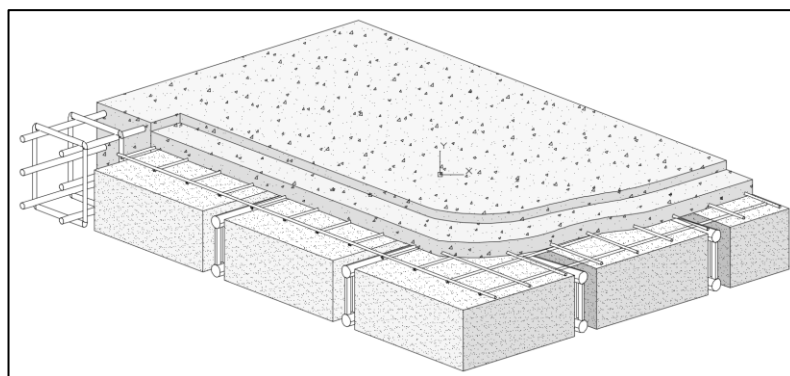
Es decir, para el diseño de la losa cada tablero debe dividirse, en ambas direcciones, en una franja central con un ancho igual a la mitad del tablero y en dos franjas de lindero con un ancho igual al cuarto del ancho del tablero. Los momentos que se generan en la franja central son mayores a los de las franjas de lindero, debido a esto el método establece que la franja central se diseña para el momento de diseño total, mientras que en las franjas de lindero se disminuye desde su valor máximo en la franja central, hasta un tercio de su valor.

Gráfico 19. Franjas de tablero.



Fuente: Zambrano Luis

Gráfico 20. Losa Alivianada Bidireccional.



Fuente: Zambrano Luis

2.2.HIPÓTESIS.

El software desarrollado para el cálculo y diseño de losas macizas y nervadas permite la optimización del tiempo y precisión de cálculo y diseño.

2.3.SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS.

Variable independiente.

Software.

Variable dependiente.

Cálculo y diseño de losas macizas y nervadas.

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1.NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La investigación que se aplica al presente trabajo es de tipo “Aplicada”, debido a que la misma tiene un propósito práctico bien definido, es decir, se investiga para realizar una mejora tecnológica mediante el desarrollo de un software para facilitar y agilizar el cálculo y diseño de losas macizas y nervadas.

Los niveles de investigación que se aplicarán para la realización del presente trabajo de investigación son:

- Exploratorio
- Descriptivo

Nivel Exploratorio.

En la presente investigación se aplicará el nivel exploratorio debido a que se plantea la recolección de información teórica referente al tema que se está investigando para su posterior aplicación, es decir se buscan los diferentes métodos de cálculo y diseño de losas que se encuentren aprobados por normas técnicas nacionales e internacionales y que nos permitan realizar el diseño de la losa y lograr disminuir la posibilidad de cometer errores mediante el uso de un software, errores que se pueden producir al realizar los cálculos de una manera manual.

Nivel Descriptivo.

En este nivel de investigación se procederá a recolectar información de los procesos de programación de softwares en MatLab y de los métodos de cálculo y diseño de losas que se encuentran vigentes y que son aceptados en normas técnicas nacionales e internacionales, para llegar al desarrollo del tema de investigación y así realizar la codificación en Matlab de los métodos de cálculo escogidos para lograr automatizar el proceso de cálculo de momentos, cortantes y deflexiones que se producen en las losas, con lo que se realizara el diseño de las mismas.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1. Población.

La población para la presente investigación engloba los datos necesarios para el diseño de una losa, es decir las diferentes condiciones de continuidad que pueden tener los tableros, así como los estados de carga que actúan en la losa.

3.2.2. Muestra.

Para el desarrollo de esta investigación se ha considerado como muestra los siguientes elementos:

Estados de Carga.

- Viva
- Muerta

Condiciones de continuidad de tableros.

- Librementemente apoyada en su contorno.
- Borde mayor empotrado.
- Borde menor empotrado.
- Los dos bordes mayores empotrados.
- Los dos bordes menores empotrados.
- Los bordes adyacentes empotrados.
- Los dos bordes mayores y uno menor empotrado.
- Los dos bordes menores y uno mayor empotrado.
- Los cuatro bordes empotrados.

Propiedades de los materiales.

- Esfuerzo a compresión del hormigón (f'_c).
- Esfuerzo de fluencia del acero (f_y).
- Peso específico del hormigón (γ).
- Módulo de elasticidad del hormigón (E_c).

3.3.OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Variable independiente.

Software

Tabla 6. Variable independiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
Conjunto de procesos e instrucciones proporcionados al ordenador a través de una codificación, mediante un lenguaje de programación, para resolver cálculos y ejecutar tareas de una manera más ágil y sencilla.	Codificación	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos • Etapas 	¿Cuáles son los procesos y etapas de codificación?	Investigación bibliográfica.
	Lenguaje de programación	Lenguajes informáticos	¿Qué lenguaje de programación es el más adecuado para desarrollar el software de cálculo y diseño de losas?	Investigación bibliográfica.
	Agilizar y facilitar los procesos de cálculo	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidez • Eficacia 	¿Cómo el software facilita y optimiza el tiempo?	Observación, Verificación del software.

Fuente: Zambrano Luis.

Variable dependiente.

Cálculo y diseño de losas macizas y nervadas.

Tabla 7. Variable dependiente.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumento
Las losas son elementos estructurales de concreto armado que junto con las vigas forman el entrepiso, estas pueden ser macizas o nervadas	Losa maciza	Tipo de armado	¿De qué depende el tipo de armado de las losas macizas?	Bibliografía, Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, Código ACI 318-14.
		Método de cálculo y diseño.	¿Qué método utilizar para el diseño de la losa?	Bibliografía, Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, Código ACI 318-14.
	Losa nervada	Tipo de armado	¿De qué depende el tipo de armado de las losas nervadas?	Bibliografía, Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, Código ACI 318-14.
		Método de cálculo y diseño.	¿Qué método utilizar para el diseño de la losa?	Bibliografía, Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015, Código ACI 318-14.

Fuente: Zambrano Luis.

3.4.PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

Tabla 8. Plan de recolección de información.

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	<ul style="list-style-type: none">- Para mejorar la comprensión del diseño de losas, así como para optimizar el tiempo empleado en el cálculo y diseño.
2. ¿De qué personas u objetos?	<ul style="list-style-type: none">- De losas macizas y nervadas, unidireccionales y bidireccionales sometidas a cargas uniformemente distribuidas con diferentes condiciones de continuidad en los bordes de los tableros.
3. ¿Sobre qué aspectos?	<ul style="list-style-type: none">- Cálculo y diseño de losas macizas y nervadas.
4. ¿Quién?	<ul style="list-style-type: none">- Zambrano Salazar Luis Leonardo.
5. ¿A quiénes?	<ul style="list-style-type: none">- Losas macizas y nervadas.
6. ¿Dónde?	<ul style="list-style-type: none">- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
7. ¿Cómo?	<ul style="list-style-type: none">- Investigación bibliográfica.- Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015)- American Concrete Institute (ACI 318-14)

Fuente: Zambrano Luis.

3.5.PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), es la normativa técnica vigente en el país y debe ser ejecutada de forma obligatoria como lo establece el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), es así que para el diseño de losas la NEC en su capítulo de Estructuras de Hormigón Armado (NEC_SE_HM_2015), dice: “Los diseños de losas se realizarán conforme a los capítulos 13 y 19 del Código ACI 318 (American Concrete Institute)”.

El American Concrete Institute (ACI 318-14) en su capítulo ocho (Código ACI 8.2.1) dice: “Un sistema de losa se puede diseñar mediante cualquier procedimiento que cumpla con las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica, siempre que la resistencia de diseño en cada sección sea al menos igual a la resistencia requerida, y que se cumplan todos los requisitos de funcionamiento”. [4]

En el diseño de losas nervadas bidireccionales se utiliza el Método de Marcus el mismo que en 1963 fue adoptado por el código ACI con el nombre de 3 ACI, aunque no formo parte del código ACI de 1977 o de versiones posteriores se puede emplear este método bajo la disposición del código actual (Código ACI-2014 8.2.1), el mismo que permite diseñar un sistema de losa utilizando cualquier método que satisfaga las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica.

Las losas nervadas unidireccionales se diseñan como viga T, ya que es el conjunto de dos elementos una viga y una losa trabajando monolíticamente, de acuerdo con el código ACI 2014 (9.2.4.1) para que una viga sea considerada de sección T el ala y el alma deben ser construidas monolíticamente o deben estar efectivamente unidas entre sí. Este método de diseño es aceptado por el código actual (Código ACI-2014 8.2.1), ya que permite diseñar un sistema de losa utilizando cualquier método que satisfaga las condiciones de equilibrio y compatibilidad geométrica.

Para el diseño de losas macizas unidireccionales y bidireccionales se emplea el método de cálculo de los coeficientes ACI mencionado en el capítulo seis del código ACI 2014 (6.5), el mismo que permite calcular momentos y cortantes para cargas gravitacionales.

CAPÍTULO IV.

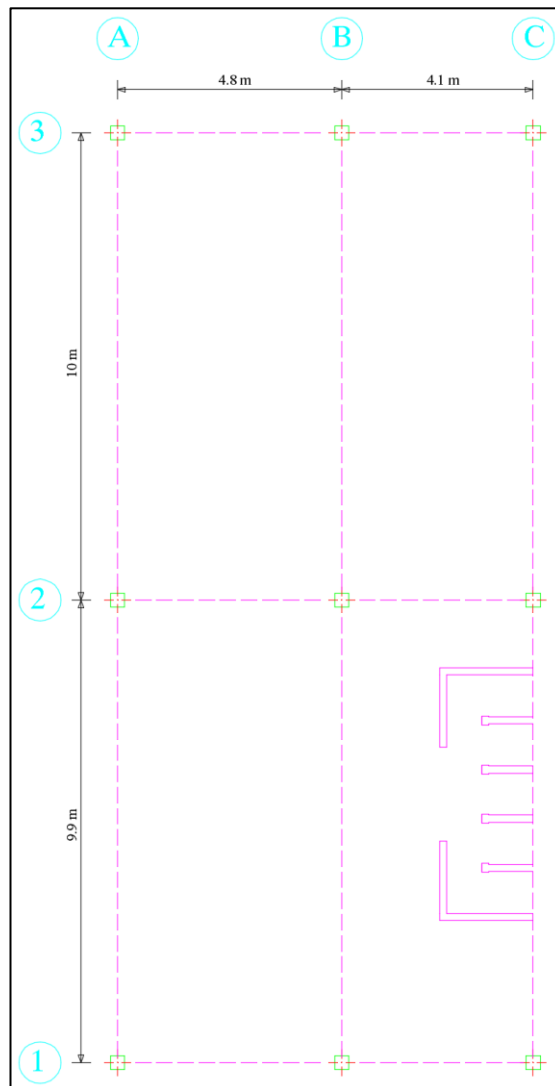
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.RECOLECCIÓN DE DATOS.

4.1.1. Losa Maciza Unidireccional.

El proyecto consiste en una estructura de dos pisos con una altura libre de entrepiso de 3.40 metros, contemplándose un sistema de pórticos especiales en Hormigón Armado con vigas descolgadas. La estructura tendrá un uso exclusivo de parqueaderos.

Gráfico 21. Planta arquitectónica del parqueadero.

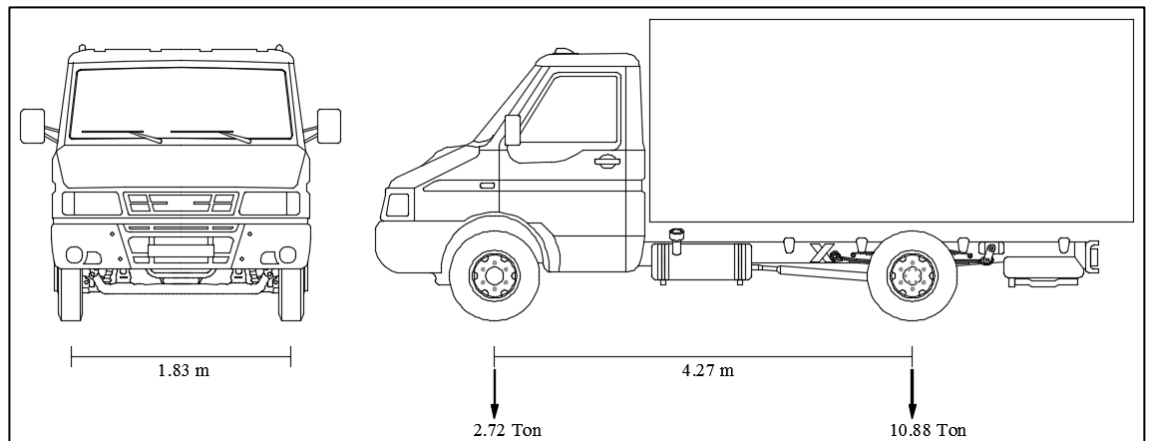


Fuente: Zambrano Luis.

4.1.1.1.Resolución manual.

- Cálculo de carga viva (CV).

Gráfico 22. Camión de diseño H15-44.



Fuente: Norma AASHTO 2012.

Carga por impacto: 30%

Peso Camión: 13.6 Ton

- Carga = Peso Camión * Carga por impacto

$$\text{Carga} = 13600 \text{ Kg} * 1.3$$

$$\text{Carga} = 17680 \text{ Kg}$$

- Área = 1.83 m * 4.27 m

$$\text{Área} = 7.81 \text{ m}^2$$

- $CV = \frac{\text{Carga}}{\text{Área}}$

$$CV = \frac{17680 \text{ Kg}}{7.81 \text{ m}^2}$$

$$CV = 2263.76 \text{ Kg/m}^2$$

- Determinación del espesor de losa.

Tabla 9. Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas.

Condición de apoyo	h mínimo
Simplemente apoyadas	L/20
Un extremo continuo	L/24
Ambos extremos continuos	L/28
En voladizo	L/10

Fuente: Código ACI 318-14.

El tablero con la luz más larga se encuentra ubicado en una esquina, por lo que únicamente cuenta con un extremo continuo.

$$h = \frac{L}{24} \quad \text{Ec.1}$$

$$h = \frac{10 \text{ m}}{24}$$

$$h = 0.41 \text{ m} \cong 0.40 \text{ m}$$

Como el espesor es demasiado grande, se debe colocar una viga secundaria para poder reducirlo.

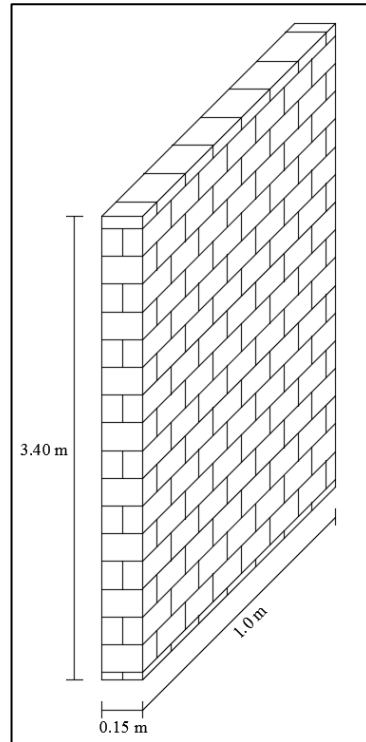
$$h = \frac{L}{28} \quad \text{Ec.2}$$

$$h = \frac{5 \text{ m}}{28}$$

$$h = 0.18 \text{ m} \cong 0.20 \text{ m}$$

- Cálculo de peso de pared.

Gráfico 23. Pared Completa, Ejercicio 1.



Fuente: Zambrano Luis.

$$\text{Peso pared } \text{kg/m} = 1.0\text{m} * 0.15\text{m} * 3.40\text{m} * 1900\text{kg/m}^3 = 969\text{kg/m}$$

Se mide todos los metros de pared que se encuentran sobre el tablero

$$\text{Longitud total de pared} = (2 * 1.4\text{m}) + (4 * 0.60\text{m}) + (2 * 1.0\text{m})$$

$$\text{Longitud total de pared} = 7.2 \text{ m}$$

$$\text{Peso total de pared} = P.\text{pared} * \text{Long.pared} \quad \text{Ec.3}$$

$$\text{Peso total de pared} = 969\text{kg/m} * 7.2\text{m}$$

$$\text{Peso total de pared} = 6976.8 \text{ kg}$$

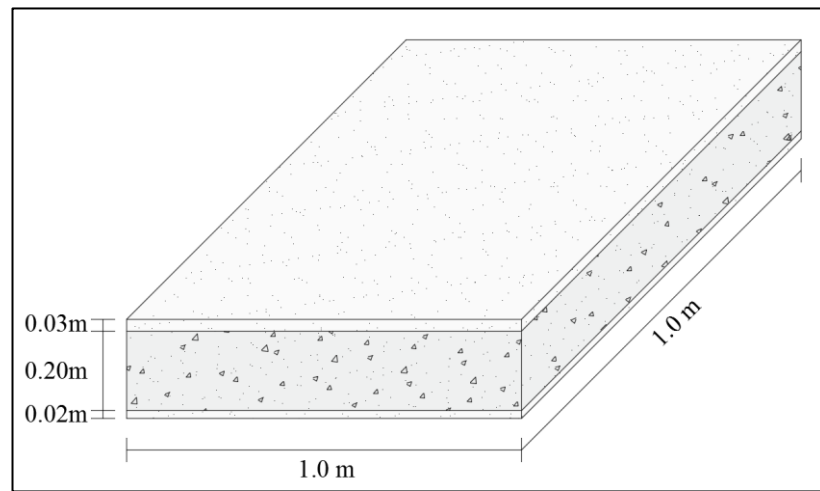
$$\Delta P = \frac{\text{Peso total de pared}}{\text{Area del tablero}} \quad \text{Ec.4}$$

$$\Delta P = \frac{6976.8 \text{ kg}}{4.10\text{m} * 9.90\text{m}}$$

$$\Delta P = 172 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo del peso de losa.

Gráfico 24. Losa maciza de 1m².



Fuente: Zambrano Luis.

$$P. \text{Losa} = 1\text{m} * 1\text{m} * \text{espesor losa} * \text{densidad del hormigón}$$

$$P. \text{Losa} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.20\text{m} * 2400 \text{ Kg/m}^2 = 480 \text{ Kg/m}^2$$

- Cálculo del peso del acabado de losa.

$$P. \text{Macilla} + \text{enlucido} = 1\text{m} * 1\text{m} * \text{espesor acabado} * \text{densidad del mortero}$$

$$P. \text{Macilla} + \text{enlucido} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.05 * 1900 \text{ Kg/m}^2 = 95 \text{ Kg/m}^2$$

- Cálculo de la carga última.

Tramo A-B

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 95 \text{ Kg/m}^2 = 575 \text{ Kg/m}^2$

Carga viva (CV): 2263.76 Kg/m^2

$$qu = 1.2CM + 1.6CV \quad \text{Ec.5}$$

$$qu = 1.2(575 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(2263.76 \text{ Kg/m}^2)$$

$$qu = 4312.02 \text{ Kg/m}^2$$

Tramo B-C

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 95 \text{ Kg/m}^2 + 172 \text{ Kg/m}^2 = 747 \text{ Kg/m}^2$

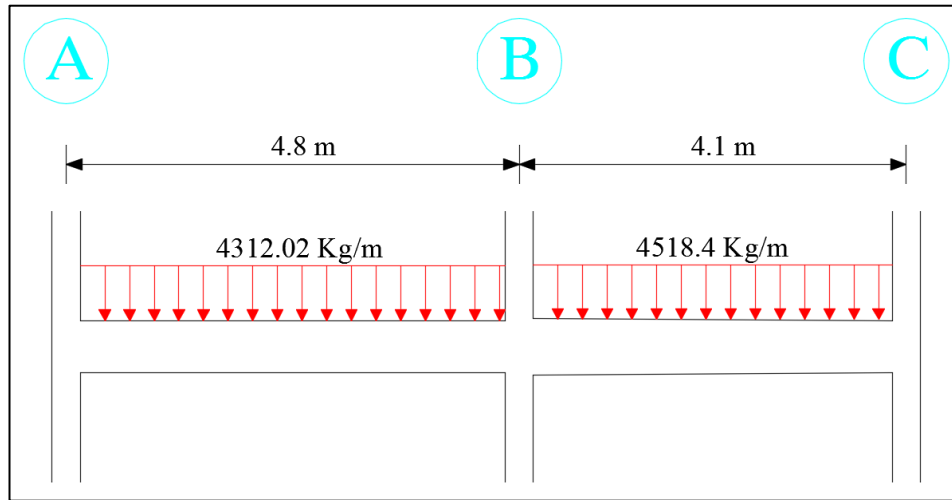
Carga viva (CV): 2263.76 Kg/m^2

En base a la Ecuación 5.

$$qu = 1.2(747 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(2263.76 \text{ Kg/m}^2)$$

$$qu = 4518.4 \text{ Kg/m}^2$$

Gráfico 25. Carga distribuida en la losa maciza unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Determinación del tipo de losa.

Por su geometría

Claro largo: 10.0 m

Claro corto: 4.1 m

$$\frac{\text{Luz larga}}{\text{Luz corta}} > 2 \rightarrow \text{Losa Unidireccional} \quad \text{Ec.6}$$

$$\frac{10.0 \text{ m}}{4.1 \text{ m}} = 2.44 \rightarrow \text{Losa Unidireccional}$$

Por la carga

Carga viva (CV): 2263.76 Kg/m²

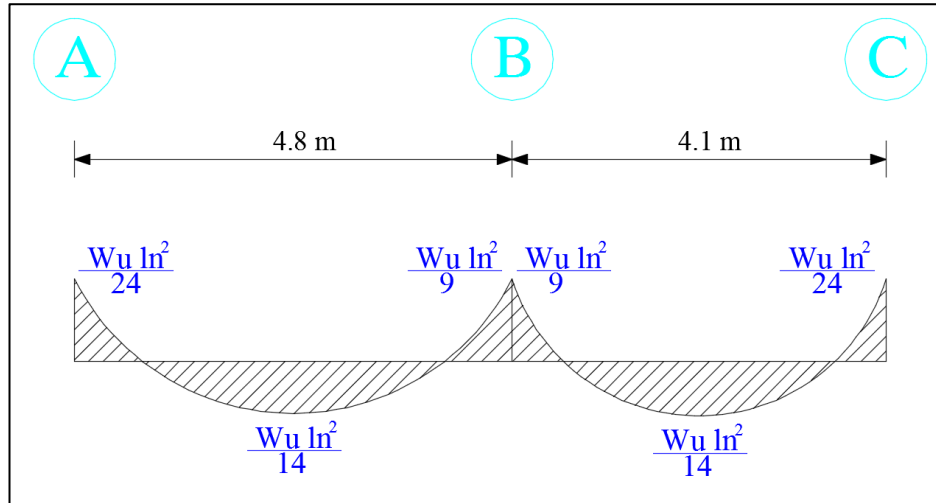
Carga muerta (CM): 747 Kg/m²

$$\text{Carga Viva} > 3 \text{ Carga Muerta} \rightarrow \text{Losa Maciza} \quad \text{Ec.7}$$

$$2263.76 \text{ Kg/m}^2 > 2241 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \text{Losa Maciza}$$

- Cálculo de momentos.

Gráfico 26. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 1.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo A-B

$$\frac{W_u * \ln^2}{24} = \frac{4312.02 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{24} = 4139.54 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * \ln^2}{14} = \frac{4312.02 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{14} = 7096.35 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * \ln^2}{9} = \frac{4312.02 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{9} = 11038.77 \text{ Kg} * \text{m}$$

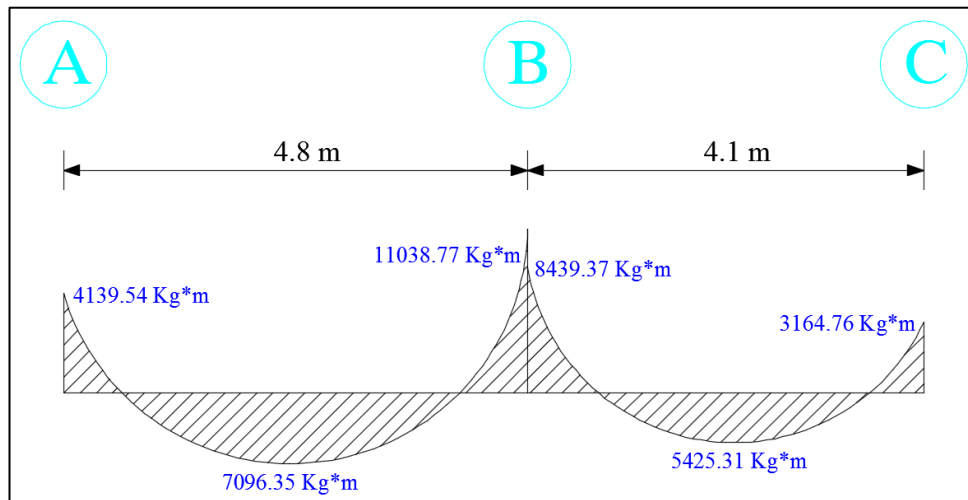
Tramo B-C

$$\frac{W_u * \ln^2}{9} = \frac{4518.4 \text{ Kg/m} * (4.1\text{m})^2}{9} = 8439.37 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * \ln^2}{14} = \frac{4518.4 \text{ Kg/m} * (4.1\text{m})^2}{14} = 5425.31 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * \ln^2}{24} = \frac{4518.4 \text{ Kg/m} * (4.1\text{m})^2}{24} = 3164.76 \text{ Kg} * \text{m}$$

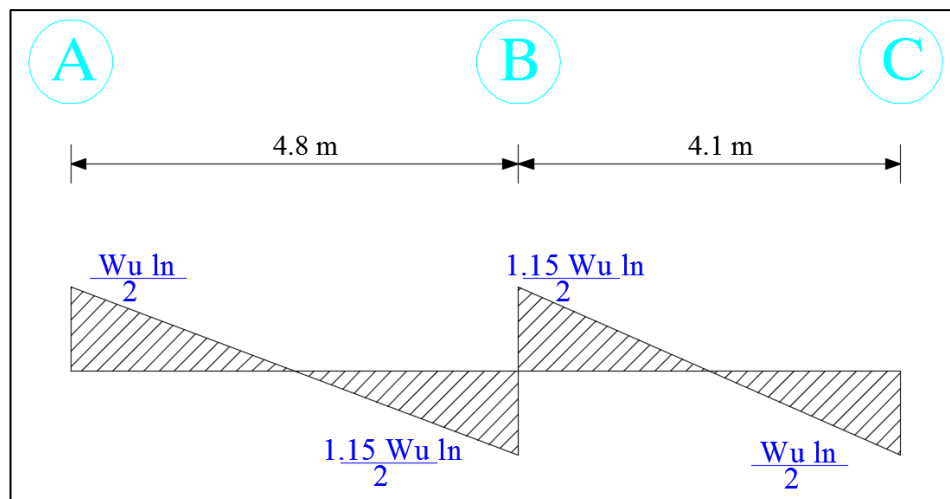
Gráfico 27. Diagrama de momentos, losa maciza unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Cálculo de cortantes.

Gráfico 28. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 1.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo A-B

$$\frac{Wu * ln}{2} = \frac{4312.02 \text{ Kg/m} * 4.8\text{m}}{2} = 10348.85 \text{ Kg}$$

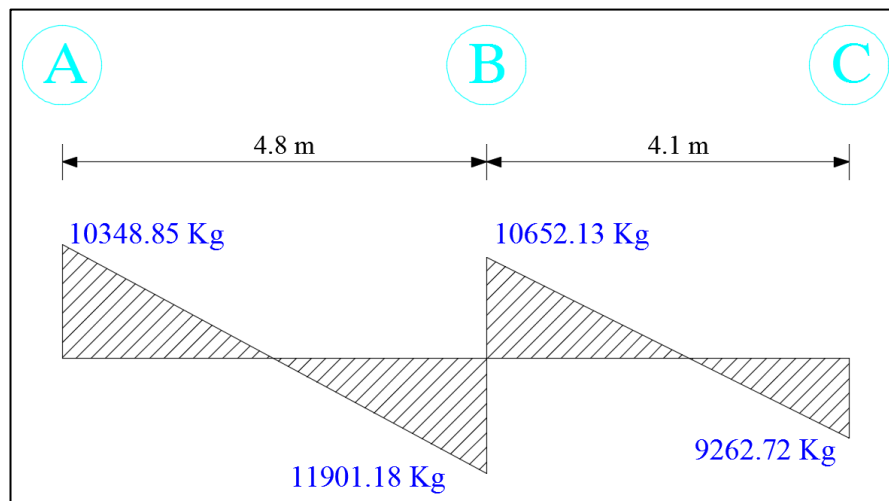
$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 4312.02 \text{ Kg/m} * 4.8\text{m}}{2} = 11901.18 \text{ Kg}$$

Tramo B-C

$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 4518.4 \text{ Kg/m} * 4.1\text{m}}{2} = 10652.13 \text{ Kg}$$

$$\frac{Wu * ln}{2} = \frac{4518.4 \text{ Kg/m} * 4.1\text{m}}{2} = 9262.72 \text{ Kg}$$

Gráfico 29. Diagrama de cortante losa maciza unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Chequeo a flexión.

Recubrimiento (r): 2.5 cm

Espesor de losa (h): 20 cm

Esfuerzo máximo a la compresión del hormigón (f'_c): 240 Kg/cm²

Peralte efectivo asumido.

$$d_{asumido} = h - r \quad \text{Ec.8}$$

$$d_{asumido} = 20 - 2.5$$

$$d_{asumido} = 17.5 \text{ cm}$$

Cuantía de acero máxima.

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.5 \rho_b \rightarrow \text{Condición sísmica} \quad \text{Ec.9}$$

$$\rho_b = 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right) \quad \text{Ec.10}$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * 0.85 * \frac{240 \frac{kg}{cm^2}}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.01224$$

Cuantía mecánica.

$$q = \rho * \frac{f_y}{f'_c} \quad \text{Ec.11}$$

$$q = 0.01224 * \frac{4200 \frac{kg}{cm^2}}{240 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$q = 0.2142$$

Peralte efectivo calculado.

$$k = q - 0.59q^2 \quad \text{Ec.12}$$

$$k = 0.2142 - 0.59 * (0.2142)^2$$

$$k = 0.187$$

$$d_{cal}^2 = \frac{Mu}{\phi * f'c * k * b} \quad \text{Ec.13}$$

$$d_{cal}^2 = \frac{11038.77kg * m * 100}{0.9 * 240 \frac{kg}{cm^2} * 0.187 * 100}$$

$$d_{cal} = 16.53cm$$

Como:

$$d_{cal} < d_{asumido}$$

$$16.53cm < 17.5cm \rightarrow OK$$

No falla a Flexión

- Chequeo a corte.

$$\phi Vn \geq Vu$$

Cálculo del cortante del concreto.

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad \text{Ec.14}$$

$$Vc = 0.53 * \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2}} * 100cm * 17.5cm$$

$$Vc = 14368.77 kg$$

Cálculo resistencia nominal al cortante.

$$Vn = Vc + Vs$$

$$Vn = Vc$$

Nota: Vs es cero porque no se coloca estribos.

$$V_n = 14368.77 \text{ kg}$$

Como:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.85 * 14368.77 \text{ kg} \geq 11901.18 \text{ kg}$$

$$12213.45 \text{ kg} \geq 11901.18 \text{ kg} \rightarrow OK$$

No falla a Corte

- Cálculo de áreas de acero.

Cuantía de acero mínimo.

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \quad \text{Ec.15}$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{4200 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\rho_{\min} = 0.0033$$

Área de acero mínima.

$$A_{s_{\min}} = \rho_{\min} * b * d \quad \text{Ec.16}$$

$$A_{s_{\min}} = 0.0033 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$A_{s_{\min}} = 5.78\text{cm}^2$$

Área de acero máxima.

$$A_{s_{\max}} = \rho_{\max} * b * d \quad \text{Ec.17}$$

$$A_{s_{\max}} = 0.01224 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$A_{s_{\max}} = 21.42\text{cm}^2$$

Áreas de acero.

$$K = 0.85 * f'_c * b * d \quad \text{Ec.18}$$

$$K = 0.85 * 240 \text{ Kg/cm}^2 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$K = 357000 \text{ Kg}$$

$$As = \frac{k}{fy} * \left(1 - \sqrt{\frac{2 * Mu}{\phi * K * d}} \right) \quad \text{Ec.19}$$

$$As = \frac{357000}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 4139.54 \text{ kg} * \text{m} * 100}{0.9 * 357000 * 17.5 \text{ cm}}} \right)$$

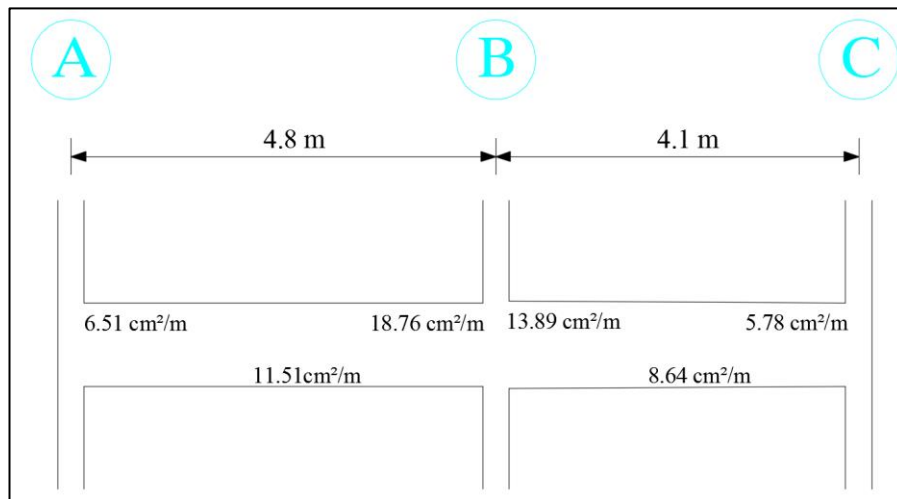
$$As = 6.51 \text{ cm}^2$$

Como:

$$As_{min} \leq As \leq As_{max}$$

$$5.78 \text{ cm}^2 \leq 6.51 \text{ cm}^2 \leq 21.42 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Gráfico 30. Áreas de acero de losa maciza unidireccional.

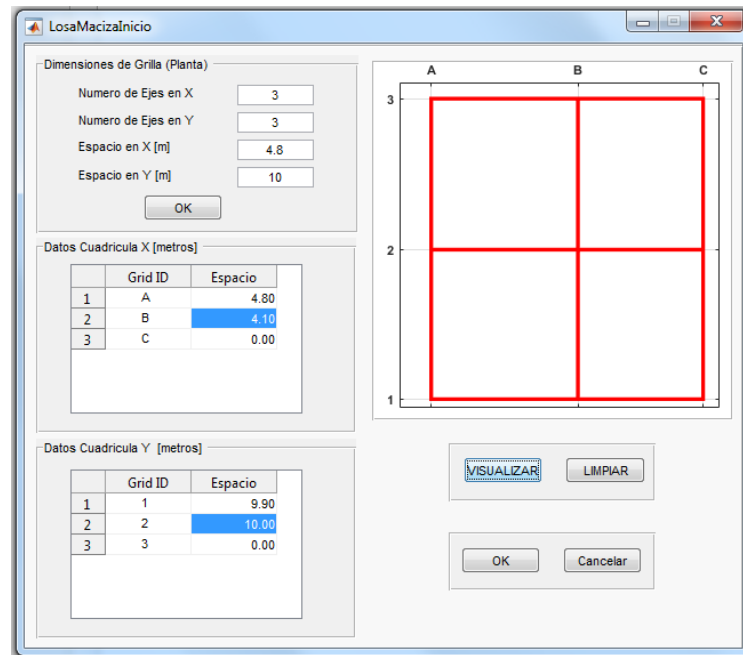


Fuente: Zambrano Luis.

4.1.1.2. Resolución con el software de cálculo y diseño.

- Ingreso del número de ejes y distancias que tiene el modelo que va a ser analizado, las distancias es entre ejes.

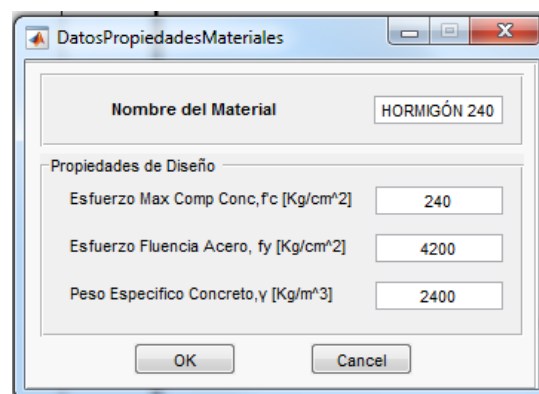
Gráfico 31. Malla de trabajo, Ejercicio 1.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el tipo de material con el que se va a trabajar.

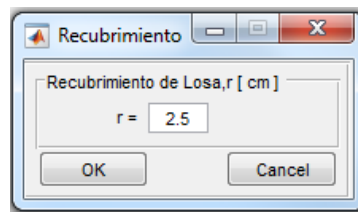
Gráfico 32. Propiedades del material.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el recubrimiento de la losa.

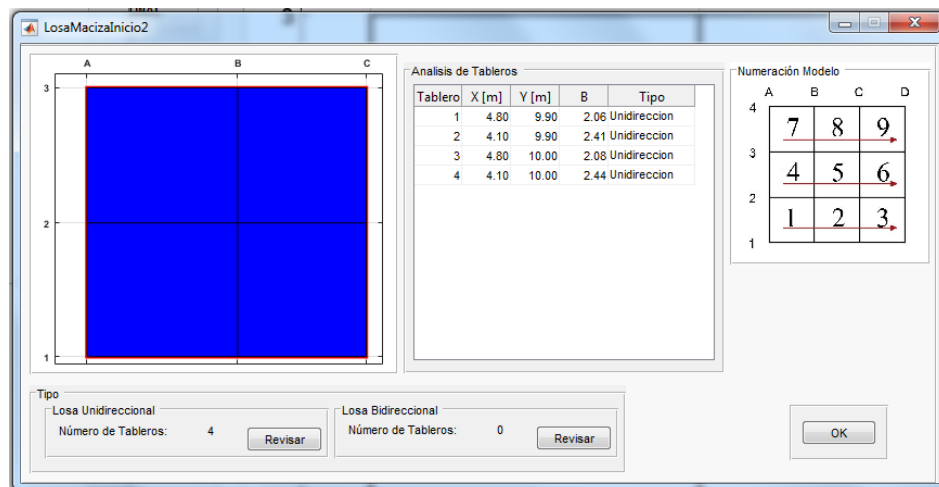
Gráfico 33. Recubrimiento de losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Análisis de los tableros de la losa, determinando de acuerdo a su geometría los que son unidireccionales o bidireccionales.

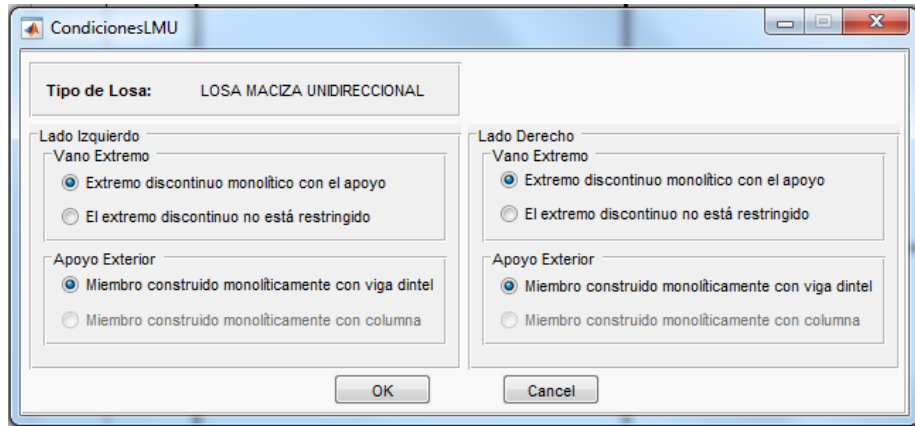
Gráfico 34. Tableros unidireccionales de la losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Selección de las condiciones a las que se encuentra sometida la losa.

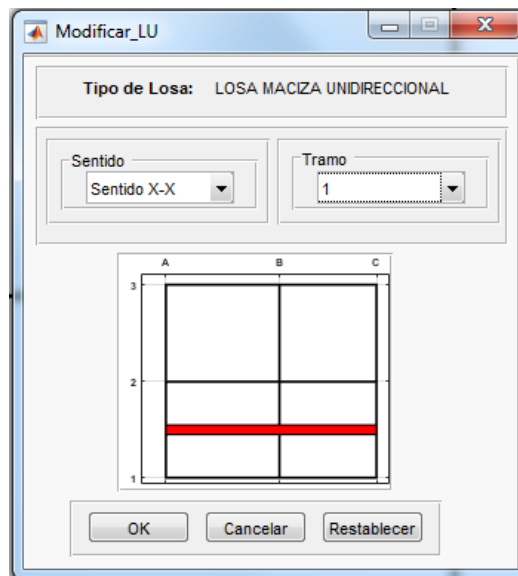
Gráfico 35. Condiciones a las que se encuentra sometida la losa unidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación de la franja de análisis para la realización del diseño de la losa.

Gráfico 36. Selección de la franja de análisis.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación del espesor de losa, calculado por el programa.

Gráfico 37. Modificación de espesor de losa.

Condicion de Apoyo

☐ Simplemente Apoyadas [L/20]

☒ Un Extremo Continuo [L/24]

☐ Ambos Extremos Continuos [L/28]

☐ En Voladizo [L/10]

Tablero mas Critico [m]

10

Calcular

Altura de Losa, h [cm]

20

OK Cancelar

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los diferentes tipos de paredes que existen en los tableros de la losa, para el cálculo del peso de paredes.

Gráfico 38. Cálculo del peso de pared.

Configurar

Tipo de Pared

Pared Completa

Material

Ladrillo (Configurable)

Datos [m]

h Pared = 3.4

Espesor Pared = 0.15

h Ventan =

Espesor Vidrio =

Longitud Pared = 7.2

Área de Tablero [m²]

A = 40.59

Peso Pared [Kg/m]

P.pared = 969

Peso Especif., γ [Kg/m³]

γ = 1900

Delta P Total de Tablero [Kg/m²]

Delta P = 171.88

Nº	Peso Pared [Kg/m]	Delta P
1.00	969.00	171.88

Calcular Añadir Eliminar OK Cancelar

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los acabados de la losa, para el cálculo del peso de acabado.

Gráfico 39. Cálculo del peso del acabado de la losa.

Configurara

Acabado

Morteros [Kg/m³]

Contrapisos y rec. [Kg/m²]

Cielorrasos y Cubiertas [Kg/m²]

Peso Especifico, γ [Kg/m³]

Peso Unitario = 1900

Datos Acabado [m]

Espesor = 0.05

P. Acabado Total de Tablero [Kg/m²]

P. Acabado = 95

Peso Acabado [Kg/m²]

P. Acabado = 95

Calcular Añadir Eliminar OK Cancelar

Nº	Peso Acabado [Kg/m ²]
1.00	95.00

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Pesos ingresados en los tableros de la losa.

Gráfico 40. Carga muerta adicional y viva ingresadas en los tableros de la losa.

Carga_Tableros

Sentido: SENTIDO X-X Tablero: 2

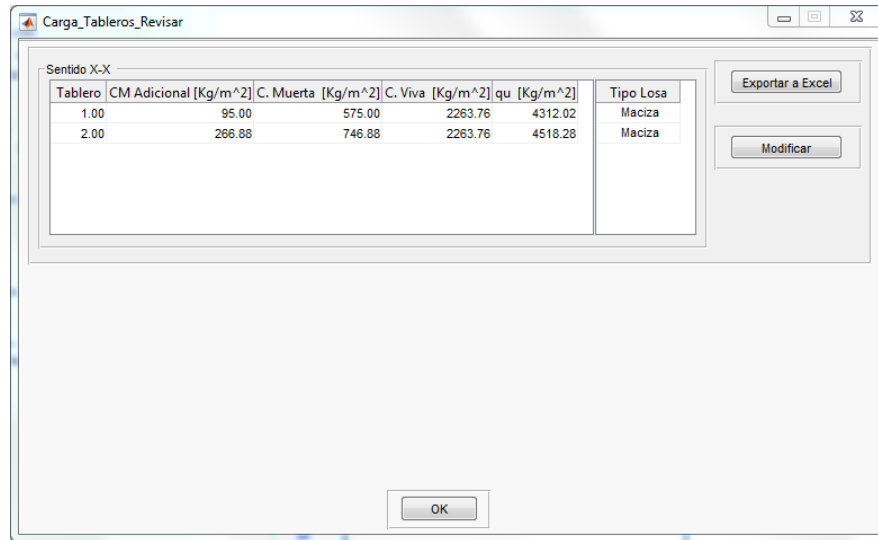
Tablero	Delta P [Kg/m ²]	P. Acabado Losa [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]
1.00	0.00	95.00	2263.76
2.00	171.88	95.00	2263.76

Ingresar : P. Pared P. Acabado Carga Viva

Ingresar Ingresar Ingresar OK Cancelar

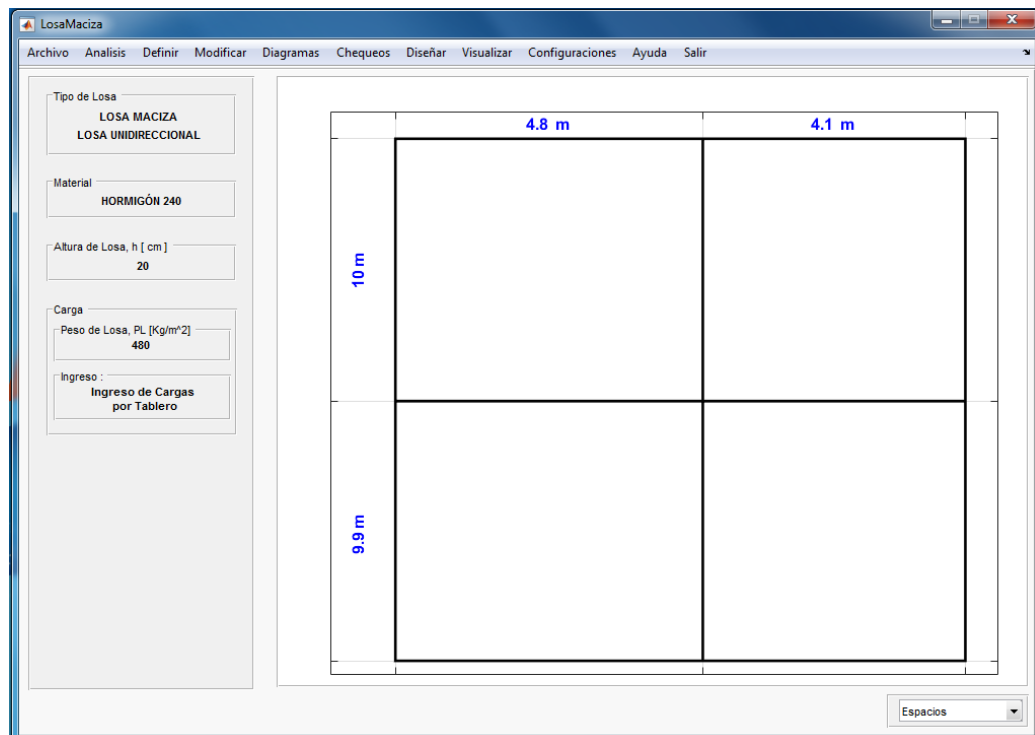
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 41. Cargas de la losa y el tipo de losa de acuerdo a las cargas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

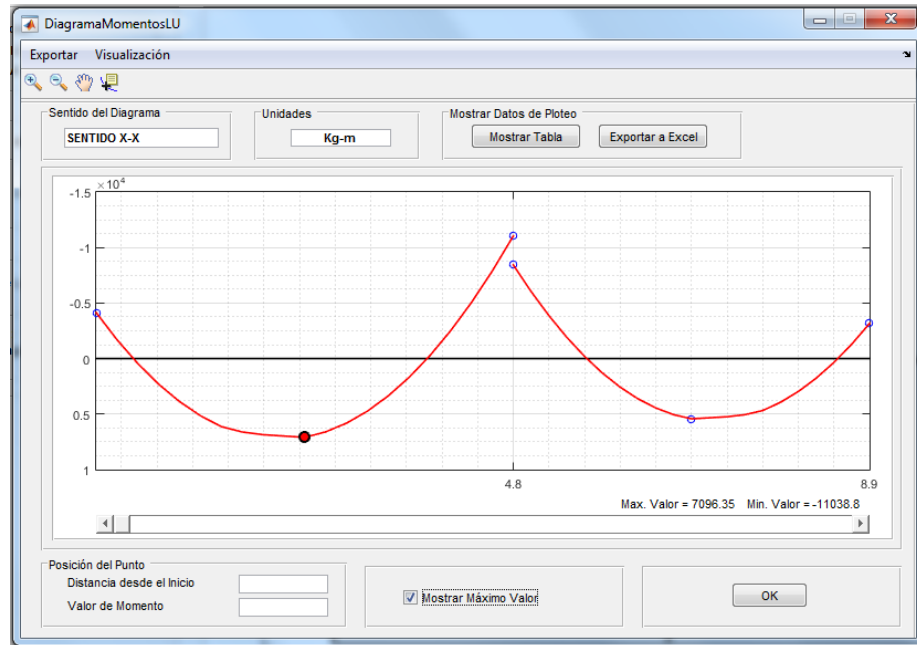
Gráfico 42. Ventana principal del software.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Diagramas.

Gráfico 43. Diagrama de momentos, Ejercicio 1.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 44. Valores del diagrama de momentos.

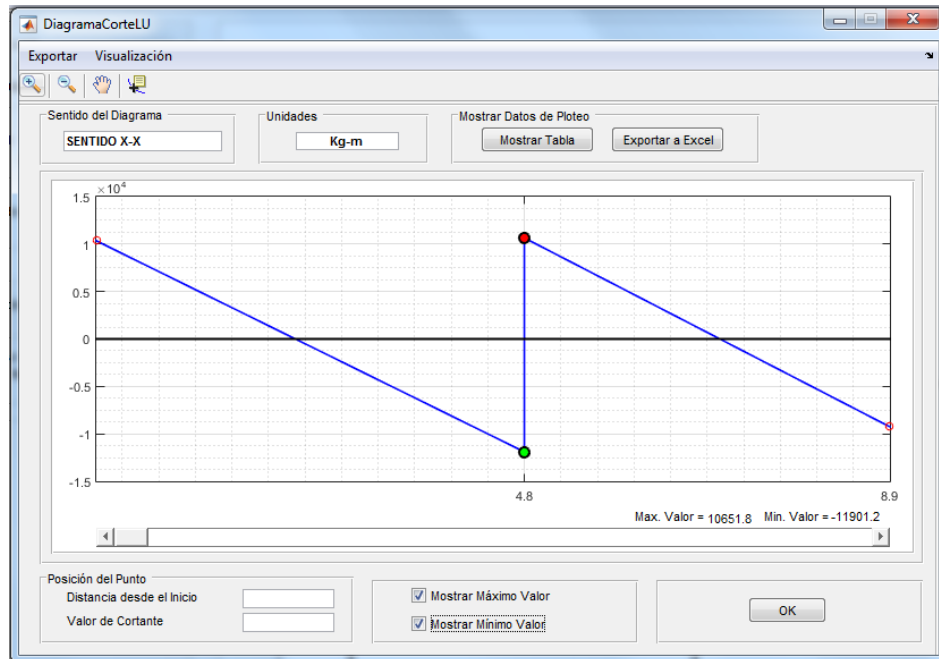
DiagramaMomentosLU_Tabla

Datos de Tabulación: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-4139.54
2	2.40	7096.35
3	4.80	-11038.76
4	4.80	-8439.14
5	6.85	5425.16
6	8.90	-3164.68

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 45. Diagrama de cortante, Ejercicio 1.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 46. Valores del diagrama de cortante.

DiagramaCorteLU_Tabla

Datos de Tabulación: Diagrama de Cortante

	Distancia [m]	Cortante, Vu [Kg]
1	0.00	10348.84
2	4.80	-11901.16
3	4.80	10651.84
4	8.90	-9262.47

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Chequeos de la losa.

Gráfico 47. Chequeo a corte, Ejercicio 1.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Corte_LMU'. It contains a 'Revisar' (Review) section with the following details:

- CHEQUEO A CORTE**
 - Condición: $V_u \leq \Phi \cdot V_n$ and $\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot V_c$
- Sentido del Chequeo**: SENTIDO X-X
- Cortante Máx, V_u [Kg]**: $V_u \text{ max} = 11901.2$
- Esfuerzo Corte, V_c [Kg]**: $V_c = 14368.8$
- Comparison: $11901.2 \text{ Kg} \leq 12213.5 \text{ Kg}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A CORTE**
- Buttons: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 48. Chequeo a flexión, Ejercicio 1.

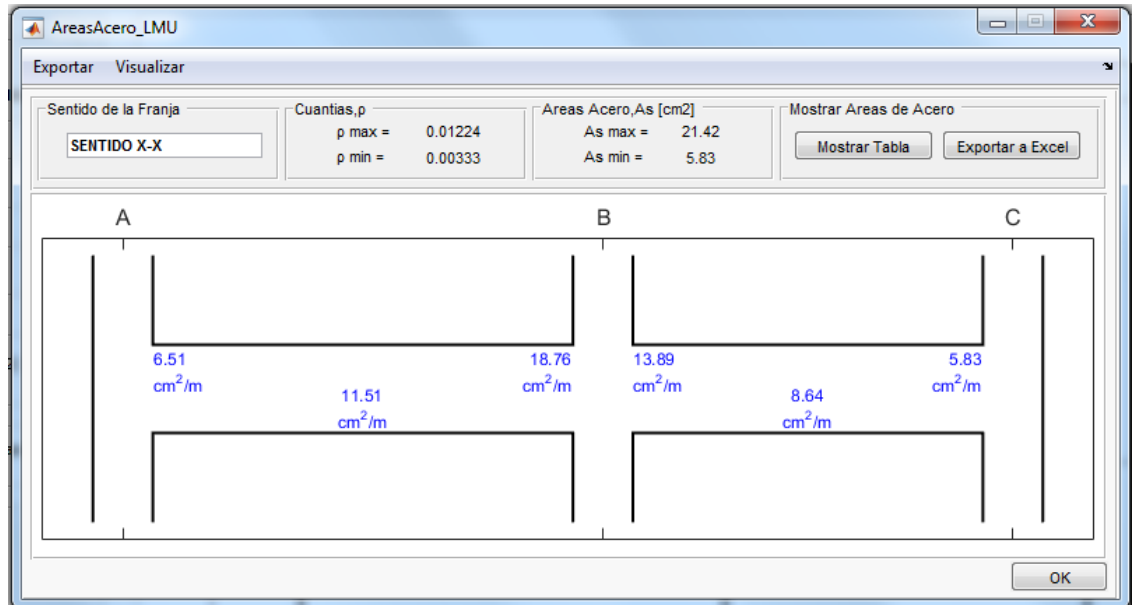
The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Flexion_LMU'. It contains a 'Revisar' (Review) section with the following details:

- CHEQUEO A FLEXIÓN**
 - Condición: $d_{cal} < d_{asum}$
- Sentido del Chequeo**: SENTIDO X-X
- Momento Máx, M_u [Kg-m]**: $M_u \text{ max} = 11038.8$
- Peralte asumido, d_{asum} [cm]**: $d_{asum} = 17.5$
- Comparison: $16.52 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN**
- Buttons: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Diseño de la losa.

Gráfico 49. Áreas de acero de la losa maciza unidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 50. Valores de las áreas de acero de la losa maciza unidireccional.

The screenshot shows the 'AreasAcero_LMU_Tabla' software window. It displays a table with the following data:

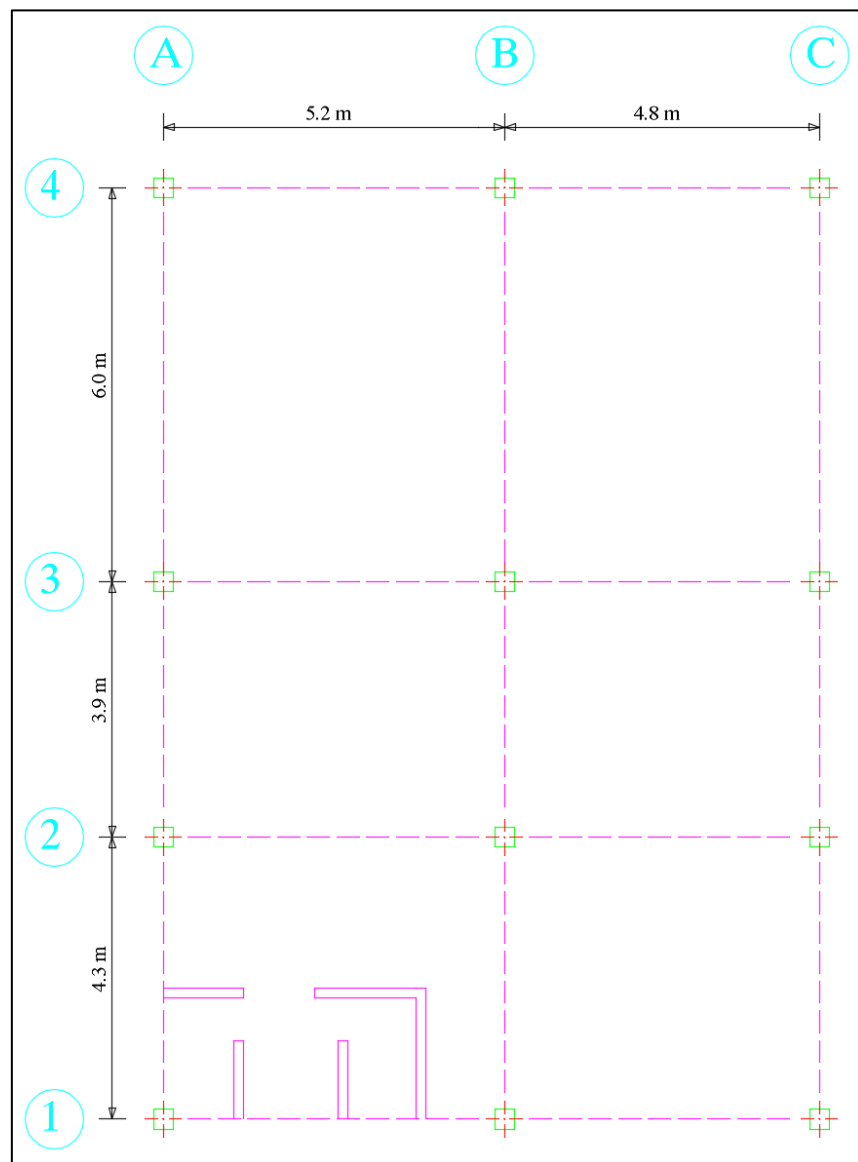
	Momento [Kg-m]	As Cal. [(cm ²)/m]	As [(cm ²)/m]
1	4139.54	6.51	6.51
2	7096.35	11.51	11.51
3	11038.76	18.76	18.76
4	8439.14	13.89	13.89
5	5425.16	8.64	8.64
6	3164.68	4.93	5.83

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.1.2. Losa Maciza Bidireccional.

El proyecto consiste en una estructura de dos pisos con una altura libre de entrepiso de 2.7 metros, contemplándose un sistema de pórticos especiales en Hormigón Armado con vigas descolgadas. La estructura tendrá un uso exclusivo de gimnasio.

Gráfico 51. Planta arquitectónica del gimnasio.



Fuente: Zambrano Luis

4.1.2.1. Resolución manual.

- Cálculo de carga viva (CV).

Carga por impacto: 33%

Carga Viva para gimnasios, NEC 2015: 480 Kg/m²

- CV = Carga Viva para gimnasios * Carga por impacto

$$CV = 480 \text{ Kg/m}^2 * 1.33$$

$$CV = 638.4 \text{ Kg/m}^2$$

- Determinación del espesor de losa.

Tabla 10. Espesor mínimo de losas en dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.

Espe ^{so} r m ^{ín} imo, h
$\frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{14000})}{36 + 9\beta} \geq 9cm$

Fuente: Código ACI 318-14.

$$\beta = \frac{\text{lado largo}}{\text{lado corto}} \quad \text{Ec.20}$$

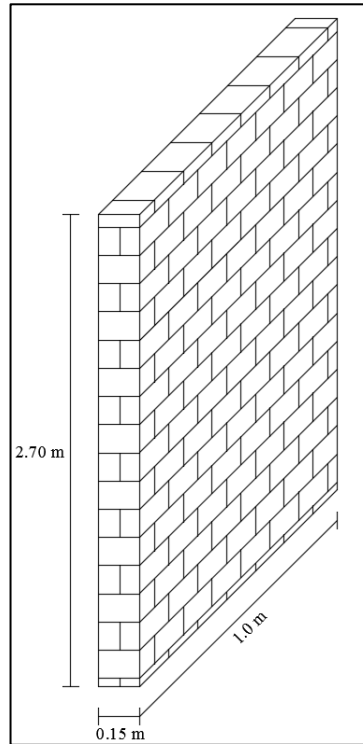
$$\beta = \frac{6.0m}{4.8m} = 1.25$$

$$h = \frac{600cm(0.8 + \frac{4200 \text{ Kg/cm}^2}{14000})}{36 + (9 * 1.25)}$$

$$h = 13.97cm \cong 20cm$$

- Cálculo de peso de pared.

Gráfico 52. Pared Completa, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

$$\text{Peso pared } \text{c/m} = 1.0\text{m} * 0.15\text{m} * 2.70\text{m} * 1900 \text{ kg/m}^3 = 769.5 \text{ kg c/m}$$

Se mide todos los metros de pared que se encuentran sobre el tablero

$$\text{Longitud total de pared} = (2 * 1.2\text{m}) + 1.80 + (2 * 1.25\text{m})$$

$$\text{Longitud total de pared} = 6.7 \text{ m}$$

En base a la Ecuación 3

$$\text{Peso total de pared} = 769.5\text{kg c/m} * 6.7\text{m}$$

$$\text{Peso total de pared} = 5155.65 \text{ kg}$$

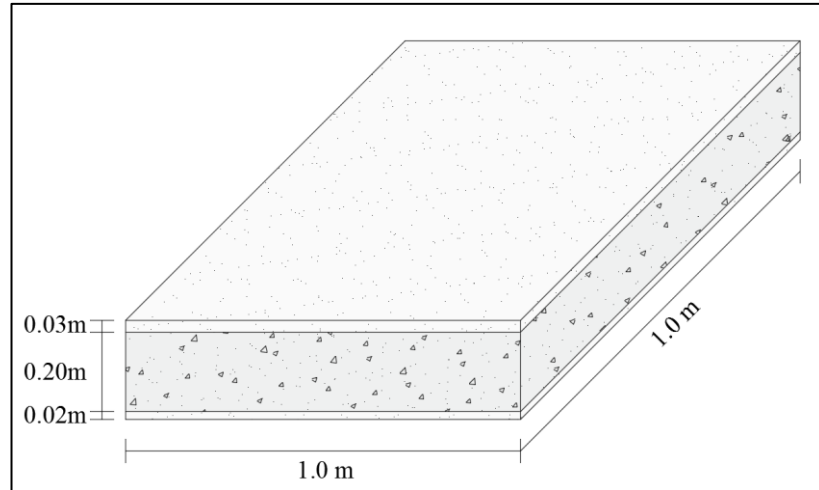
En base a la Ecuación 4

$$\Delta P = \frac{5155.65 \text{ kg}}{4.3\text{m} * 5.2\text{m}}$$

$$\Delta P = 230.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo del peso de losa.

Gráfico 53. Losa maciza de 1m^2 .



Fuente: Zambrano Luis.

$$P. Losa = 1\text{m} * 1\text{m} * \text{espesor losa} * \text{densidad del hormigón}$$

$$P. Losa = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.20\text{m} * 2400\text{ Kg/m}^2 = 480\text{ Kg/m}^2$$

- Cálculo del peso del acabado de losa.

$$P. Macilla + \text{enlucido} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.05 * 1900\text{ Kg/m}^2 = 95\text{ Kg/m}^2$$

$$P. acabado_{madera} = 1\text{m} * 1\text{m} * 0.02 * 1600\text{ Kg/m}^2 = 32\text{ Kg/m}^2$$

$$P. acabado losa = P. Macilla + \text{enlucido} + P. acabado_{madera} = 127\text{ Kg/m}^2$$

- Cálculo de la carga última.

Sentido X-X

Tramo A-B

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 + 230.5 \text{ Kg/m}^2 = 837.5 \text{ Kg/m}^2$

Carga viva (CV): 638.4 Kg/m^2

En base a la Ecuación 5.

$$qu = 1.2(837.5 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(638.4 \text{ Kg/m}^2)$$

$$qu = 2026.44 \text{ Kg/m}^2$$

Tramo B-C

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 = 607 \text{ Kg/m}^2$

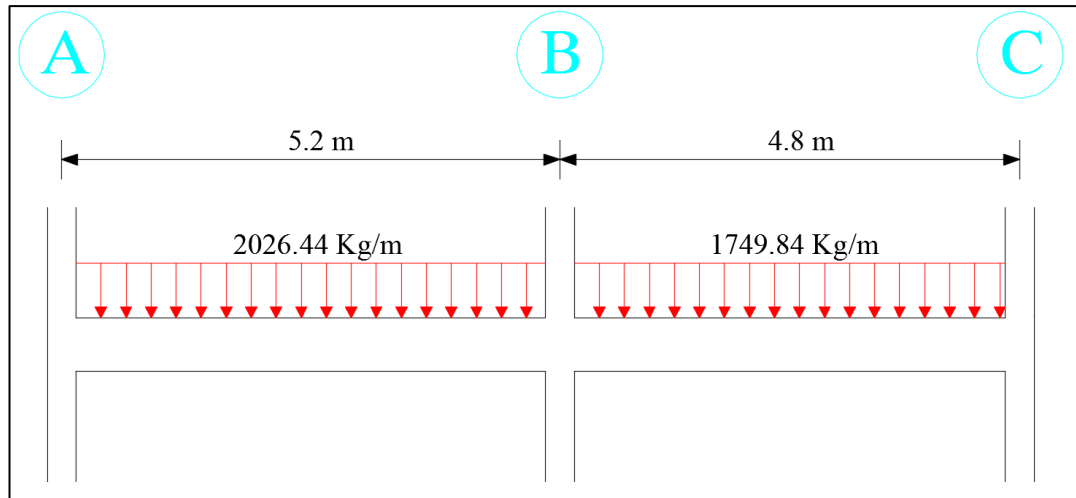
Carga viva (CV): 638.4 Kg/m^2

En base a la Ecuación 5.

$$qu = 1.2(607 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(638.4 \text{ Kg/m}^2)$$

$$qu = 1749.84 \text{ Kg/m}^2$$

Gráfico 54. Carga distribuida en la losa, sentido X-X, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

Sentido Y-Y

Tramo 1-2

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 + 230.5 \text{ Kg/m}^2 = 837.5 \text{ Kg/m}^2$

Carga viva (CV): 638.4 Kg/m^2

En base a la Ecuación 5.

$$qu = 1.2(837.5 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(638.4 \text{ Kg/m}^2)$$

$$qu = 2026.44 \text{ Kg/m}^2$$

Tramo 2-3

Carga muerta (CM): $480 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 = 607 \text{ Kg/m}^2$

Carga viva (CV): 638.4 Kg/m^2

En base a la Ecuación 5.

$$qu = 1.2(607 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(638.4 \text{ Kg/m}^2)$$

$$q_u = 1749.84 \text{ Kg/m}^2$$

Tramo 3-4

$$\text{Carga muerta (CM): } 480 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 = 607 \text{ Kg/m}^2$$

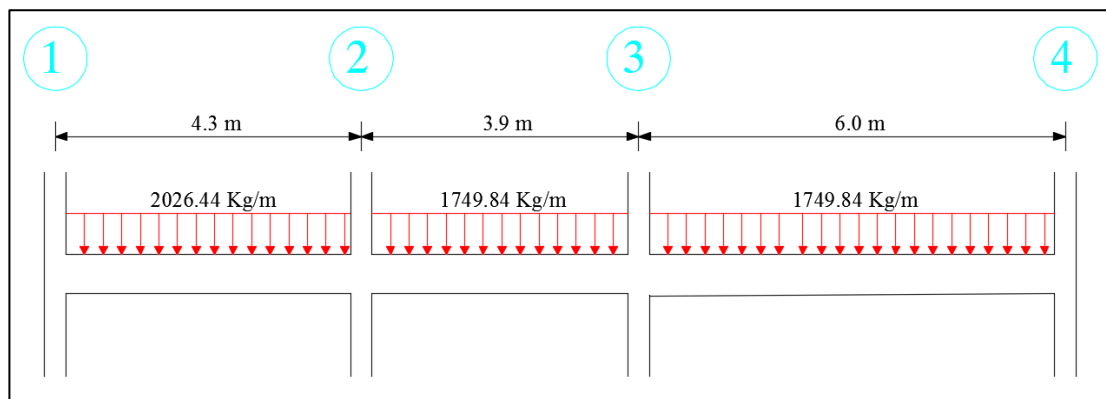
$$\text{Carga viva (CV): } 638.4 \text{ Kg/m}^2$$

En base a la Ecuación 5.

$$q_u = 1.2(607 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(638.4 \text{ Kg/m}^2)$$

$$q_u = 1749.84 \text{ Kg/m}^2$$

Gráfico 55. Carga distribuida en la losa, sentido Y-Y, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

- Determinación del tipo de losa.

Por su geometría

Claro largo: 6.0 m

Claro corto: 4.8 m

$$\frac{Luz\ larga}{Luz\ corta} \leq 2 \rightarrow Losa\ Bidireccional \quad Ec.21$$

$$\frac{6.0\ m}{4.8\ m} = 1.25 \rightarrow **Losa Bidireccional**$$

Por la carga

Carga viva (CV): 638.4 Kg/m²

Carga muerta (CM): 837.5 Kg/m²

En base a la Ecuación 7.

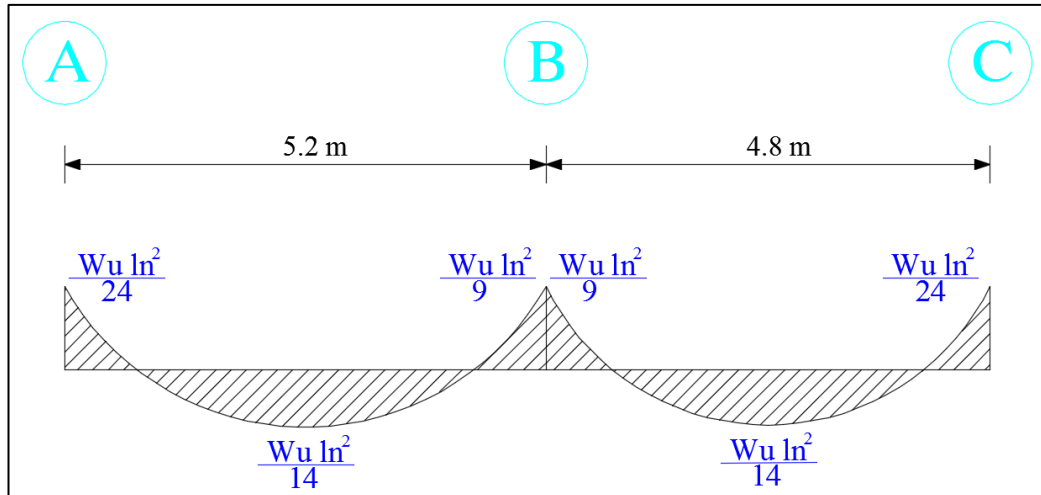
$$638.4\ Kg/m^2 < 2514.5 \rightarrow **Losa Nervada**$$

Nota: La losa es de tipo nervada, pero por fines didácticos se diseñara como losa maciza.

- Cálculo de momentos.

Sentido X-X

Gráfico 56. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo A-B

$$\frac{W_u * l_n^2}{24} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (5.2\text{m})^2}{24} = 2283.12 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * l_n^2}{14} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (5.2\text{m})^2}{14} = 3913.92 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * l_n^2}{9} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (5.2\text{m})^2}{9} = 6088.33 \text{ Kg} * \text{m}$$

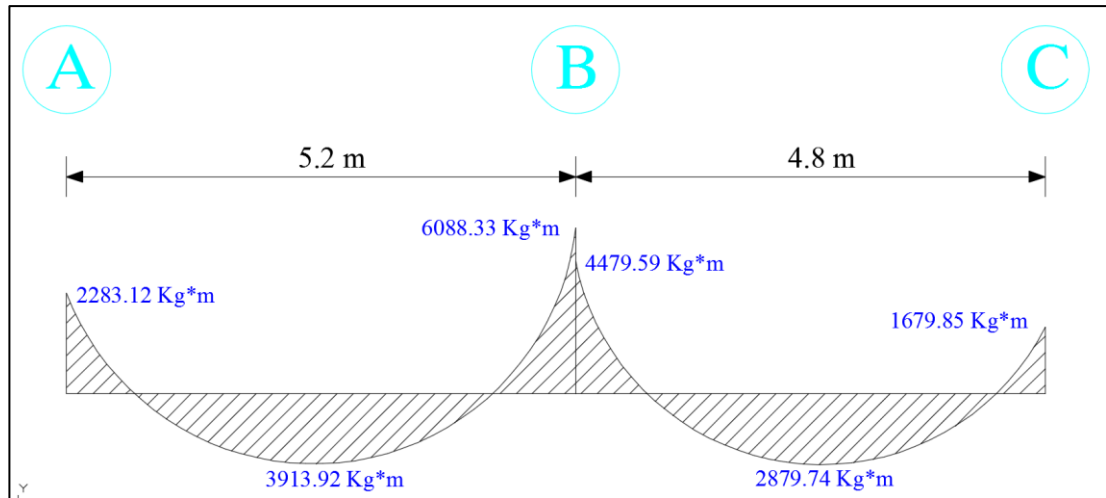
Tramo B-C

$$\frac{W_u * l_n^2}{9} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{9} = 4479.59 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * l_n^2}{14} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{14} = 2879.74 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * l_n^2}{24} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (4.8\text{m})^2}{24} = 1679.85 \text{ Kg} * \text{m}$$

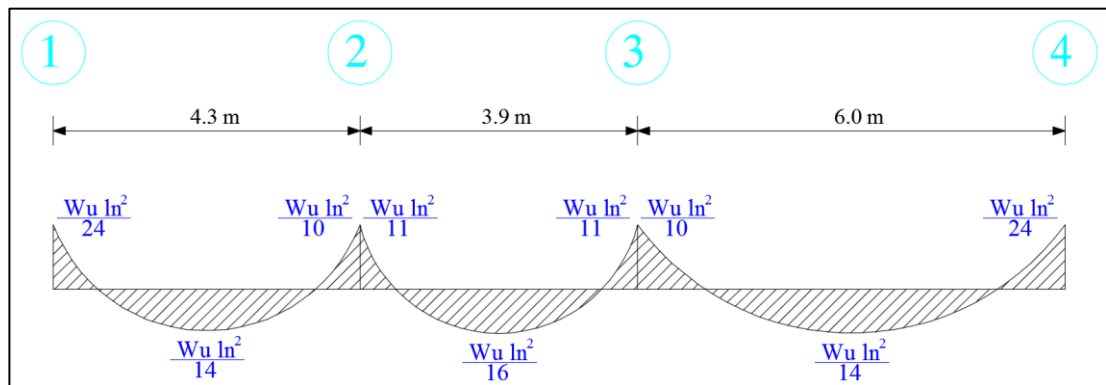
Gráfico 57. Diagrama de momentos, losa maciza bidireccional sentido X-X.



Fuente: Zambrano Luis.

Sentido Y-Y

Gráfico 58. Fórmulas del código ACI para el cálculo de momentos, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo 1-2

$$\frac{W_u * l_n^2}{24} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (4.3\text{m})^2}{24} = 1561.20 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{W_u * l_n^2}{14} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (4.3\text{m})^2}{14} = 2676.35 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{Wu * ln^2}{10} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * (4.3\text{m})^2}{10} = 3746.89 \text{ Kg} * \text{m}$$

Tramo 2-3

$$\frac{Wu * ln^2}{11} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (3.9\text{m})^2}{11} = 2419.55 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{Wu * ln^2}{16} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (3.9\text{m})^2}{16} = 1663.44 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{Wu * ln^2}{11} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (3.9\text{m})^2}{11} = 2419.55 \text{ Kg} * \text{m}$$

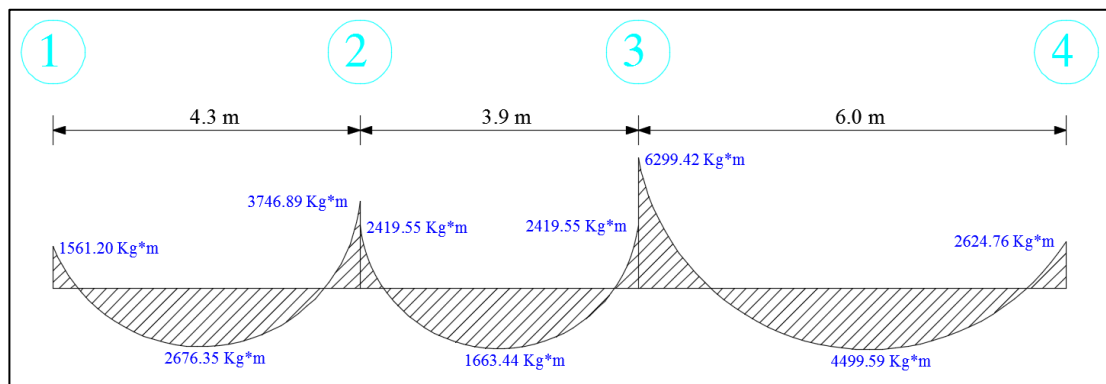
Tramo 3-4

$$\frac{Wu * ln^2}{10} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (6.0\text{m})^2}{10} = 6299.42 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{Wu * ln^2}{14} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (6.0\text{m})^2}{14} = 4499.59 \text{ Kg} * \text{m}$$

$$\frac{Wu * ln^2}{24} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * (6.0\text{m})^2}{24} = 2624.76 \text{ Kg} * \text{m}$$

Gráfico 59. Diagrama de momentos, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.

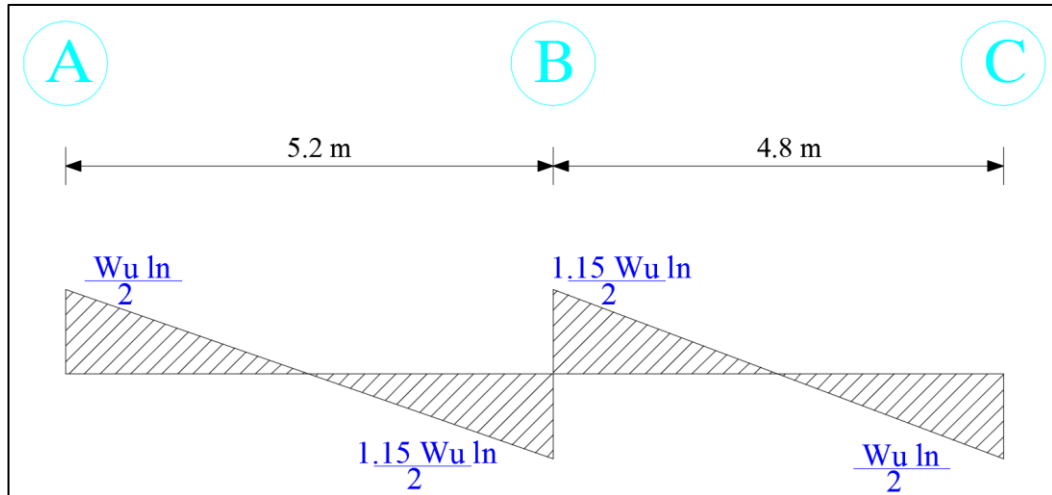


Fuente: Zambrano Luis.

- Cálculo de cortantes.

Sentido X-X

Gráfico 60. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo A-B

$$\frac{W_u * l_n}{2} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * 5.2\text{m}}{2} = 5268.74 \text{ Kg}$$

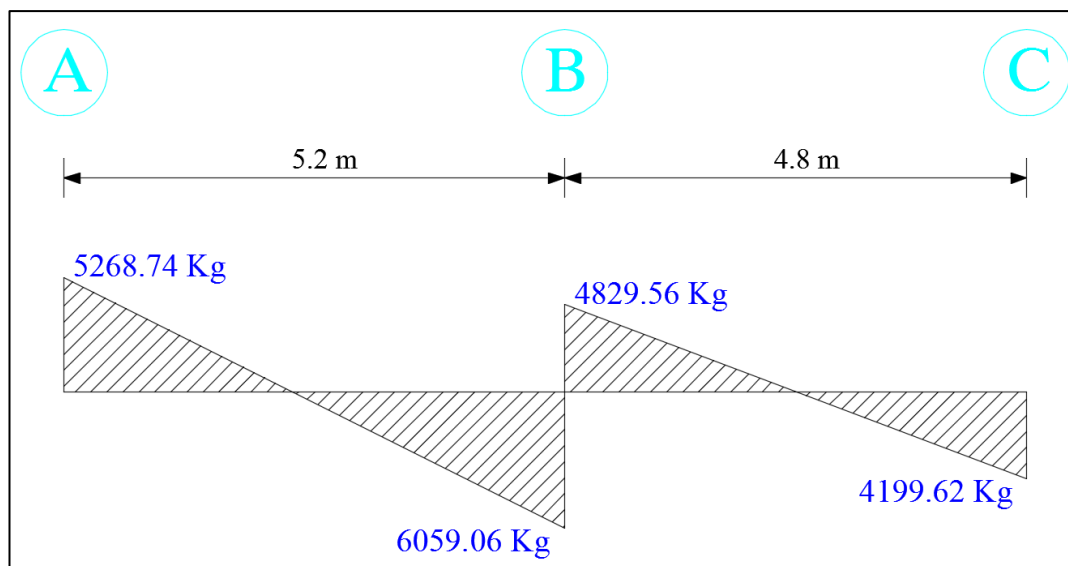
$$\frac{1.15 * W_u * l_n}{2} = \frac{1.15 * 2026.44 \text{ Kg/m} * 5.2\text{m}}{2} = 6059.06 \text{ Kg}$$

Tramo B-C

$$\frac{1.15 * W_u * l_n}{2} = \frac{1.15 * 1749.84 \text{ Kg/m} * 4.8\text{m}}{2} = 4829.56 \text{ Kg}$$

$$\frac{W_u * l_n}{2} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * 4.8\text{m}}{2} = 4199.62 \text{ Kg}$$

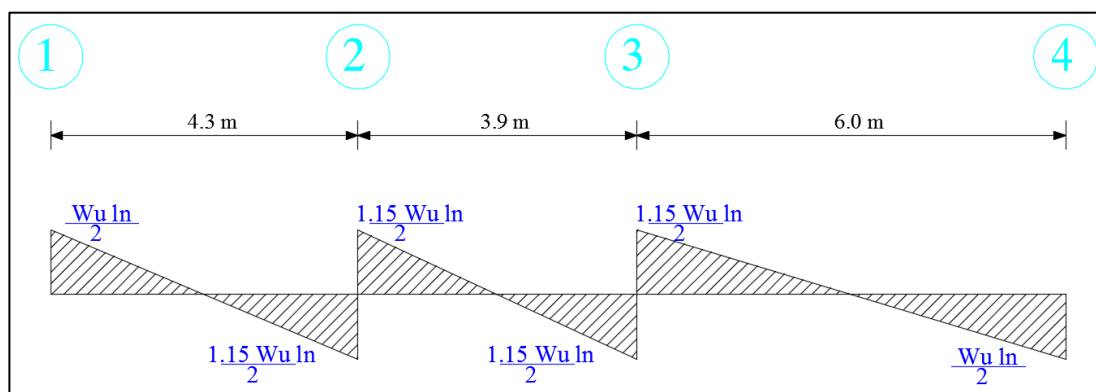
Gráfico 61. Diagrama de cortante, losa maciza bidireccional sentido X-X.



Fuente: Zambrano Luis.

Sentido Y-Y

Gráfico 62. Fórmulas del código ACI para el cálculo de cortantes, Ejercicio 2.



Fuente: Zambrano Luis.

Tramo 1-2

$$\frac{W_u * l_n}{2} = \frac{2026.44 \text{ Kg/m} * 4.3\text{m}}{2} = 4356.85 \text{ Kg}$$

$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 2026.44 \text{ Kg/m} * 4.3\text{m}}{2} = 5010.37 \text{ Kg}$$

Tramo 2-3

$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 1749.84 \text{ Kg/m} * 3.9\text{m}}{2} = 3924.02 \text{ Kg}$$

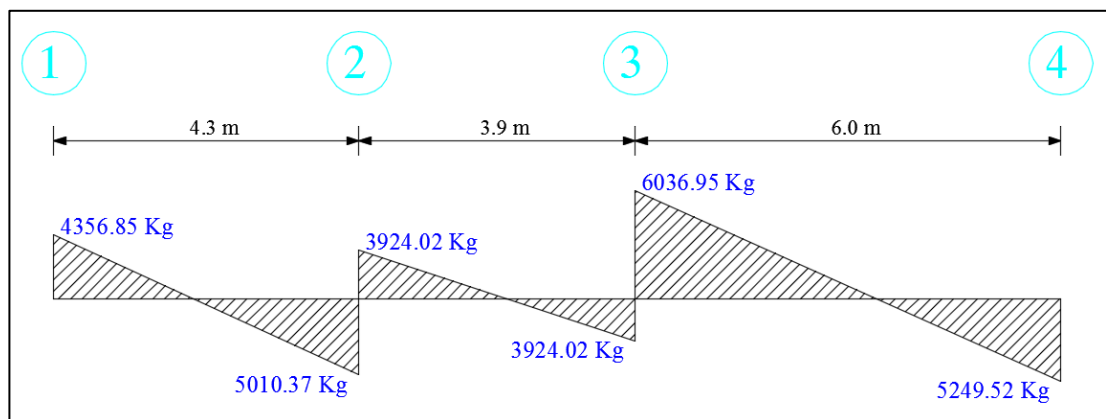
$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 1749.84 \text{ Kg/m} * 3.9\text{m}}{2} = 3924.02 \text{ Kg}$$

Tramo 3-4

$$\frac{1.15 * Wu * ln}{2} = \frac{1.15 * 1749.84 \text{ Kg/m} * 6.0\text{m}}{2} = 6036.95 \text{ Kg}$$

$$\frac{Wu * ln}{2} = \frac{1749.84 \text{ Kg/m} * 6.0\text{m}}{2} = 5249.52 \text{ Kg}$$

Gráfico 63. Diagrama de cortante, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.



Fuente: Zambrano Luis.

- Chequeo a flexión.

Recubrimiento (r): 2.5 cm

Espesor de losa (h): 20 cm

Esfuerzo máximo a la compresión del hormigón (f'_c): 240 Kg/cm²

Peralte efectivo asumido.

En base a la Ecuación 8.

$$d_{asumido} = 20 - 2.5$$

$$d_{asumido} = 17.5 \text{ cm}$$

Cuantía de acero máxima.

En base a la Ecuación 10.

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * 0.85 * \frac{240 \frac{kg}{cm^2}}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.01224$$

Cuantía mecánica.

En base a la Ecuación 11.

$$q = 0.01224 * \frac{4200 \frac{kg}{cm^2}}{240 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$q = 0.2142$$

Peralte efectivo calculado.

En base a la Ecuación 12.

$$k = 0.2142 - 0.59 * (0.2142)^2$$

$$k = 0.187$$

En base a la Ecuación 13.

$$d_{cal}^2 = \frac{6299.42 kg * m * 100}{0.9 * 240 \frac{kg}{cm^2} * 0.187 * 100}$$

$$d_{cal} = 12.49 cm$$

Como:

$$d_{cal} < d_{asumido}$$

$$12.49 cm < 17.5 cm \rightarrow OK$$

No falla a Flexión

- Chequeo a corte.

$$\phi V_n \geq V_u$$

Cálculo del cortante del concreto.

En base a la Ecuación 14.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2} * 100 cm * 17.5 cm}$$

$$V_c = 14368.77 kg$$

Cálculo resistencia nominal al cortante.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = V_c$$

Nota: V_s es cero porque no se coloca estribos.

$$V_n = 14368.77 kg$$

Como:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.85 * 14368.77 kg \geq 6059.06 kg$$

$$12213.45 \text{ kg} \geq 6059.06 \text{ kg} \rightarrow OK$$

No falla a Corte

- Cálculo de áreas de acero.

Cuantía de acero mínimo.

En base a la Ecuación 15.

$$\rho_{\min} = \frac{14}{4200 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\rho_{\min} = 0.0033$$

Área de acero mínima.

En base a la Ecuación 16.

$$As_{\min} = 0.0033 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$As_{\min} = 5.78\text{cm}^2$$

Área de acero máxima.

En base a la Ecuación 17.

$$As_{\max} = 0.01224 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$As_{\max} = 21.42\text{cm}^2$$

Áreas de acero.

En base a la Ecuación 18.

$$K = 0.85 * 240 \text{ Kg/cm}^2 * 100\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$K = 357000 \text{ Kg}$$

En base a la Ecuación 19.

$$A_s = \frac{357000}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 2283.12 \text{ kg} * \text{m} * 100}{0.9 * 357000 * 17.5 \text{ cm}}} \right)$$

$$A_s = 3.52 \text{ cm}^2$$

Como:

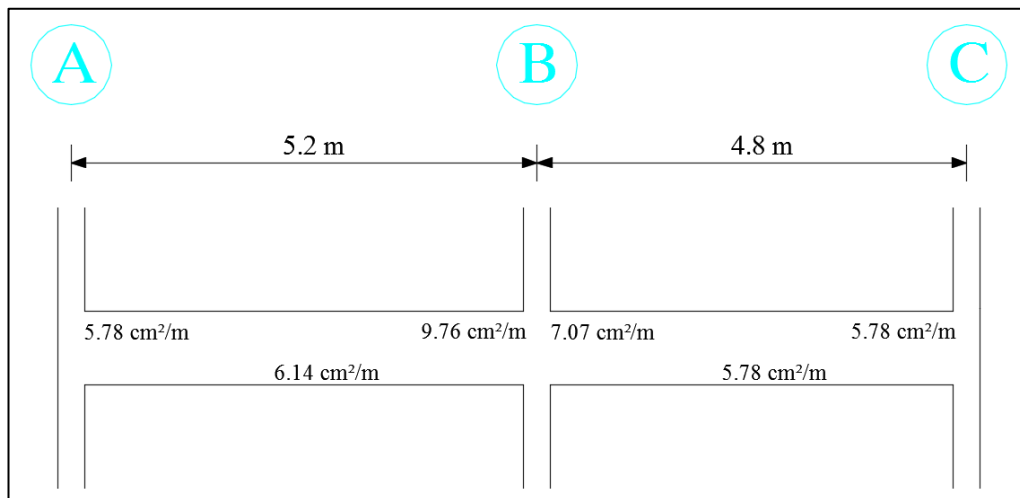
$$A_{s_{min}} \leq A_s \leq A_{s_{max}}$$

$$5.78 \text{ cm}^2 \leq 3.52 \text{ cm}^2 \leq 21.42 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{No}$$

Como A_s es menor que $A_{s_{min}}$ se asume el mínimo.

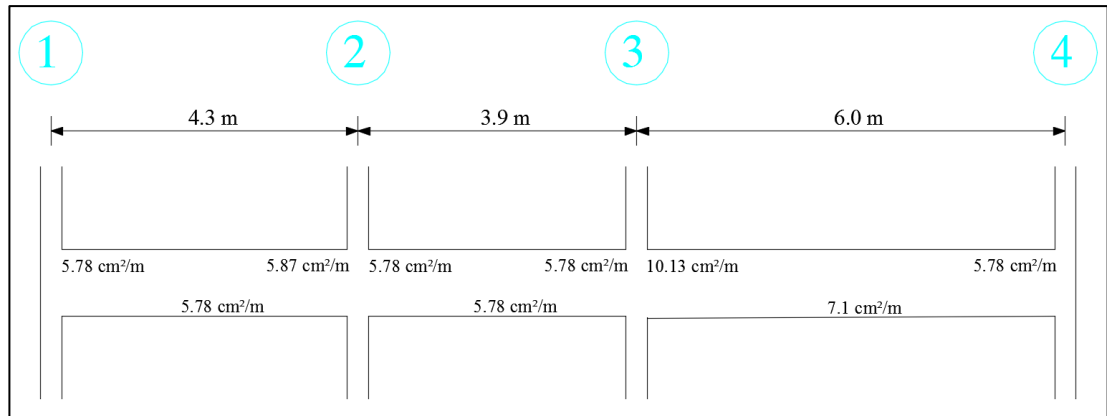
$$A_s = 5.78 \text{ cm}^2$$

Gráfico 64. Áreas de acero, losa maciza bidireccional sentido X-X.



Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 65. Áreas de acero, losa maciza bidireccional sentido Y-Y.



Fuente: Zambrano Luis.

4.1.2.2. Resolución con el software de cálculo y diseño.

- Ingreso del número de ejes y distancias que tiene el modelo que va a ser analizado, las distancias son consideradas de eje a eje.

Gráfico 66. Malla de trabajo, Ejercicio 2.

The screenshot shows the 'LosaMacizalInicio' window. It has three main sections: 'Dimensiones de Grilla (Planta)', 'Datos Cuadrícula X [metros]', and 'Datos Cuadrícula Y [metros]'. The 'Dimensiones de Grilla' section has input fields for 'Numero de Ejes en X' (3), 'Numero de Ejes en Y' (4), 'Espacio en X [m]' (5.2), and 'Espacio en Y [m]' (4.3). The 'Datos Cuadrícula X' table has columns 'Grid ID', 'Espacio', and 'Espacio'. The 'Datos Cuadrícula Y' table has columns 'Grid ID', 'Espacio', and 'Espacio'. A preview window on the right shows a 3x4 grid with axes labeled A, B, C and 1, 2, 3, 4. Buttons for 'OK', 'Cancelar', 'VISUALIZAR', and 'LIMPIAR' are at the bottom.

	Grid ID	Espacio
1	A	5.20
2	B	4.80
3	C	0.00

	Grid ID	Espacio
1	1	4.30
2	2	3.90
3	3	6.00
4	4	0.00

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el tipo de material con el que se va a trabajar.

Gráfico 67. Propiedades del material.

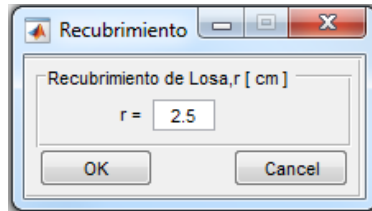
The screenshot shows the 'DatosPropiedadesMateriales' window. It has a 'Nombre del Material' field with the value 'HORMIGÓN 240'. Below it is a 'Propiedades de Diseño' section with three input fields: 'Esfuerzo Max Comp Conc, f_c [Kg/cm²]' (240), 'Esfuerzo Fluencia Acero, f_y [Kg/cm²]' (4200), and 'Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]' (2400). Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

Propiedades de Diseño	Valor
Esfuerzo Max Comp Conc, f _c [Kg/cm²]	240
Esfuerzo Fluencia Acero, f _y [Kg/cm²]	4200
Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]	2400

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el recubrimiento de la losa.

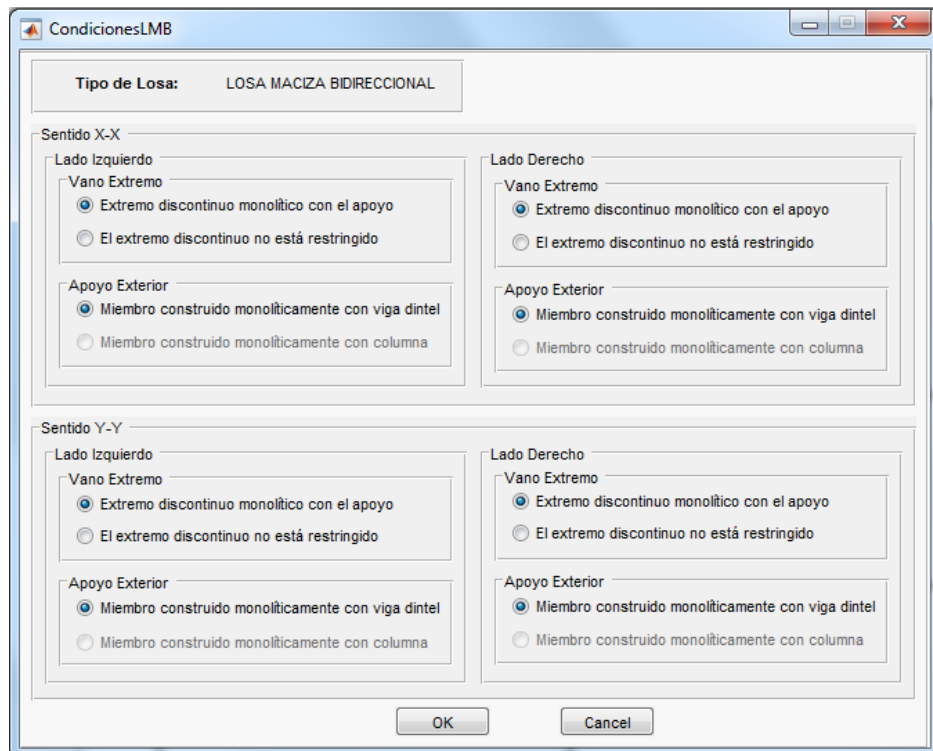
Gráfico 68. Recubrimiento de losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Selección de las condiciones a las que se encuentra sometida la losa.

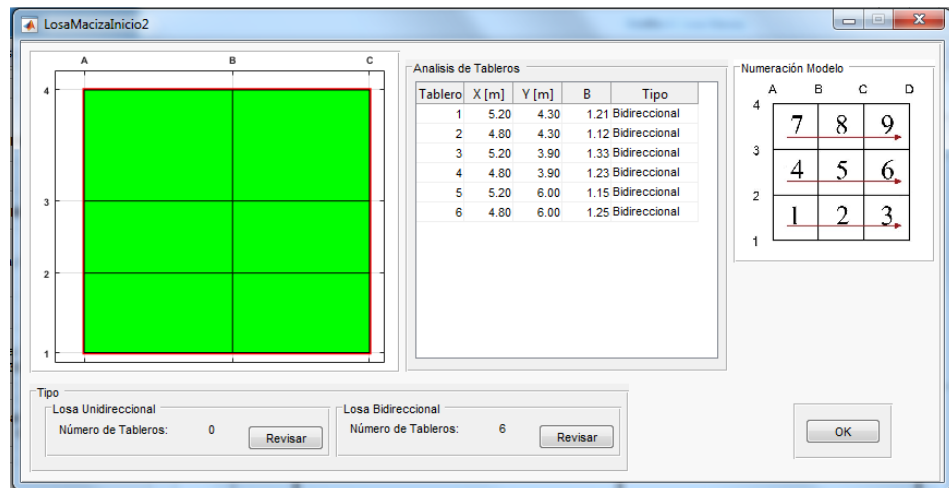
Gráfico 69. Condiciones a las que se encuentra sometida la losa bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Análisis de los tableros de la losa, determinando de acuerdo a su geometría los que son unidireccionales o bidireccionales.

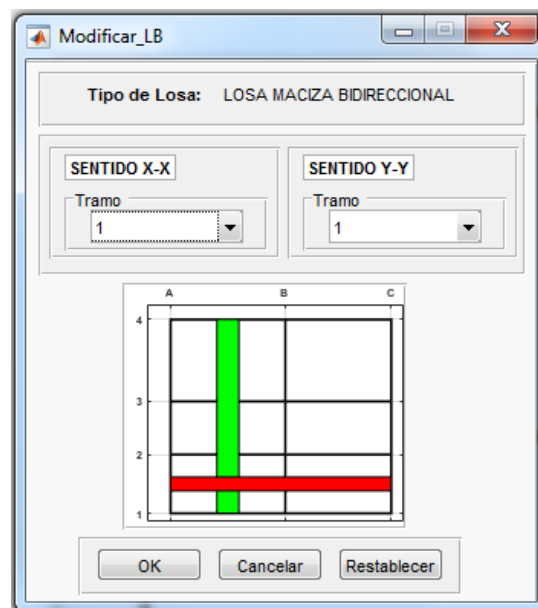
Gráfico 70. Tableros bidireccionales de la losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación de las franjas de análisis para la realización del diseño de la losa en los sentidos X-X y Y-Y.

Gráfico 71. Selección de las franjas de análisis.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación del espesor de losa, calculado por el programa.

Gráfico 72. Modificación de espesor de losa.

The screenshot shows a window titled 'EspesorLMB' with a 'Revisar' (Review) tab. It contains the following fields and values:

- Tablero mas Critico**
 - Luz mas Larga [m]: 6
 - Luz mas Corta [m]: 4.8
 - β [L larga/ Lcorta]: 1.25
- Altura de Losa, h [cm]**: 20

Buttons: 'Calcular', 'OK', 'Cancelar'.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los diferentes tipos de paredes que existen en los tableros de la losa, para el cálculo del peso.

Gráfico 73. Cálculo del peso de pared.

The screenshot shows a window titled 'Carga_Pared' with a 'Configurar' (Configure) tab. It contains the following sections:

- Configuración:**
 - Tipo de Pared: Pared Completa
 - Material: Ladrillo (Configurable)
- Datos [m]:**
 - h Pared = 2.7
 - Espesor Pared = 0.15
 - h Ventan =
 - Espesor Vidrio =
 - Longitud Pared = 6.7
- Área de Tablero [m²]:** A = 22.36
- Peso Pared [Kg/m]:** P.pared = 769.5
- Visualización:** A 3D model of a brick wall.
- Peso Especif., γ [Kg/m³]:** γ = 1900
- Delta P Total de Tablero [Kg/m²]:** Delta P = 230.57
- Tabla de Resultados:**

Nº	Peso Pared [Kg/m]	Delta P
1.00	769.50	230.57

Buttons: 'Calcular', 'Añadir', 'Eliminar', 'OK', 'Cancelar'.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los acabados de la losa, para el cálculo del peso de acabado.

Gráfico 74. Cálculo del peso del acabado de la losa.

Configurara

Acabado

Morteros [Kg/m³]

Contrapisos y rec. [Kg/m²]

Cielorrasos y Cubiertas [Kg/m²]

Peso Especifico, γ [Kg/m³]

Peso Unitario = 1600

Datos Acabado [m]

Espesor = 0.02

P. Acabado Total de Tablero [Kg/m²]

P. Acabado = 127

Peso Acabado [Kg/m²]

P. Acabado = 32

Calcular Añadir Eliminar OK Cancelar

Nº	Peso Acabado [Kg/m ²]
1.00	95.00
2.00	32.00

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Pesos ingresados en los tableros de la losa.

Gráfico 75. Carga muerta adicional y viva ingresados en los tableros de la losa.

Carga_Tableros

Sentido: Sentido X-X Tablero: 1

A B C

4

3

2

1

Ingresar : P Pared P. Acabado Carga Viva Ingresar Ingresar Ingresar OK Cancelar

Sentido X-X

Tablero	Delta P [Kg/m ²]	P. Acabado Losa [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]
1.00	230.57	127.00	638.40
2.00	0.00	127.00	638.40

Sentido Y-Y

Tablero	Delta P [Kg/m ²]	P. Acabado Losa [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]
1.00	230.57	127.00	638.40
2.00	0.00	127.00	638.40
3.00	0.00	127.00	638.40

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 76. Cargas de la losa y el tipo de losa de acuerdo a las cargas.

Carga_Tableros_Revisar

Sentido X-X

Tablero	CM Adicional [Kg/m ²]	C. Muerta [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]	qu [Kg/m ²]	Tipo Losa
1.00	357.57	837.57	638.40	2026.52	Nervada
2.00	127.00	607.00	638.40	1749.84	Nervada

Exportar a Excel

Modificar

Sentido Y-Y

Tablero	CM Adicional [Kg/m ²]	C. Muerta [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]	qu [Kg/m ²]	Tipo Losa
1.00	357.57	837.57	638.40	2026.52	Nervada
2.00	127.00	607.00	638.40	1749.84	Nervada
3.00	127.00	607.00	638.40	1749.84	Nervada

Exportar a Excel

Modificar

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 77. Ventana principal del software.

LosaMaciza

Archivo Analisis Definir Modificar Diagramas Chequeos Diseñar Visualizar Configuraciones Ayuda Salir

Tipo de Losa
LOSA NERVADA/MACIZA
LOSA BIDIRECCIONAL

Material
HORMIGÓN 240

Altura de Losa, h [cm]
20

Carga
Peso de Losa, PL [Kg/m²]
480

Ingreso :
Ingreso de Cargas
por Tablero

REVISAR: TABLERO(S) CON
CV<3CM, LA TIPOLOGIA DE
TABLERO(S) ES NERVADA
RECOMENDACION: CAMBIAR
DE PROGRAMA (Losa_Nervada),
REVISAR EN DEFINIR CARGAS
POR TABLERO

5.2 m 4.8 m

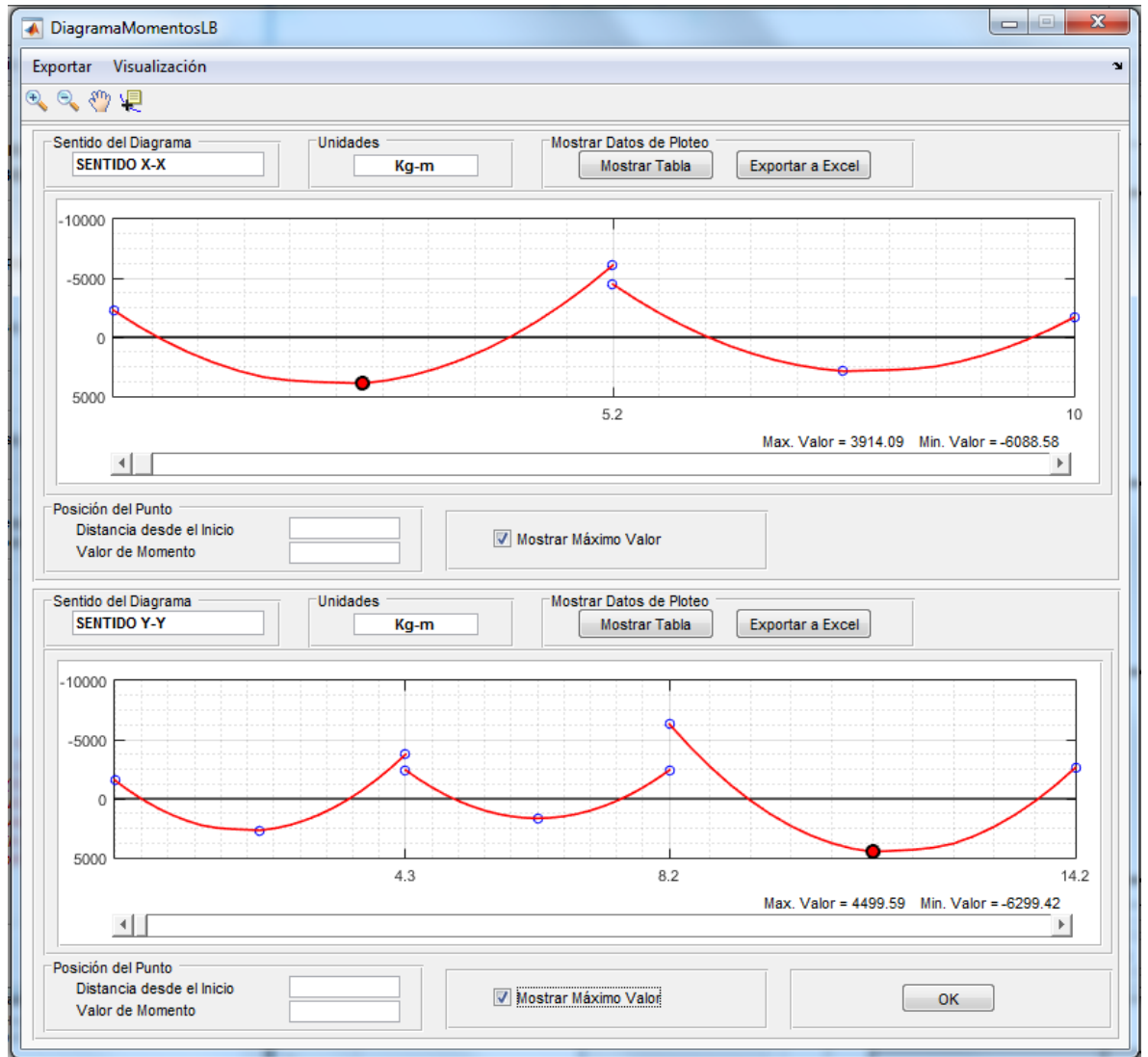
6 m 3.9 m 4.3 m

Espacios

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

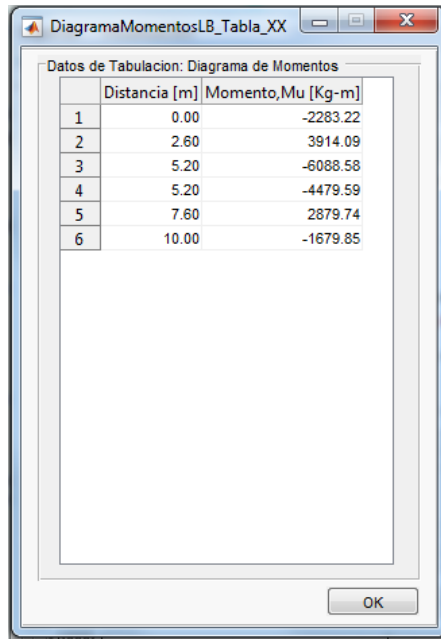
- Diagramas.

Gráfico 78. Diagramas de momentos, Ejercicio 2.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 79. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X.



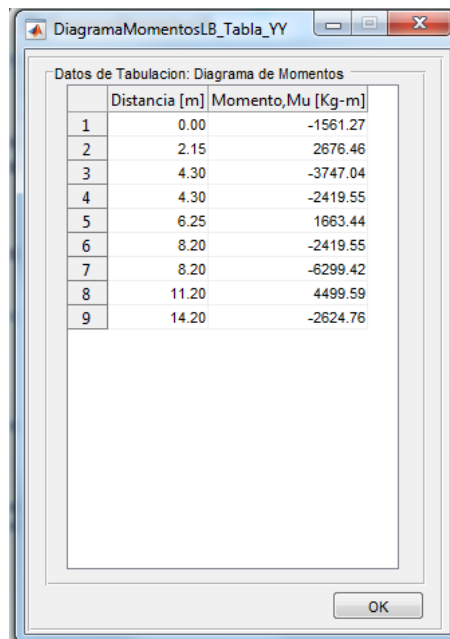
Datos de Tabulacion: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-2283.22
2	2.60	3914.09
3	5.20	-6088.58
4	5.20	-4479.59
5	7.60	2879.74
6	10.00	-1679.85

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 80. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y.



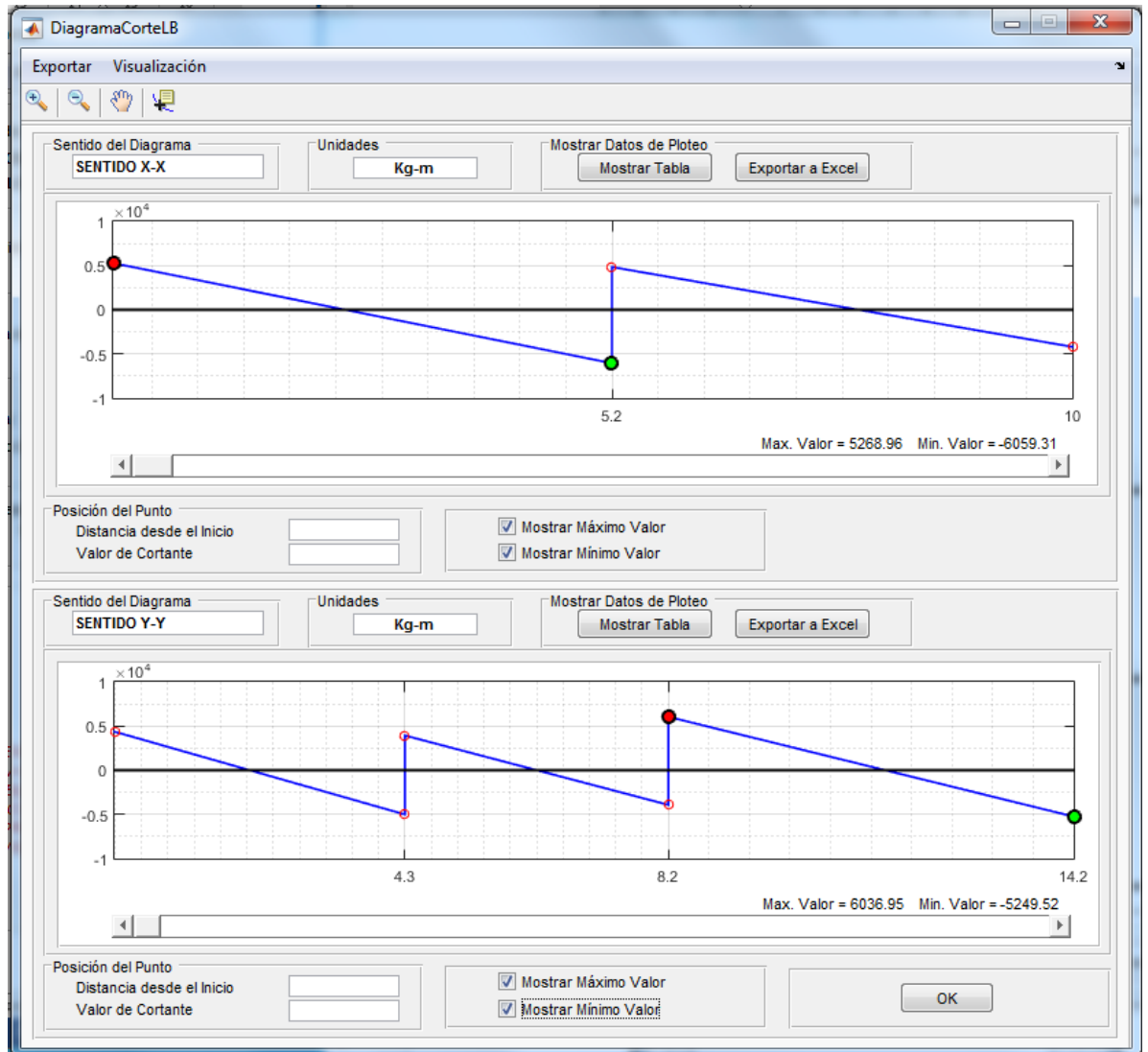
Datos de Tabulacion: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-1561.27
2	2.15	2676.46
3	4.30	-3747.04
4	4.30	-2419.55
5	6.25	1663.44
6	8.20	-2419.55
7	8.20	-6299.42
8	11.20	4499.59
9	14.20	-2624.76

OK

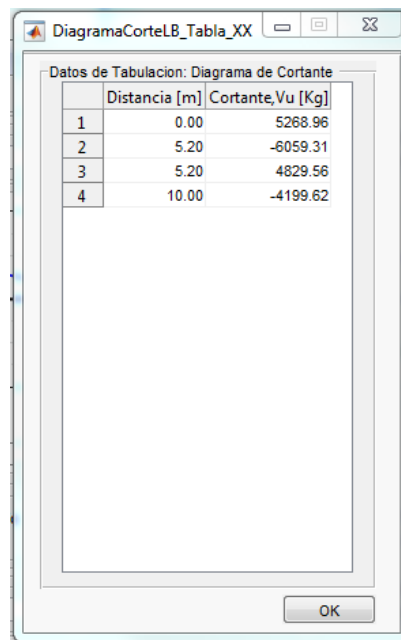
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 81. Diagramas de cortante, Ejercicio 2.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 82. Valores del diagrama de cortante, sentido X-X.



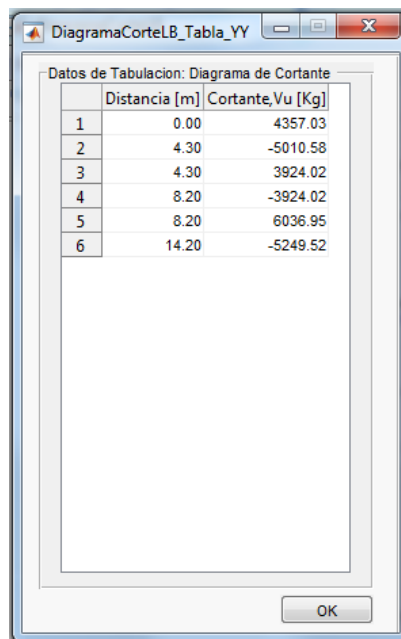
Datos de Tabulacion: Diagrama de Cortante

	Distancia [m]	Cortante,Vu [Kg]
1	0.00	5268.96
2	5.20	-6059.31
3	5.20	4829.56
4	10.00	-4199.62

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 83. Valores del diagrama de cortante, sentido Y-Y.



Datos de Tabulacion: Diagrama de Cortante

	Distancia [m]	Cortante,Vu [Kg]
1	0.00	4357.03
2	4.30	-5010.58
3	4.30	3924.02
4	8.20	-3924.02
5	8.20	6036.95
6	14.20	-5249.52

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Chequeos de la losa.

Gráfico 84. Chequeo a corte, Ejercicio 2.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Corte_LMB'. It contains two sections for shear check results. The first section is for 'Sentido del Chequeo' 'SENTIDO X-X'. It displays the condition $V_u \leq \phi \cdot V_n$ and $\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c$. The maximum shear force $V_u \text{ max} = 6059.31$ is compared against the design shear capacity $V_c = 14368.8$. The result is $6059.31 \text{ Kg} \leq 12213.5 \text{ Kg}$, and the conclusion is 'CUMPLE CHEQUEO A CORTE'. The second section is for 'Sentido del Chequeo' 'SENTIDO Y-Y'. It displays the condition $V_u \leq \phi \cdot V_n$ and $\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c$. The maximum shear force $V_u \text{ max} = 6036.95$ is compared against the design shear capacity $V_c = 14368.8$. The result is $6036.95 \text{ Kg} \leq 12213.5 \text{ Kg}$, and the conclusion is 'CUMPLE CHEQUEO A CORTE'. An 'OK' button is at the bottom.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

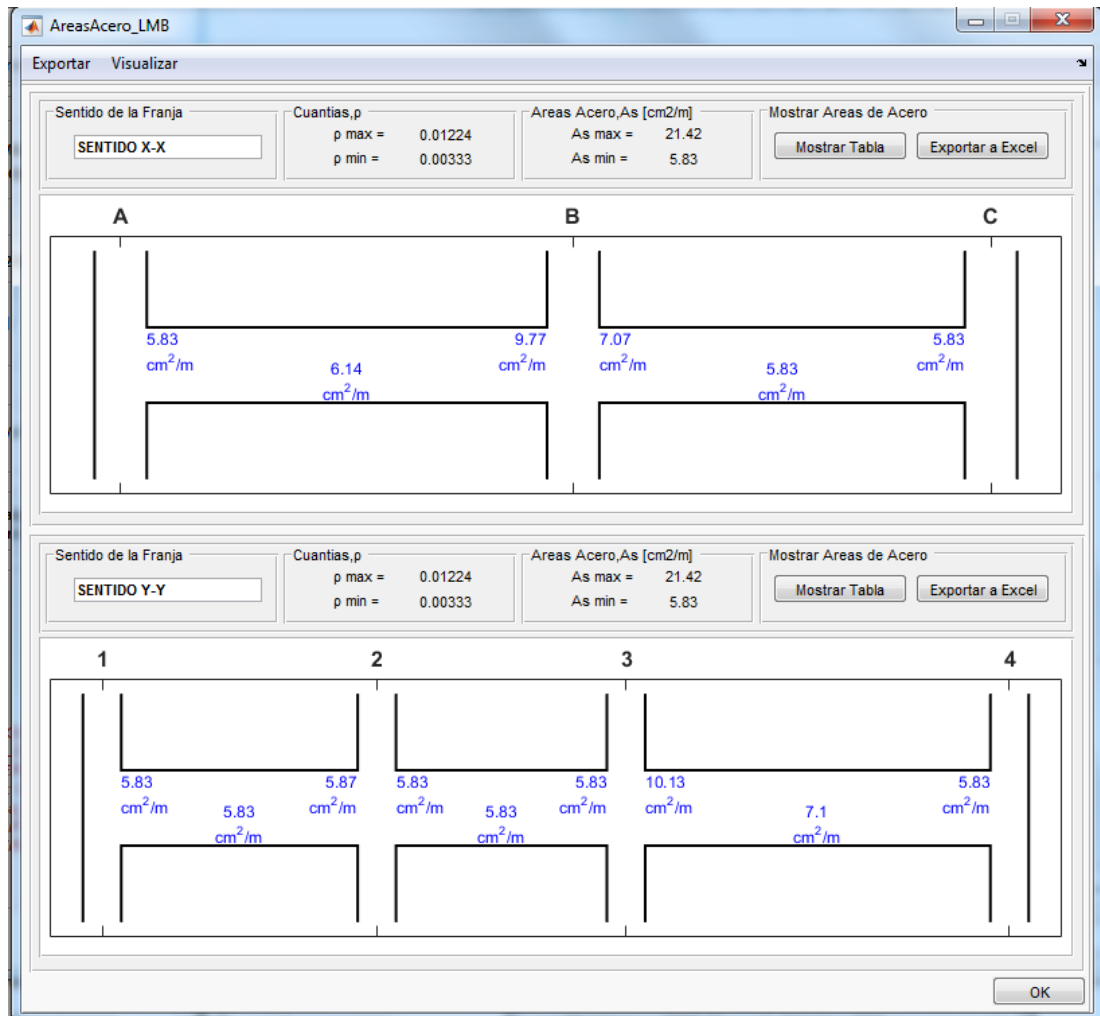
Gráfico 85. Chequeo a flexión, Ejercicio 2.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Flexion_LMB'. It contains two sections for moment check results. The first section is for 'Sentido del Chequeo' 'Sentido X-X'. It displays the condition $d_{cal} < d_{asum}$. The maximum moment $M_u \text{ max} = 6088.58$ is compared against the assumed effective depth $d_{asum} = 17.5$. The result is $12.27 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$, and the conclusion is 'CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN'. The second section is for 'Sentido del Chequeo' 'Sentido Y-Y'. It displays the condition $d_{cal} < d_{asum}$. The maximum moment $M_u \text{ max} = 6299.42$ is compared against the assumed effective depth $d_{asum} = 17.5$. The result is $12.48 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$, and the conclusion is 'CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN'. An 'OK' button is at the bottom.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

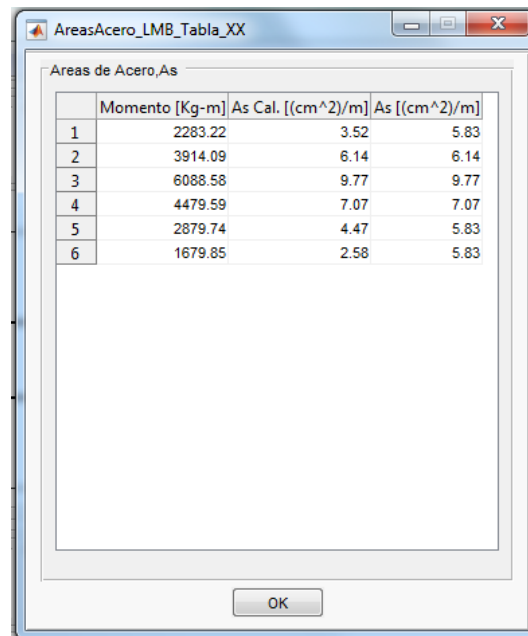
- Diseño de la losa.

Gráfico 86. Áreas de acero de la losa maciza bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

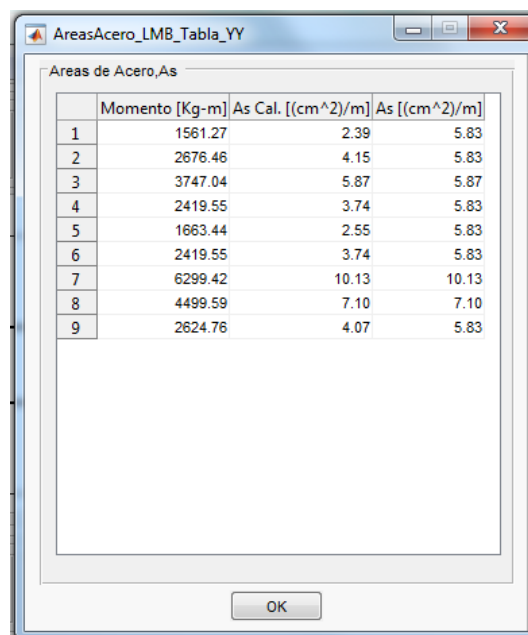
Gráfico 87. Valores de las áreas de acero de la losa maciza bidireccional, sentido X-X.



	Momento [Kg-m]	As Cal. [(cm ²)/m]	As [(cm ²)/m]
1	2283.22	3.52	5.83
2	3914.09	6.14	6.14
3	6088.58	9.77	9.77
4	4479.59	7.07	7.07
5	2879.74	4.47	5.83
6	1679.85	2.58	5.83

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 88. Valores de las áreas de acero de la losa maciza bidireccional, sentido Y-Y.



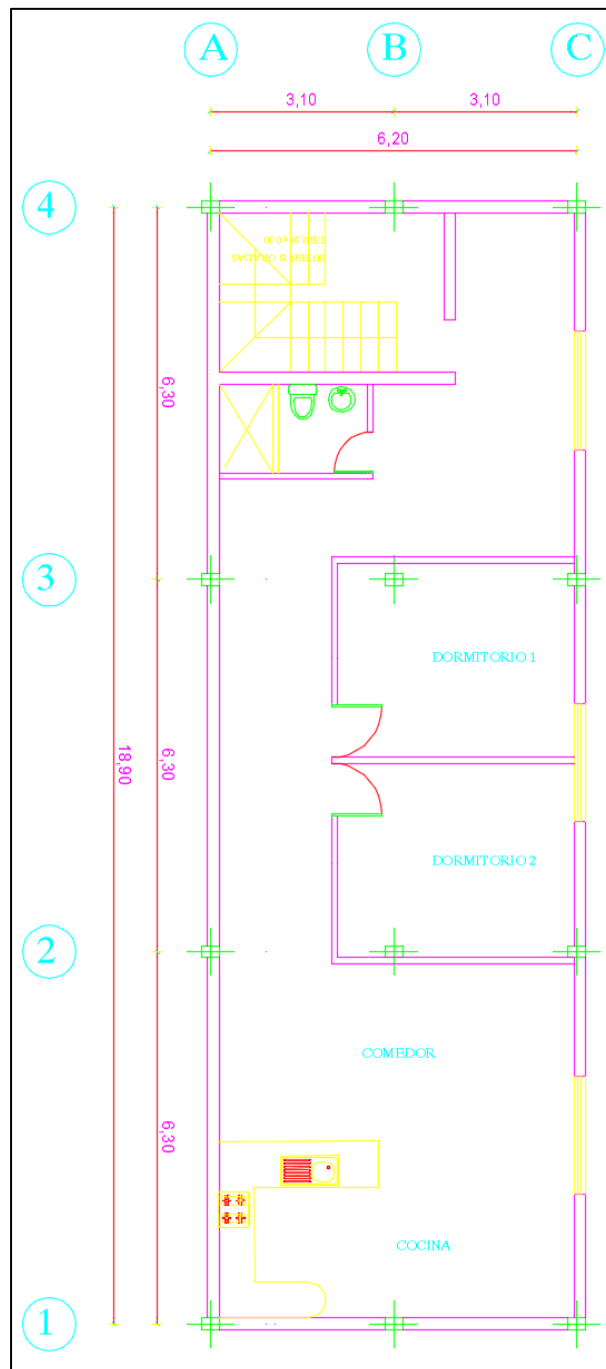
	Momento [Kg-m]	As Cal. [(cm ²)/m]	As [(cm ²)/m]
1	1561.27	2.39	5.83
2	2676.46	4.15	5.83
3	3747.04	5.87	5.87
4	2419.55	3.74	5.83
5	1663.44	2.55	5.83
6	2419.55	3.74	5.83
7	6299.42	10.13	10.13
8	4499.59	7.10	7.10
9	2624.76	4.07	5.83

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.1.3. Losa Nervada Unidireccional.

El proyecto consiste en una estructura de dos pisos con una altura libre de entrepiso de 2,32 metros, contemplándose un sistema de pórticos especiales en Hormigón Armado con vigas descolgadas. La estructura tendrá un uso exclusivo de vivienda.

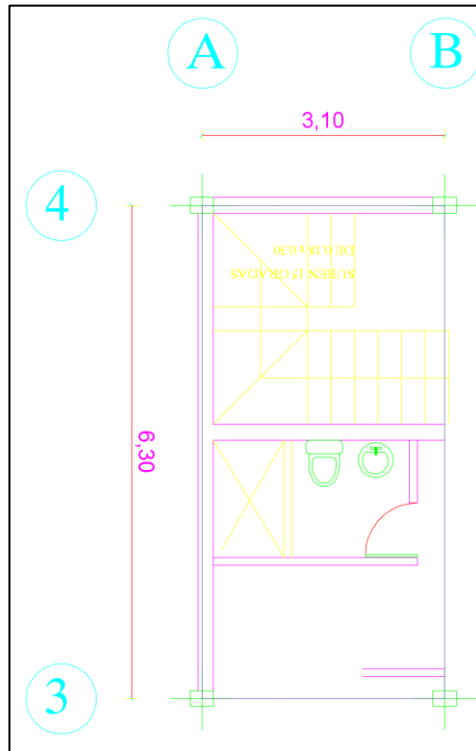
Gráfico 89. Planta arquitectónica de la vivienda.



Fuente: Zambrano Luis.

Para el diseño de la losa se toma el tablero más cargado.

Gráfico 90. Tablero más cargado de la losa.



Fuente: Zambrano Luis.

4.1.3.1. Resolución manual.

- Carga viva (CV).

Carga Viva para viviendas, NEC 2015: 200 Kg/m²

- Determinación del espesor de losa.

Tabla 11. Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección a menos que se calculen las deflexiones.

	Espesor mínimo, h			
	Simplemente apoyada	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Vigas o losas nervadas en una dirección	1/16	1/18.5	1/21	1/8

Fuente: Código ACI 318-08.

El tablero más cargado se encuentra ubicado en una esquina, por lo que solo cuenta con un extremo continuo.

$$h = \frac{L}{18.5} \quad \text{Ec.22}$$

$$h = \frac{6.3 \text{ m}}{18.5}$$

$$h = 0.34 \text{ m}$$

Como el espesor es demasiado grande, se debe colocar una viga secundaria para poder reducirlo.

$$h = \frac{L}{21} \quad \text{Ec.23}$$

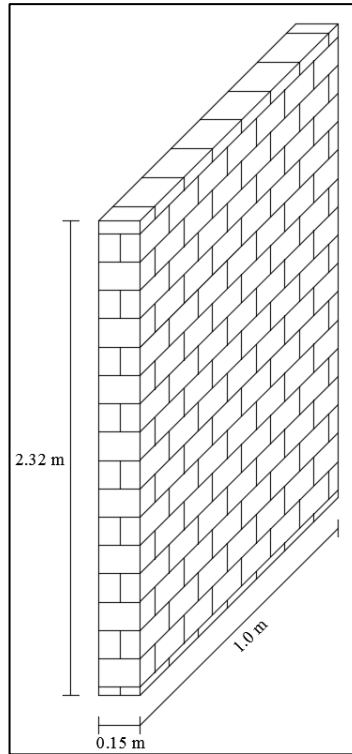
$$h = \frac{3.15 \text{ m}}{21}$$

$$h = 0.15 \text{ m} \cong 0.20 \text{ m}$$

- Cálculo de peso de pared.

Pared Tipo 1

Gráfico 91. Pared Completa, Ejercicio 3.



Fuente: Zambrano Luis.

$$\text{Peso pared } \text{kg}/\text{m} = 1.0\text{m} * 0.15\text{m} * 2.32\text{m} * 1900\text{kg}/\text{m}^3 = 661.2\text{kg } \text{kg}/\text{m}$$

Se mide todos los metros de pared que se encuentran sobre el tablero

$$\text{Longitud total de pared} = 2.95 \text{ m}$$

En base a la Ecuación 3

$$\text{Peso total de pared} = 661.2\text{kg } \text{kg}/\text{m} * 2.95\text{m}$$

$$\text{Peso total de pared} = 1950.5 \text{ kg}$$

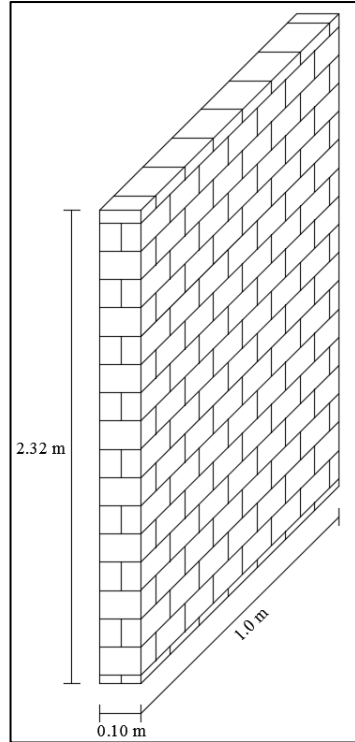
En base a la Ecuación 4

$$\Delta P1 = \frac{1950.5 \text{ kg}}{6.3\text{m} * 3.1\text{m}}$$

$$\Delta P1 = 99.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Pared Tipo 2

Gráfico 92. Pared Completa, Ejercicio 3.



Fuente: Zambrano Luis.

$$\text{Peso pared } \text{c/m} = 1.0\text{m} * 0.10\text{m} * 2.32\text{m} * 1900 \text{ kg/m}^3 = 440.8 \text{ kg c/m}$$

Se mide todos los metros de pared que se encuentran sobre el tablero

$$\text{Longitud total de pared} = 4.45\text{m}$$

En base a la Ecuación 3

$$\text{Peso total de pared} = 440.8 \text{ kg c/m} * 4.45\text{m}$$

$$\text{Peso total de pared} = 1961.5 \text{ kg}$$

En base a la Ecuación 4

$$\Delta P2 = \frac{1961.5 \text{ kg}}{6.3\text{m} * 3.1\text{m}}$$

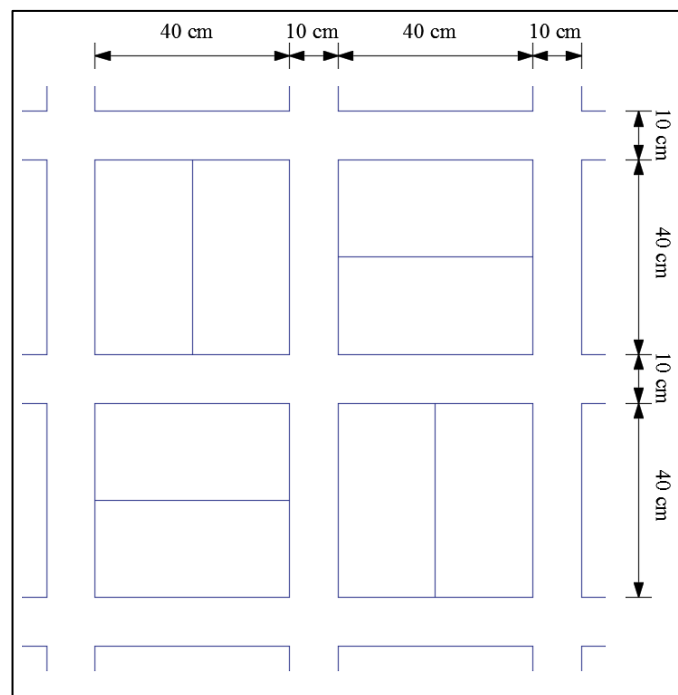
$$\Delta P2 = 100.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta P_t = \Delta P_1 + \Delta P_2$$

$$\Delta P_t = 200.3 \frac{kg}{m^2}$$

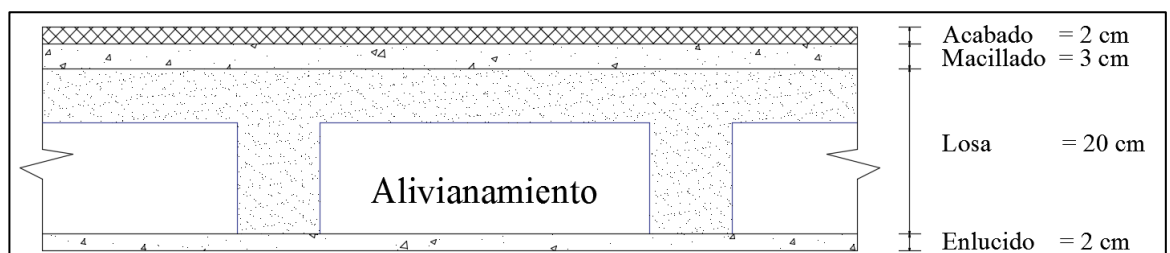
- Cálculo del peso de losa.

Gráfico 93. Alivianamientos de la losa nervada unidireccional en un metro cuadrado.



Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 94. Corte típico de losa nervada unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

$$P. \text{Loseta de compresión} = 1m * 1m * 0.05m * 2400 \text{ Kg}/m^2 = 120 \text{ kg } ^c/m^2$$

$$P. \text{Nervios} = 0.1m * 0.15m * 3.6m * 2400 \text{ Kg}/m^2 = 129.6 \text{ kg } ^c/m^2$$

$$P. \text{Alivianamiento} = 8 * 10 \text{ Kg} = 80 \text{ kg } ^c/m^2$$

$$P. \text{Losa} = P. \text{Loseta de compresión} + P. \text{Nervios} + P. \text{Alivianamiento}$$

$$P. \text{Losa} = 329.6 \text{ kg } ^c/m^2$$

- Cálculo del peso del acabado de losa.

$$P. \text{Macilla} + \text{enlucido} = 1m * 1m * 0.05 * 1900 \text{ Kg}/m^2 = 95 \text{ Kg}/m^2$$

$$P. \text{acabado}_{\text{madera}} = 1m * 1m * 0.02 * 1600 \text{ Kg}/m^2 = 32 \text{ Kg}/m^2$$

$$P. \text{acabado losa} = P. \text{Macilla} + \text{enlucido} + P. \text{acabado}_{\text{madera}} = 127 \text{ Kg}/m^2$$

- Cálculo de la carga última.

$$\text{Carga muerta (CM): } 200.3 \text{ Kg}/m^2 + 329.6 \text{ Kg}/m^2 + 127 \text{ Kg}/m^2 = 656.9 \text{ Kg}/m^2$$

$$\text{Carga viva (CV): } 200 \text{ Kg}/m^2$$

En base a la Ecuación 5.

$$q_u = 1.2(656.9 \text{ Kg}/m^2) + 1.6(200 \text{ Kg}/m^2)$$

$$q_u = 1108.28 \text{ Kg}/m^2$$

- Determinación del tipo de losa.

Por su geometría

Claro largo: 6.3 m

Claro corto: 3.1 m

En base a la Ecuación 6.

$$\frac{6.3 \text{ m}}{3.1 \text{ m}} = 2.03 \rightarrow \textbf{Losa Unidireccional}$$

Por la carga

Carga viva (CV): 200 Kg/m²

Carga muerta (CM): 656.9 Kg/m²

$$Carga \text{ Viva} \leq 3 \text{ Carga Muerta} \rightarrow \textbf{Losa Nervada} \quad \text{Ec.24}$$

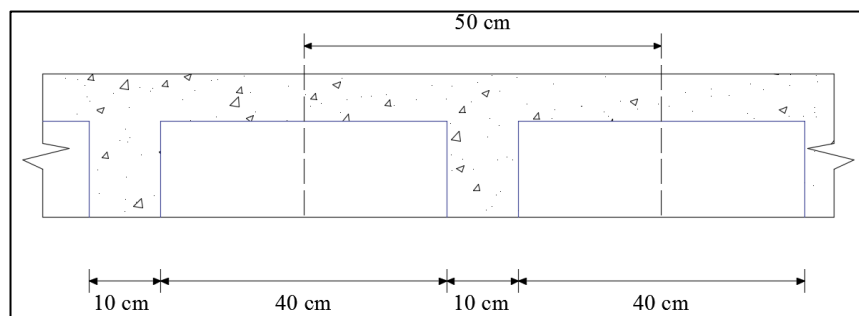
$$200 \text{ Kg/m}^2 \leq 1970.7 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \textbf{Losa Nervada}$$

- Cálculo de la carga distribuida que actúa en la losa.

$$q_u = 1108.28 \text{ Kg/m}^2 * 0.5 \text{ m}$$

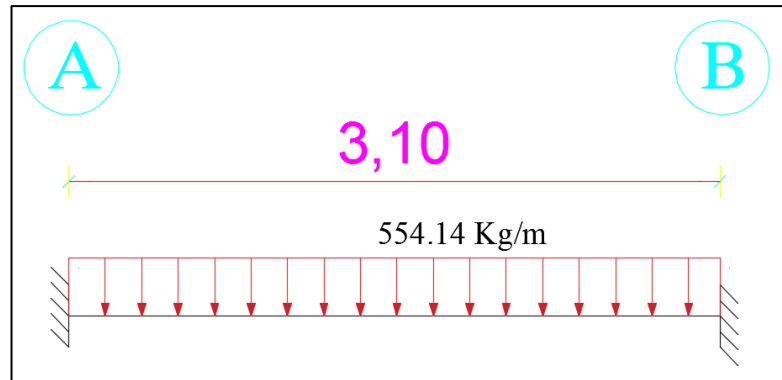
$$q_u = 554.14 \text{ Kg/m}$$

Gráfico 95. Corte losa nervada unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

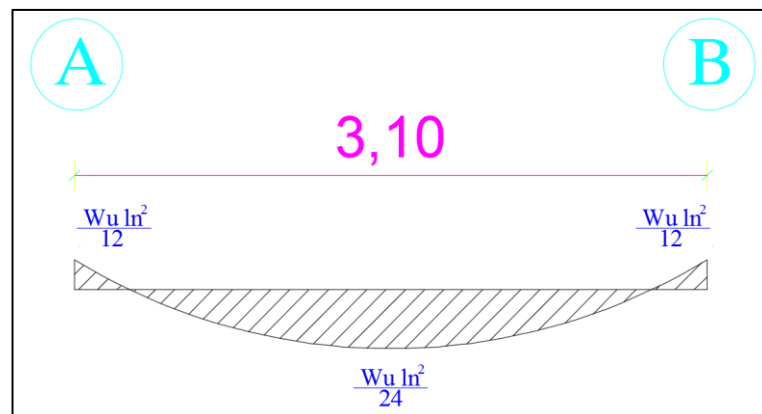
Gráfico 96. Modelo matemático, Ejercicio 3.



Fuente: Zambrano Luis.

- Cálculo de momentos.

Gráfico 97. Fórmulas de vigas simplemente empotradas para el cálculo de momentos, Ejercicio 3.



Fuente: Zambrano Luis.

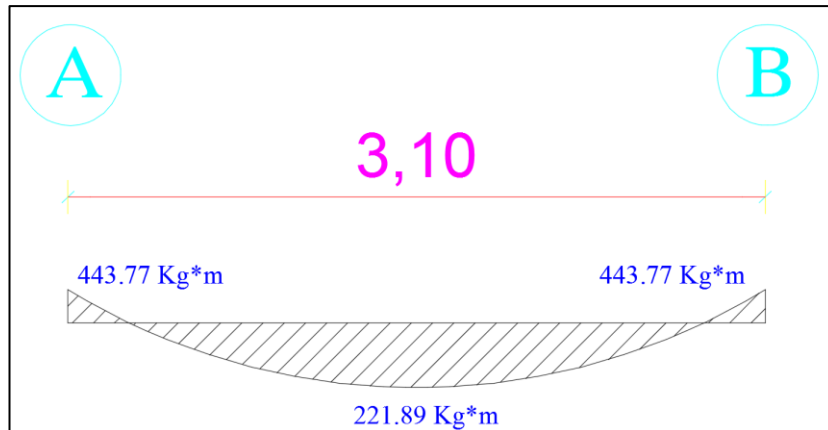
Tramo A-B

$$\frac{W_u \cdot l_n^2}{12} = \frac{554.14 \text{ Kg/m} \cdot (3.1\text{m})^2}{12} = 443.77 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$\frac{W_u \cdot l_n^2}{24} = \frac{554.14 \text{ Kg/m} \cdot (3.1\text{m})^2}{24} = 221.89 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$\frac{W_u \cdot l_n^2}{12} = \frac{554.14 \text{ Kg/m} \cdot (3.1\text{m})^2}{12} = 443.77 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

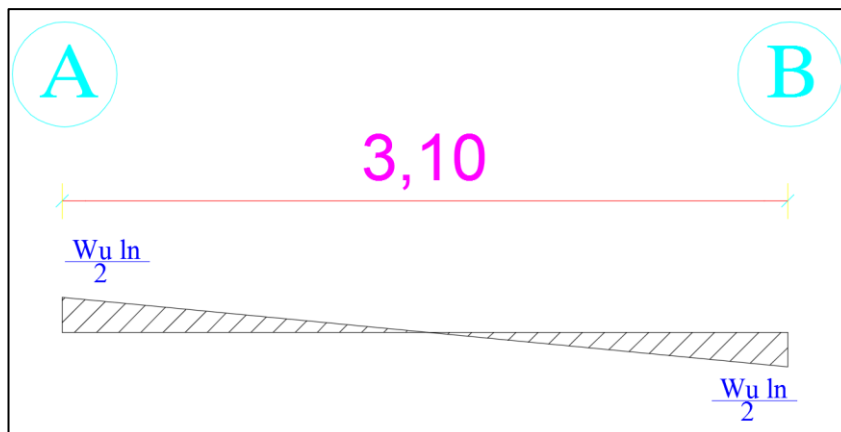
Gráfico 98. Diagrama de momentos, losa nervada unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Cálculo de cortantes.

Gráfico 99. Fórmulas de vigas simplemente empotradas para el cálculo de cortantes, Ejercicio 3.



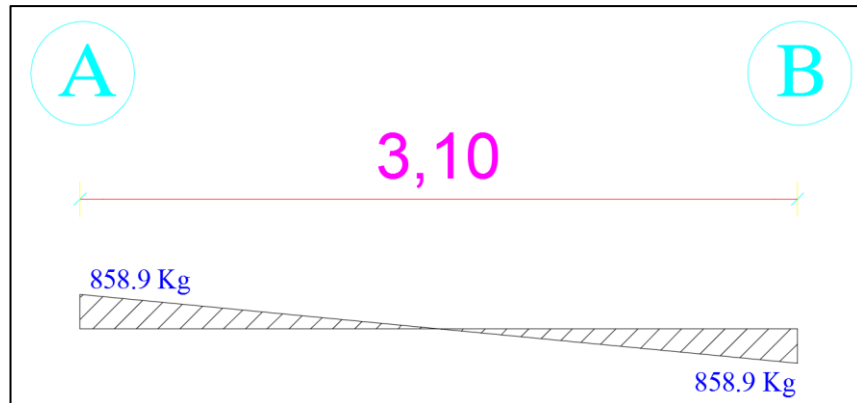
Fuente: Zambrano Luis.

Tramo A-B

$$\frac{W_u \cdot l_n}{2} = \frac{554.14 \text{ Kg/m} \cdot 3.1\text{m}}{2} = 858.917 \text{ Kg}$$

$$\frac{W_u \cdot l_n}{2} = \frac{554.14 \text{ Kg/m} \cdot 3.1\text{m}}{2} = 858.917 \text{ Kg}$$

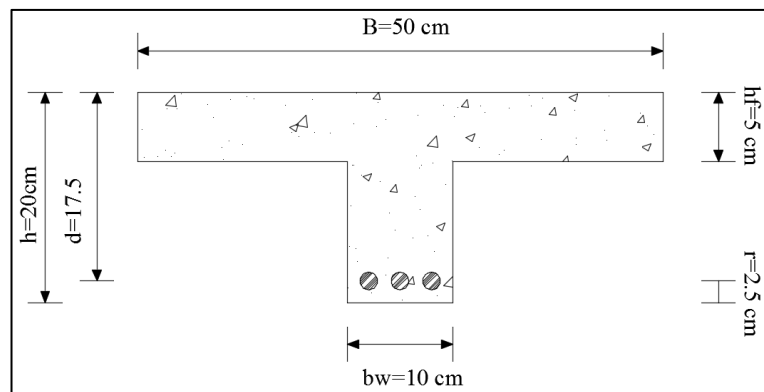
Gráfico 100. Diagrama de cortante, losa nervada unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Determinación si la viga es analizada como viga T o viga rectangular.

Gráfico 101. Sección de viga T, Losa nervada unidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

Cálculo del área de acero para el mayor valor de momento.

En base a la Ecuación 18

$$K = 0.85 * 240 \text{ Kg/cm}^2 * 10\text{cm} * 17.5\text{cm}$$

$$K = 35700 \text{ Kg}$$

En base a la Ecuación 19.

$$A_s = \frac{35700}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 443.77 \text{ kg} * \text{m} * 100}{0.9 * 35700 * 17.5 \text{ cm}}} \right)$$
$$A_s = 0.69 \text{ cm}^2$$

Cálculo de la fuerza de tensión.

$$FT = A_s * f_y \quad \text{Ec.25}$$

$$FT = 0.69 \text{ cm}^2 * 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$FT = 2898 \text{ Kg}$$

Cálculo del área de compresión del concreto.

$$A_c = \frac{FT}{0.85 * f'_c} \quad \text{Ec.26}$$

$$A_c = \frac{2898 \text{ Kg}}{0.85 * 240 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A_c = 14.21 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área del patín.

$$A_p = B * hf \quad \text{Ec.27}$$

$$A_p = 50 \text{ cm} * 5 \text{ cm}$$

$$A_p = 250 \text{ cm}^2$$

Como:

$$A_c \leq A_p$$

$$14.21 \text{ cm}^2 \leq 250 \text{ cm}^2$$

La viga será analizada y diseñada como viga rectangular.

Cálculo de la profundidad del bloque de esfuerzos.

$$a = \frac{Ac}{bw} \quad \text{Ec.28}$$

$$a = \frac{14.21 \text{ cm}^2}{10 \text{ cm}}$$

$$a = 1.42 \text{ cm}$$

Cálculo de la distancia de la fibra más comprimida al eje neutro.

$$c = \frac{a}{\beta_1} \quad \text{Ec.29}$$

$$c = \frac{1.42 \text{ cm}}{0.85}$$

$$c = 1.67 \text{ cm}$$

Deformación unitaria del concreto.

$$\epsilon_{cu} = 0.003$$

Deformación unitaria del acero a la falla.

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Ec} \quad \text{Ec.30}$$

$$Ec = 15100 * \sqrt{f'c} \quad \text{Ec.31}$$

$$Ec = 15100 * \sqrt{240 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$Ec = 233928.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\epsilon_y = \frac{4200 \text{ Kg/cm}^2}{233928.2 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\epsilon_y = 0.018$$

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{cu} * \frac{d - c}{c} \quad \text{Ec.32}$$

$$\varepsilon_t = 0.029$$

$$\varepsilon_t > \varepsilon_y$$

La sección es dúctil

Diagrama de un elemento de concreto armado sometido a flexión. Se muestra la sección transversal con una altura total de 17.5 cm y una altura efectiva de 17.1 cm. La armadura de acero se encuentra a una distancia $a = 1.4$ cm de la fibra superior. Se indica la posición del eje neutro y el perfil de tensiones y deformaciones con valores de curvatura $\epsilon_{cu} = 0.003$ y $\epsilon_t = 0.029$.

Determinación si el diseño de la viga es simplemente armada o doblemente armada.

$$k = \frac{443.77 \text{ kg} * m * 100}{0.9 * 240 \text{ Kg/cm}^2 * (17.5\text{cm})^2 * 50\text{cm}}$$

102

$$k_{max} = 0.5 * \frac{1}{2.36}$$

Ec.34

$$k_{max} = 0.21$$

Como:

$$k < k_{max}$$

$$0.013 > 0.21$$

Se diseñara como viga simplemente armada

- Chequeo a flexión.

Recubrimiento (r): 2.5 cm

Espesor de losa (h): 20 cm

Esfuerzo máximo a la compresión del hormigón (f'c): 240 Kg/cm²

Peralte efectivo asumido.

En base a la Ecuación 8.

$$d_{asumido} = 20 - 2.5$$

$$d_{asumido} = 17.5 \text{ cm}$$

Cuantía de acero máxima.

En base a la Ecuación 10.

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * 0.85 * \frac{240 \frac{kg}{cm^2}}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.01224$$

Cuantía mecánica.

En base a la Ecuación 11.

$$q = 0.01224 * \frac{4200 \frac{kg}{cm^2}}{240 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$q = 0.2142$$

Peralte efectivo calculado.

En base a la Ecuación 12.

$$k = 0.2142 - 0.59 * (0.2142)^2$$

$$k = 0.187$$

En base a la Ecuación 13.

$$d_{cal}^2 = \frac{443.77kg * m * 100}{0.9 * 240 \frac{kg}{cm^2} * 0.187 * 10}$$

$$d_{cal} = 10.48cm$$

Como:

$$d_{cal} < d_{asumido}$$

$$10.48cm < 17.5cm \rightarrow OK$$

No falla a Flexión

- Chequeo a corte.

$$\phi V_n \geq V_u$$

Cálculo del cortante del concreto.

En base a la Ecuación 14.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2}} * 10cm * 17.5cm$$

$$V_c = 1436.87 kg$$

Cálculo resistencia nominal al cortante.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = V_c$$

Nota: V_s es cero porque no se coloca estribos.

$$V_n = 1436.87 kg$$

Como:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.85 * 1436.87 kg \geq 858.92 kg$$

$$1221.3 kg \geq 858.92 kg \rightarrow OK$$

No falla a Corte

- Cálculo de áreas de acero.

Cuantía de acero mínimo.

En base a la Ecuación 15.

$$\rho_{\min} = \frac{14}{4200 Kg/cm^2}$$

$$\rho_{\min} = 0.0033$$

Área de acero mínima.

En base a la Ecuación 16.

$$As_{\min} = 0.0033 * 10cm * 17.5cm$$

$$As_{\min} = 0.577 \text{ cm}^2$$

Área de acero máxima.

En base a la Ecuación 17.

$$As_{\max} = 0.01224 * 10cm * 17.5cm$$

$$As_{\max} = 2.142 \text{ cm}^2$$

Áreas de acero.

En base a la Ecuación 18.

$$K = 0.85 * 240 \text{ Kg/cm}^2 * 10cm * 17.5cm$$

$$K = 35700 \text{ Kg}$$

En base a la Ecuación 19.

$$As = \frac{35700}{4200 \text{ Kg/cm}^2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 443.77 \text{ kg} * m * 100}{0.9 * 35700 * 17.5cm}} \right)$$

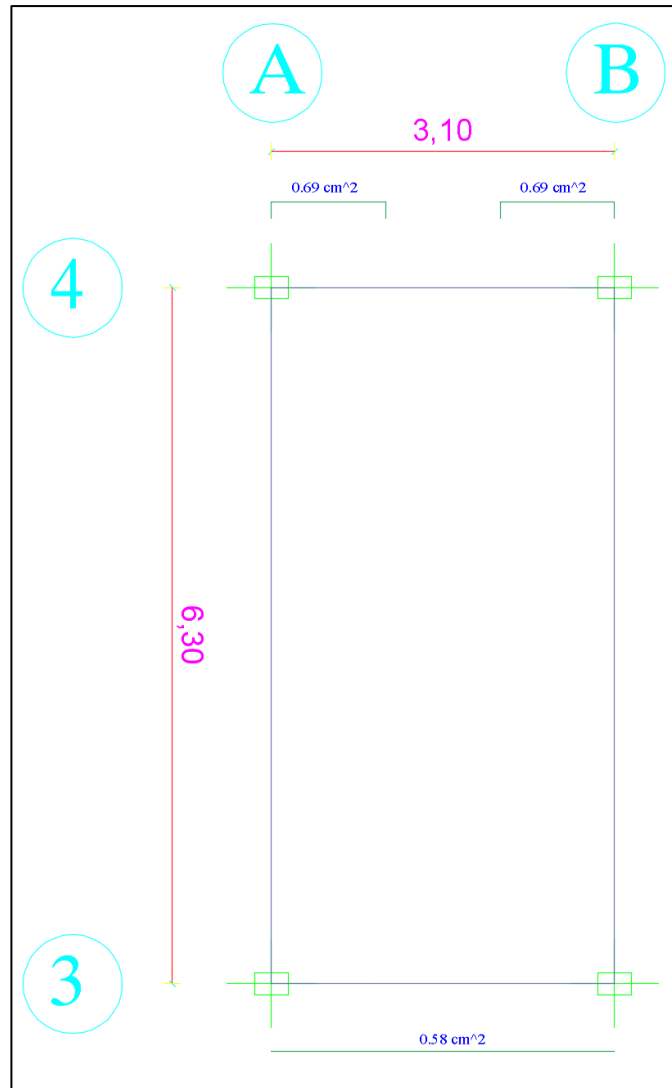
$$As = 0.69 \text{ cm}^2$$

Como:

$$As_{\min} \leq As \leq As_{\max}$$

$$0.577 \text{ cm}^2 \leq 0.69 \text{ cm}^2 \leq 2.14 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Gráfico 103. Áreas de acero de losa nervada unidireccional.

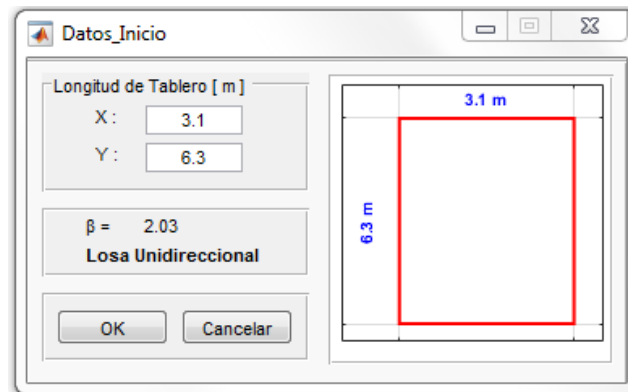


Fuente: Zambrano Luis.

4.1.3.2. Resolución con el software de cálculo y diseño.

- Ingreso de las medidas del tablero que se va a analizar.

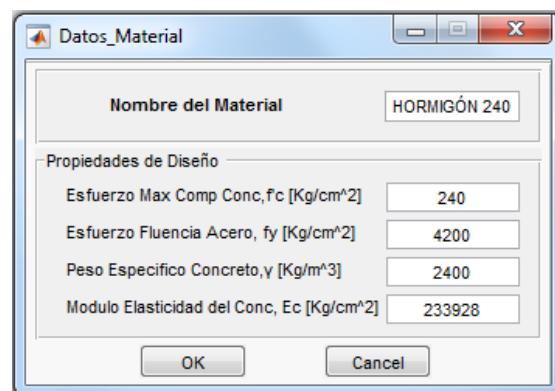
Gráfico 104. Tablero de la losa en análisis.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el tipo de material con el que se va a trabajar.

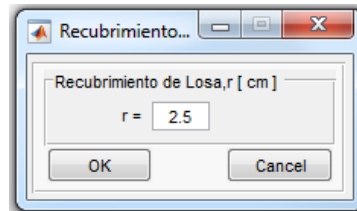
Gráfico 105. Propiedades del material.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el recubrimiento de la losa.

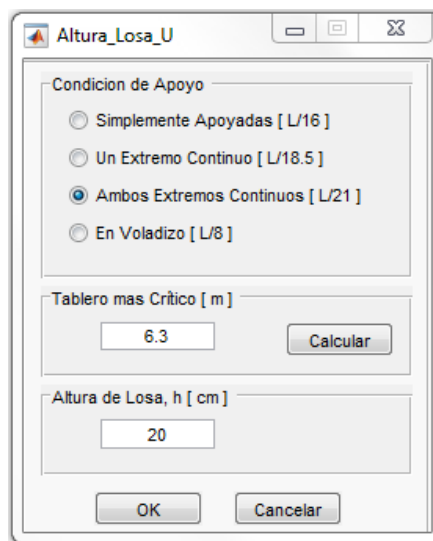
Gráfico 106. Recubrimiento de losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación del espesor de losa, calculado por el programa.

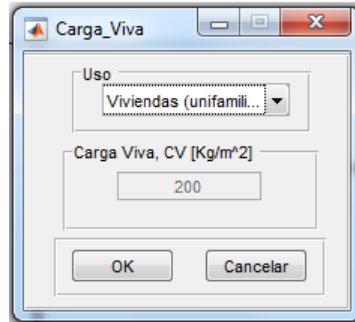
Gráfico 107. Modificación de espesor de losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Selección de la carga viva de acuerdo al uso de la estructura.

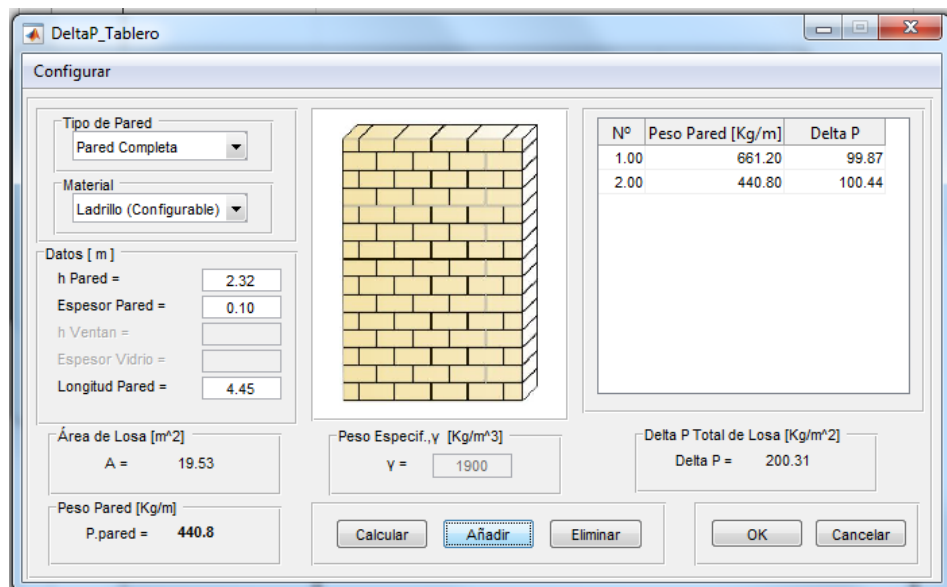
Gráfico 108. Carga viva.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los diferentes tipos de paredes que existen en el tablero de la losa, para el cálculo del peso.

Gráfico 109. Cálculo del peso de pared.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los acabados de la losa, para el cálculo del peso de acabado.

Gráfico 110. Cálculo del peso del acabado de la losa.

Peso_Acabado

Configurar

Acabado

Morteros [Kg/m³]

Contrapisos y rec. [Kg/m²]

Cielorrasos y Cubiertas [Kg/m²]

Peso Especifico, γ [Kg/m³]

Peso Unitario = 1600

Peso Acabado [Kg/m²]

P. Acabado = 32

Datos Acabado [m]

Espesor = 0.02

Nº	Peso Acabado [Kg/m ²]
1.00	95.00
2.00	32.00

P. Acabado Total de Tablero [Kg/m²]

P. Acabado = 127

Calcular Añadir Eliminar OK Cancelar

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Valores de pesos ingresados en el tablero de la losa.

Gráfico 111. Pesos ingresados en el tablero.

Peso_Tablero

3.1

6.3

Área tablero [m ²]	Delta P [Kg/m ²]	P. Acabado [Kg/m ²]
19.53	200.31	127.00

Ingresar :

P Pared Ingresar

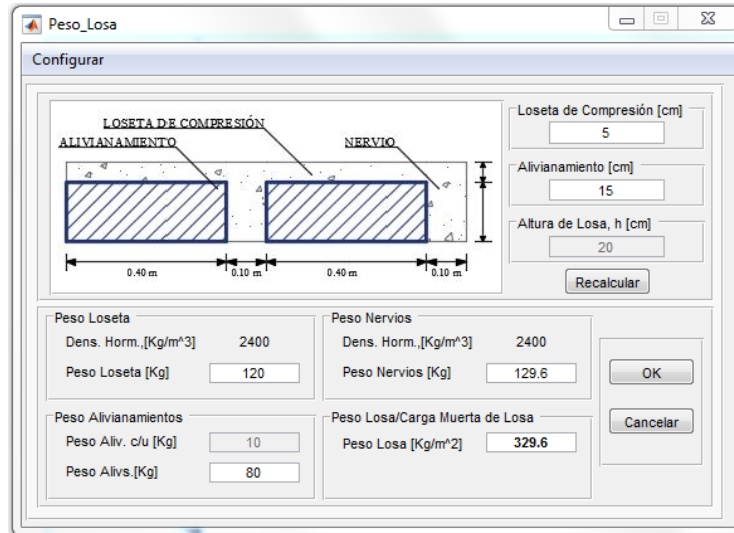
P. Acabado Ingresar

OK Cancelar

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

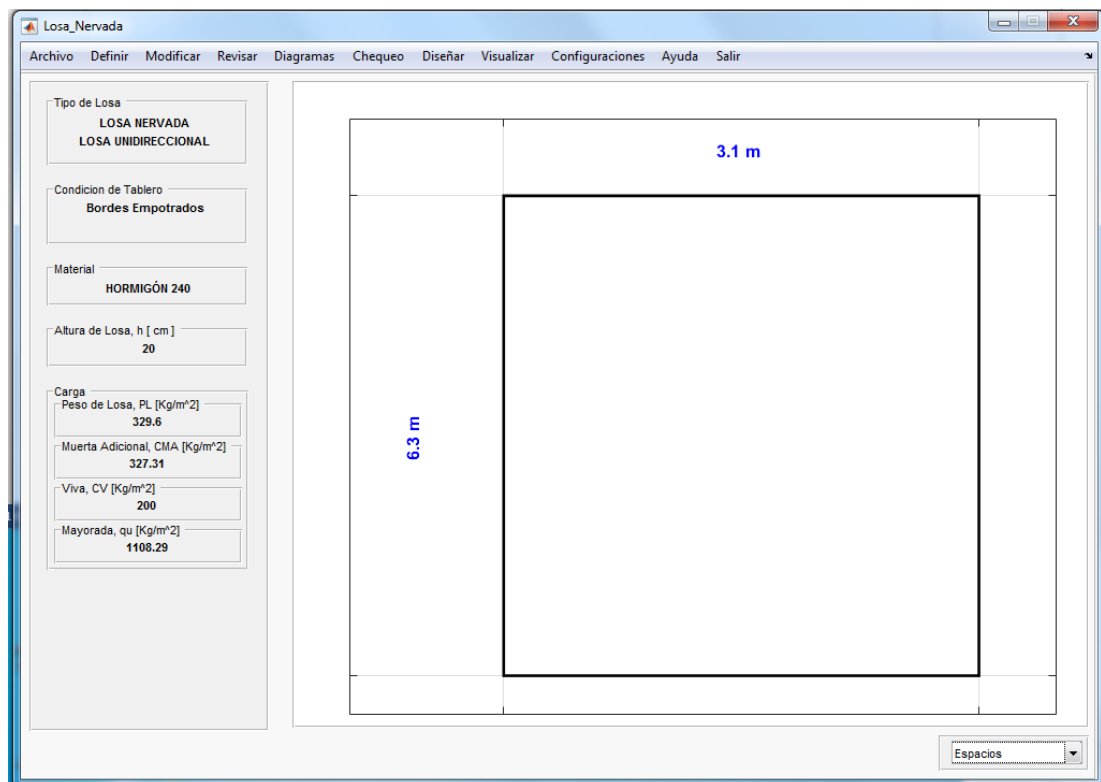
- Cálculo del peso de la losa.

Gráfico 112. Peso de la losa.



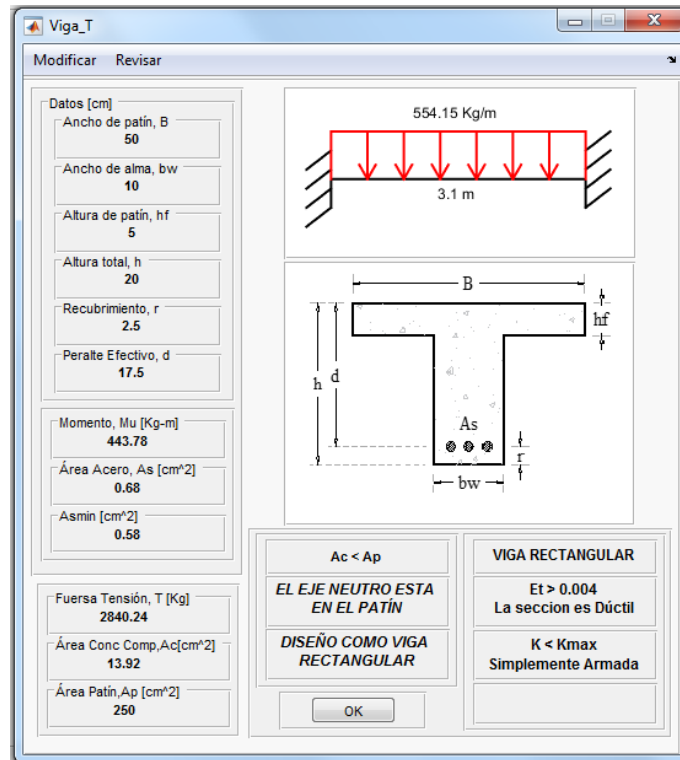
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 113. Ventana principal del software.



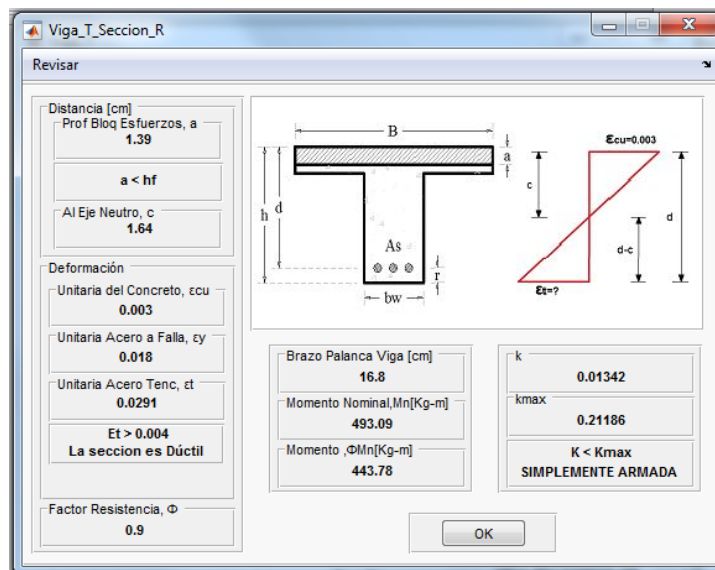
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 114. Análisis de la viga T.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

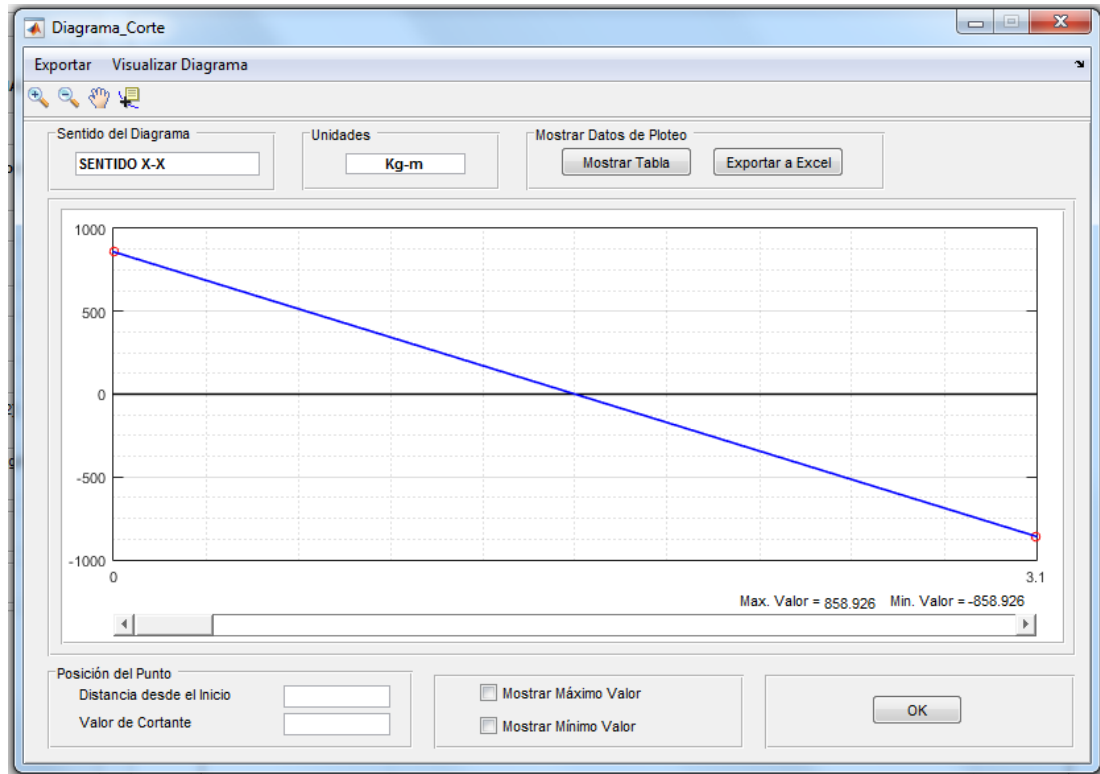
Gráfico 115. Análisis de la sección.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Diagramas.

Gráfico 116. Diagramas de cortante, Ejercicio 3.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 117. Valores del diagrama de cortante.

Diagrama_Corte_Tabla

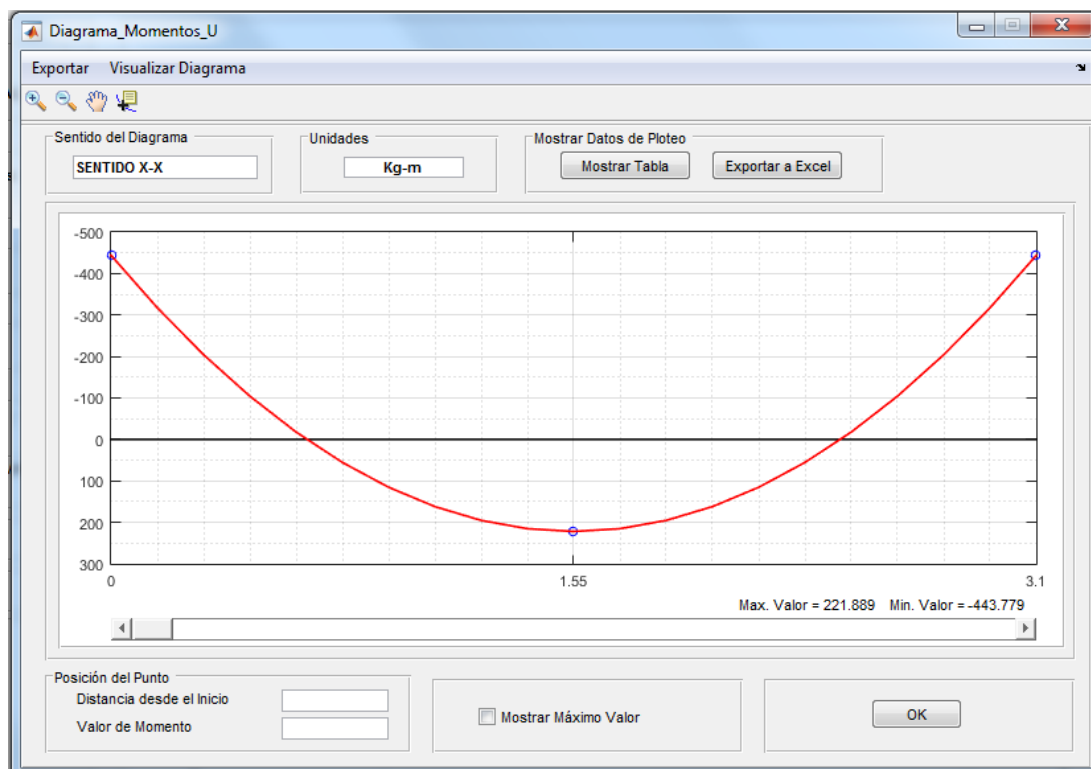
Datos de Tabulacion: Diagrama de Corte

	Distancia [m]	Cortante, Vu [Kg]
1	0.00	858.93
2	3.10	-858.93

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 118. Diagramas de momentos, Ejercicio 3.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 119. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X.

Diagrama_Momentos_U_Tab...

Datos de Tabulacion: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-443.78
2	1.55	221.89
3	3.10	-443.78

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Chequeos de la losa.

Gráfico 120. Chequeo a corte, Ejercicio 3.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Corte_U'. It contains a 'Revisar' (Review) section with the following details:

- CHEQUEO A CORTE**
 - Condición: $V_u \leq \phi * V_n$ and $\phi * V_n = \phi * V_c$
- Sentido del Chequeo**: SENTIDO X-X
- Cortante Máx, V_u [Kg]**: $V_u \text{ max} = 858.926$
- Esfuerzo Corte, V_c [Kg]**: $V_c = 1436.88$
- Comparison: $858.926 \text{ Kg} \leq 1221.35 \text{ Kg}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A CORTE**
- Buttons: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 121. Chequeo a flexión, Ejercicio 3.

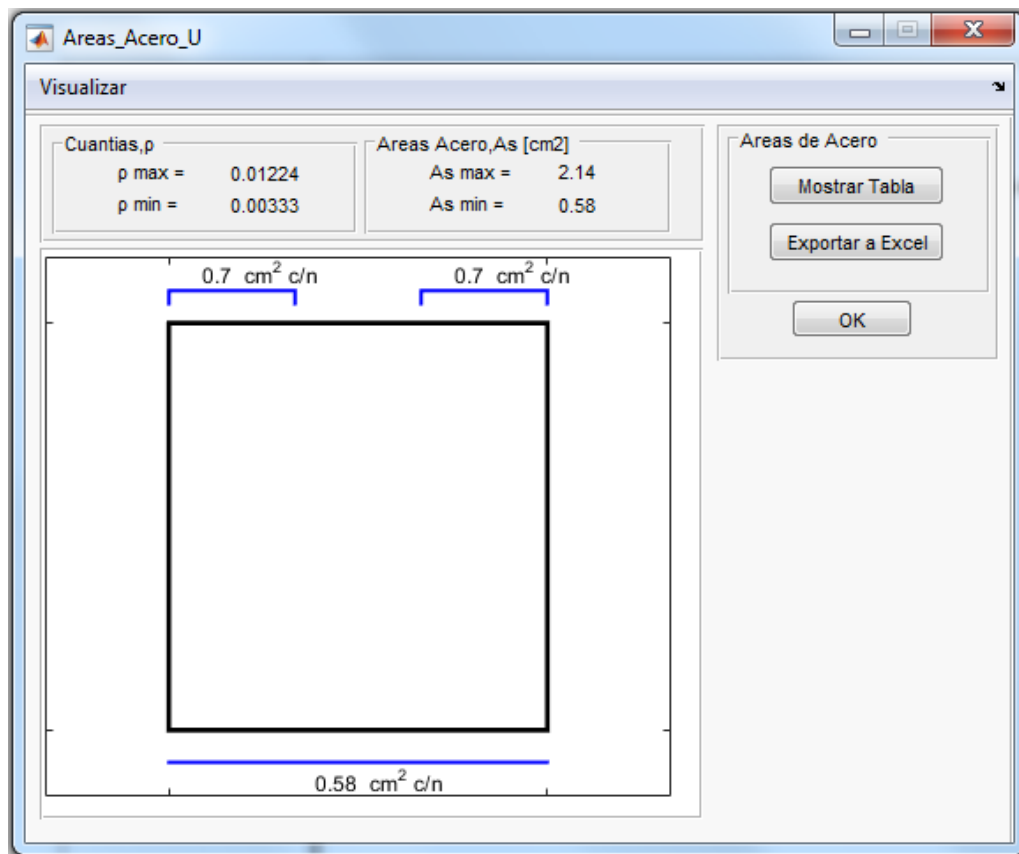
The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Flexion_U'. It contains a 'Revisar' (Review) section with the following details:

- CHEQUEO A FLEXIÓN**
 - Condición: $d_{cal} < d_{asum}$
- Sentido del Chequeo**: SENTIDO X-X
- Momento Máx, M_u [Kg-m]**: $M_u \text{ max} = 443.779$
- Peralte asumido, d_{asum} [cm]**: $d_{asum} = 17.5$
- Comparison: $10.48 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN**
- Buttons: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Diseño de la losa.

Gráfico 122. Áreas de acero de la losa maciza bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 123. Valores de las áreas de acero de la losa nervada unidireccional.

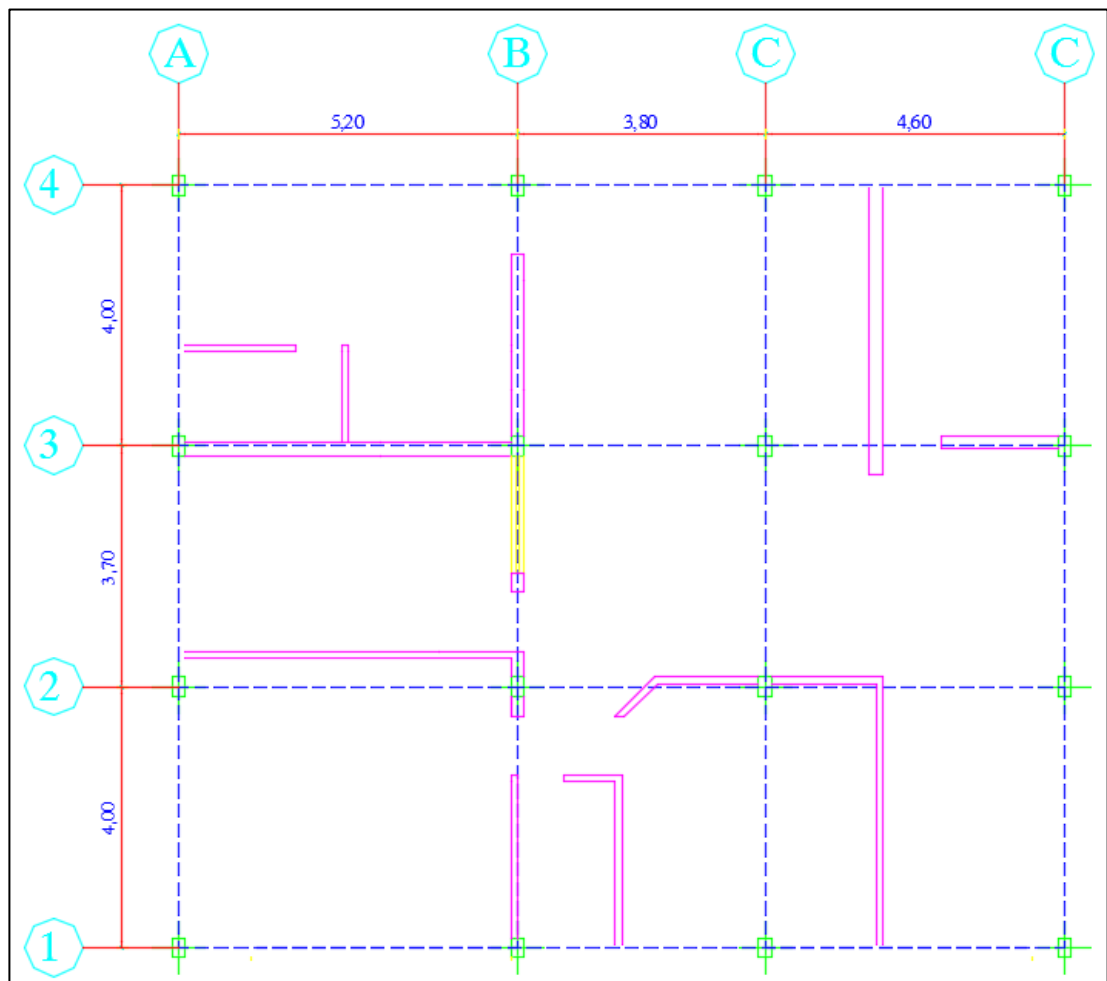
	Momento [Kg-m]	Área Acero Cal. (cm²)	Área Acero (cm²)
1	-443.78	0.70	0.70
2	221.89	0.34	0.58
3	-443.78	0.70	0.70

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.1.4. Losa Nervada Bidireccional.

El proyecto consiste en una estructura de dos pisos con una altura libre de entrepiso de 2,32 metros, contemplándose un sistema de pórticos especiales en Hormigón Armado con vigas descolgadas. La estructura tendrá un uso exclusivo de vivienda.

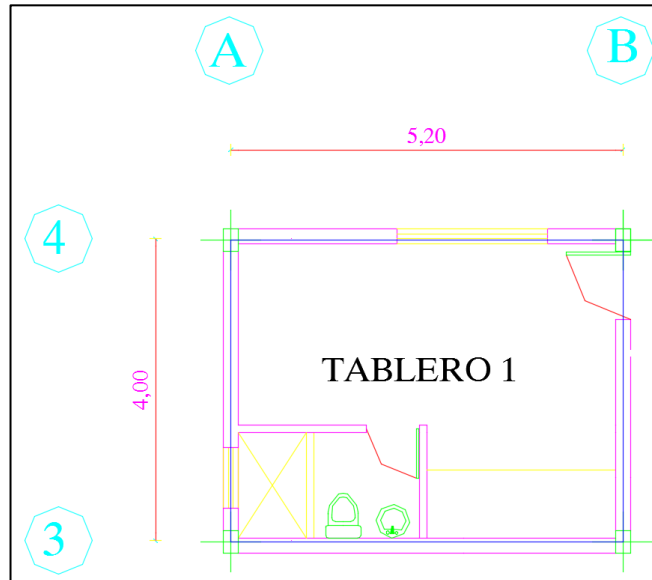
Gráfico 124. Planta arquitectónica de la vivienda.



Fuente: Zambrano Luis.

Para el diseño de la losa se toma el tablero más crítico geoméricamente.

Gráfico 125. Tablero más crítico geoméricamente.



Fuente: Zambrano Luis.

4.1.4.1. Resolución manual.

- Carga viva (CV).

Carga Viva para viviendas, NEC 2015: 200 Kg/m²

- Determinación del espesor de losa.

Tabla 12. Espesor mínimo de las losas de dos direcciones con vigas entre los apoyos en todos los lados.

Espesor mínimo, h
$\frac{\ln(0.8 + \frac{fy}{14000})}{36 + 9\beta} \geq 9cm$

Fuente: Código ACI 318-14.

En base a la Ecuación 20.

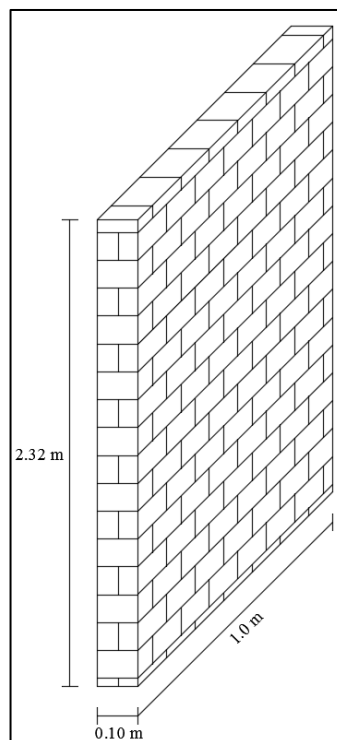
$$\beta = \frac{5.2m}{4.0m} = 1.3$$

$$h = \frac{520cm(0.8 + \frac{4200 Kg/cm^2}{14000})}{36 + (9 * 1.3)}$$

$$h = 12.0cm \cong 20cm$$

- Cálculo de peso de pared.

Gráfico 126. Pared Completa, Ejercicio 4.



Fuente: Zambrano Luis.

$$\text{Peso pared } c/m = 1.0m * 0.10m * 2.32m * 1900 kg/m^3 = 440.8 kg \text{ } c/m$$

Se mide todos los metros de pared que se encuentran sobre el tablero

$$\text{Longitud total de pared} = 3.2m$$

En base a la Ecuación 3

$$\text{Peso total de pared} = 440.8 \text{ kg } ^c/m * 3.2m$$

$$\text{Peso total de pared} = 1410.56 \text{ kg}$$

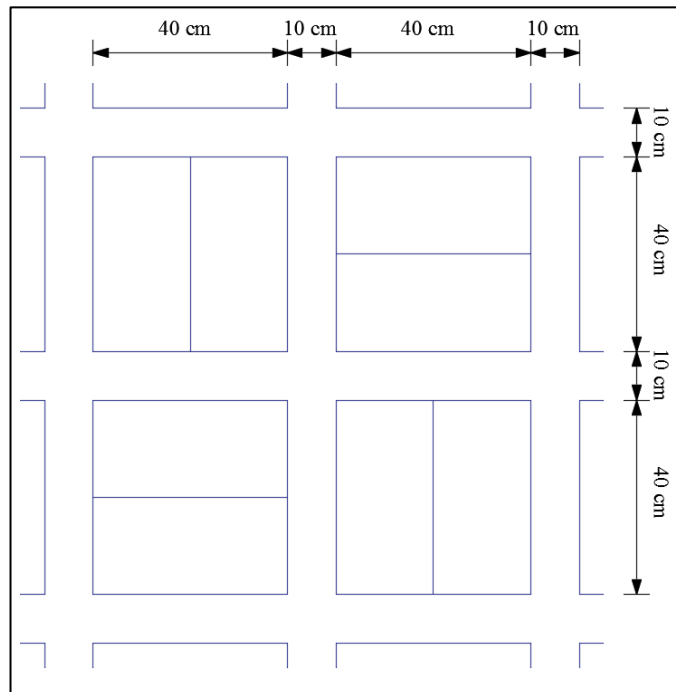
En base a la Ecuación 4

$$\Delta P = \frac{1410.56 \text{ kg}}{5.2m * 4.0m}$$

$$\Delta P = 67.82 \frac{\text{kg}}{m^2}$$

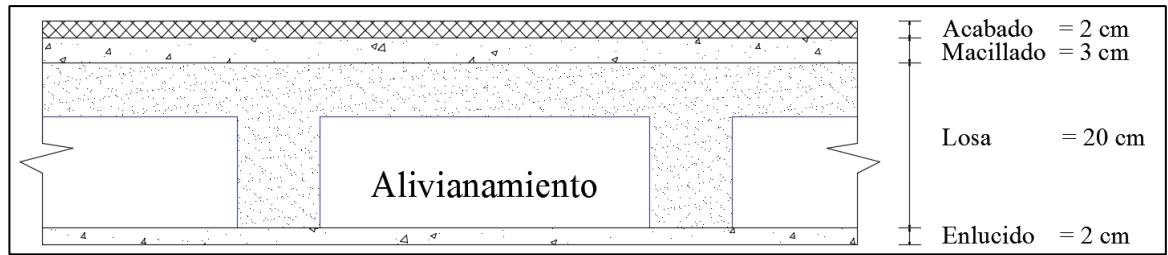
- Cálculo del peso de losa.

Gráfico 127. Alivianamientos de la losa nervada bidireccional en un metro cuadrado.



Fuente: Zambrano Luis.

Gráfico 128. Corte típico de losa nervada bidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

$$P. \text{Loseta de compresión} = 1m * 1m * 0.05m * 2400 \text{ Kg/m}^2 = 120 \text{ kg } ^c/\text{m}^2$$

$$P. \text{Nervios} = 0.1m * 0.15m * 3.6m * 2400 \text{ Kg/m}^2 = 129.6 \text{ kg } ^c/\text{m}^2$$

$$P. \text{Alivianamiento} = 8 * 10 \text{ Kg} = 80 \text{ kg } ^c/\text{m}^2$$

$$P. \text{Losa} = P. \text{Loseta de compresión} + P. \text{Nervios} + P. \text{Alivianamiento}$$

$$P. \text{Losa} = 329.6 \text{ kg } ^c/\text{m}^2$$

- Cálculo del peso del acabado de losa.

$$P. \text{Macilla} + \text{enlucido} = 1m * 1m * 0.05 * 1900 \text{ Kg/m}^2 = 95 \text{ Kg/m}^2$$

$$P. \text{acabado}_{\text{madera}} = 1m * 1m * 0.02 * 1600 \text{ Kg/m}^2 = 32 \text{ Kg/m}^2$$

$$P. \text{acabado losa} = P. \text{Macilla} + \text{enlucido} + P. \text{acabado}_{\text{madera}} = 127 \text{ Kg/m}^2$$

- Cálculo de la carga última.

$$\text{Carga muerta (CM): } 67.8 \text{ Kg/m}^2 + 329.6 \text{ Kg/m}^2 + 127 \text{ Kg/m}^2 = 524.4 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva (CV): } 200 \text{ Kg/m}^2$$

En base a la Ecuación 5.

$$q_u = 1.2(524.4 \text{ Kg/m}^2) + 1.6(200 \text{ Kg/m}^2)$$

$$q_u = 949.28 \text{ Kg/m}^2$$

- Determinación del tipo de losa.

Por su geometría

Claro largo: 10.0 m

Claro corto: 4.1 m

En base a la Ecuación 21.

$$\frac{5.2 \text{ m}}{4.0 \text{ m}} = 1.3 \rightarrow \textbf{Losa Bidireccional}$$

Por la carga

Carga viva (CV): 200 Kg/m²

Carga muerta (CM): 524.4 Kg/m²

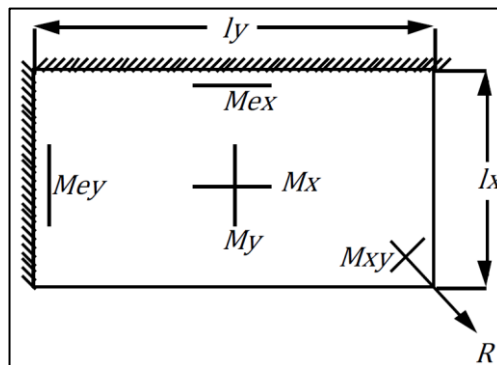
En base a la Ecuación 24.

$$200 \text{ Kg/m}^2 \leq 1573.2 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \textbf{Losa Nervada}$$

- Aplicación del método de Marcus.

Tipo de continuidad del tablero: Dos bordes adyacentes empotrados.

Gráfico 129. Dos bordes adyacentes empotrados, tabla de Marcus.



Fuente: Tablas de Marcus.

Tabla 13. Valores numéricos según Marcus.

$\varepsilon =$	1.0	1.05	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6
m_x	37	35.4	34.1	33.2	32.3	31.8	31.5	31.3	31.2	31.2	31.3	31.4	31.4
m_y	37	39.2	41.3	43.9	46.5	49.6	53.2	57.2	61.4	65.8	70.4	75.0	80.3
m_{ex}	16	15.3	14.8	14.5	14.2	14.1	14.0	14.1	14.1	14.2	14.4	14.6	14.8
m_{ey}	16	16.6	17.6	18.4	19.2	20.0	20.8	21.6	22.4	23.2	24.0	24.8	25.6
Δ	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.42	0.44	0.45	0.47	0.49	0.51	0.52

Fuente: Tablas de Marcus.

Cálculo de ε .

$$\varepsilon = \frac{l_y}{l_x} \quad \text{Ec.35}$$

Donde:

l_y =longitud mayor del tablero.

l_x = longitud menor del tablero.

$$\varepsilon = \frac{5.20m}{4.00m}$$

$$\varepsilon = 1.3$$

Valores obtenidos de las tablas de Marcus.

$$m_x = 31.5$$

$$m_y = 53.2$$

$$m_{ex} = 14.0$$

$$m_{ey} = 20.8$$

$$\Delta x = 0.42$$

$$\Delta y = 0.42$$

Cálculo de la carga a la que va a estar sometida el tablero.

$$K = qu * ly * lx \quad \text{Ec.36}$$

$$K = 949.30 \frac{kg}{m^2} * (5.20m) * (4.00m)$$

$$K = 19745.52 \text{ kg}$$

Momento “x” positivo.

$$Mx^+ = \frac{K}{mx} \quad \text{Ec.37}$$

$$Mx^+ = \frac{19745.52 \text{ kg}}{31.5}$$

$$Mx^+ = 626.84 \text{ kg} * m$$

Momento “y” positivo.

$$My^+ = \frac{K}{my} \quad \text{Ec.38}$$

$$My^+ = \frac{19745.52 \text{ kg} * m}{53.2}$$

$$My^+ = 371.16 \text{ kg} * m$$

Momento “x” negativo.

$$Mex^- = -\frac{K}{mex} \quad \text{Ec.39}$$

$$Mex^- = -\frac{19745.52 \text{ kg} * m}{14.0}$$

$$Mex^- = 1410.39 \text{ kg} * m$$

Momento “y” negativo.

$$Mey^- = -\frac{K}{mey} \quad \text{Ec.40}$$

$$Mey^- = -\frac{19745.52 \text{ kg} * m}{20.8}$$

$$Mey^- = 949.30 \text{ kg} * m$$

Placas continuas: Momentos de tramo.

$$P = 1.6 * CV \quad \text{Ec.41}$$

$$P = 1.6 * 200 \frac{kg}{m}$$

$$P = 320 \frac{kg}{m}$$

Sentido x-x.

$$M_{\min} = M \left[1 - \frac{p}{2qu} (2 + \Delta) \right] \quad \text{Ec.42}$$

$$M_{\min(x)} = 626.84 \text{ kg} * m \left[1 - \frac{320 \frac{kg}{m}}{2 * 949.30 \frac{kg}{m}} (2 + 0.42) \right]$$

$$M_{\min(x)} = 371.16 \text{ kg} * m$$

$$M_{\max} = M \left[1 + \frac{p}{2qu} \Delta \right] \quad \text{Ec.43}$$

$$M_{\max(x)} = 626.84 \text{ kg} * m \left[1 + \frac{320 \frac{kg}{m}}{2 * 949.30 \frac{kg}{m}} * 0.42 \right]$$

$$M_{\max(x)} = 671.21 \text{ kg} * m$$

Sentido y-y.

En base a la Ecuación 42.

$$M_{\min(y)} = 371.16 \text{ kg} * m \left[1 - \frac{320 \frac{kg}{m}}{2 * 949.30 \frac{kg}{m}} (2 + 0.42) \right]$$

$$M_{\min(y)} = 219.77 \text{ kg} * m$$

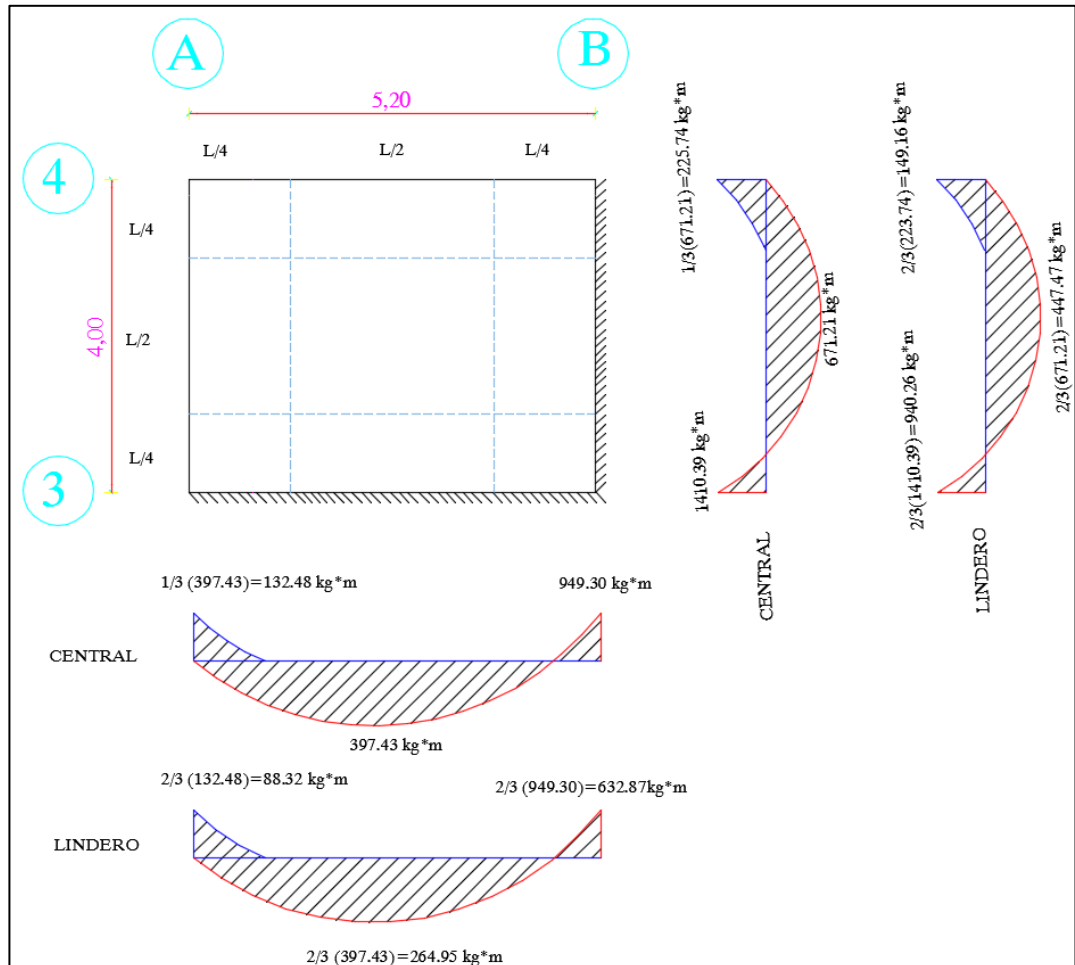
En base a la Ecuación 43.

$$M_{\max(y)} = 371.16 \text{ kg} * m \left[1 + \frac{320 \frac{kg}{m}}{2 * 949.30 \frac{kg}{m}} * 0.42 \right]$$

$$M_{\max(y)} = 397.43 \text{ kg} * m$$

Para las franjas de lindero se deben colocar $2/3$ de los valores de los momentos obtenidos en la franja central, en los lados del tablero que no tengan continuidad el momento negativo será igual al tercio del momento máximo en la dirección que corresponda.

Gráfico 130. Diagramas de momentos losa nervada bidireccional.



Fuente: Zambrano Luis.

- Chequeo a flexión.

Recubrimiento (r): 2.5 cm

Espesor de losa (h): 20 cm

Esfuerzo máximo a la compresión del hormigón (f'_c): 240 Kg/cm²

Peralte efectivo asumido.

En base a la Ecuación 8.

$$d_{asumido} = 20 - 2.5$$

$$d_{asumido} = 17.5 \text{ cm}$$

Cuantía de acero máxima.

En base a la Ecuación 10.

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \left(\frac{6120}{6120 + f_y} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.50 * 0.85 * 0.85 * \frac{240 \frac{kg}{cm^2}}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(\frac{6120}{6120 + 4200} \right)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0.01224$$

Cuantía mecánica.

En base a la Ecuación 11.

$$q = 0.01224 * \frac{4200 \frac{kg}{cm^2}}{240 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$q = 0.2142$$

Peralte efectivo calculado.

En base a la Ecuación 12.

$$k = 0.2142 - 0.59 * (0.2142)^2$$

$$k = 0.187$$

En base a la Ecuación 13.

$$d_{cal}^2 = \frac{1410.39 kg * m * 100}{0.9 * 240 \frac{kg}{cm^2} * 0.187 * 20}$$

$$d_{cal} = 13.32cm$$

Como:

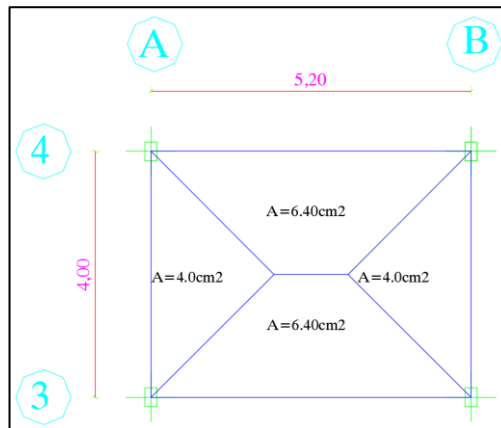
$$d_{cal} < d_{asumido}$$

$$13.32cm < 17.5cm \rightarrow OK$$

No falla a Flexión

- Chequeo a corte.

Gráfico 131. Áreas tributarias del tablero crítico, Ejercicio 4.



Fuente: Zambrano Luis.

Cortante del lado corto del tablero.

$$Vu = \frac{\text{Area tributaria} * q_u}{Lx} \quad \text{Ec.44}$$

$$Vu = \frac{4m^2 * 949.30 \frac{kg}{m}}{4m}$$

$$Vu = 949.30 kg$$

Cortante del lado largo del tablero.

$$Vu = \frac{\text{Area tributaria} * q_u}{Ly} \quad \text{Ec.45}$$

$$Vu = \frac{6.40m^2 * 949.30 \frac{kg}{m}}{5.20m}$$

$$Vu = 1168.37 kg$$

Cálculo del cortante del concreto.

En base a la Ecuación 14.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{240 \frac{kg}{cm^2}} * 20cm * 17.5cm$$

$$V_c = 2873.75 kg$$

Cálculo resistencia nominal al cortante.

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_n = V_c$$

Nota: V_s es cero porque no se coloca estribos.

$$V_n = 14368.77 kg$$

Como:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.85 * 2873.75kg \geq 1168.37 kg$$

$$2442.69 kg \geq 1168.37 kg \rightarrow OK$$

No falla a Corte

- Cálculo de áreas de acero.

Cuantía de acero mínimo.

En base a la Ecuación 15.

$$\rho_{\min} = \frac{14}{4200 Kg/cm^2}$$

$$\rho_{\min} = 0.0033$$

Área de acero mínima.

En base a la Ecuación 16.

$$As_{min} = 0.0033 * 20cm * 17.5cm$$
$$As_{min} = 1.15cm^2$$

Área de acero máxima.

En base a la Ecuación 17.

$$As_{max} = 0.01224 * 20cm * 17.5cm$$
$$As_{max} = 4.28cm^2$$

Áreas de acero.

En base a la Ecuación 18.

$$K = 0.85 * 240 Kg/cm^2 * 20cm * 17.5cm$$
$$K = 71400 Kg$$

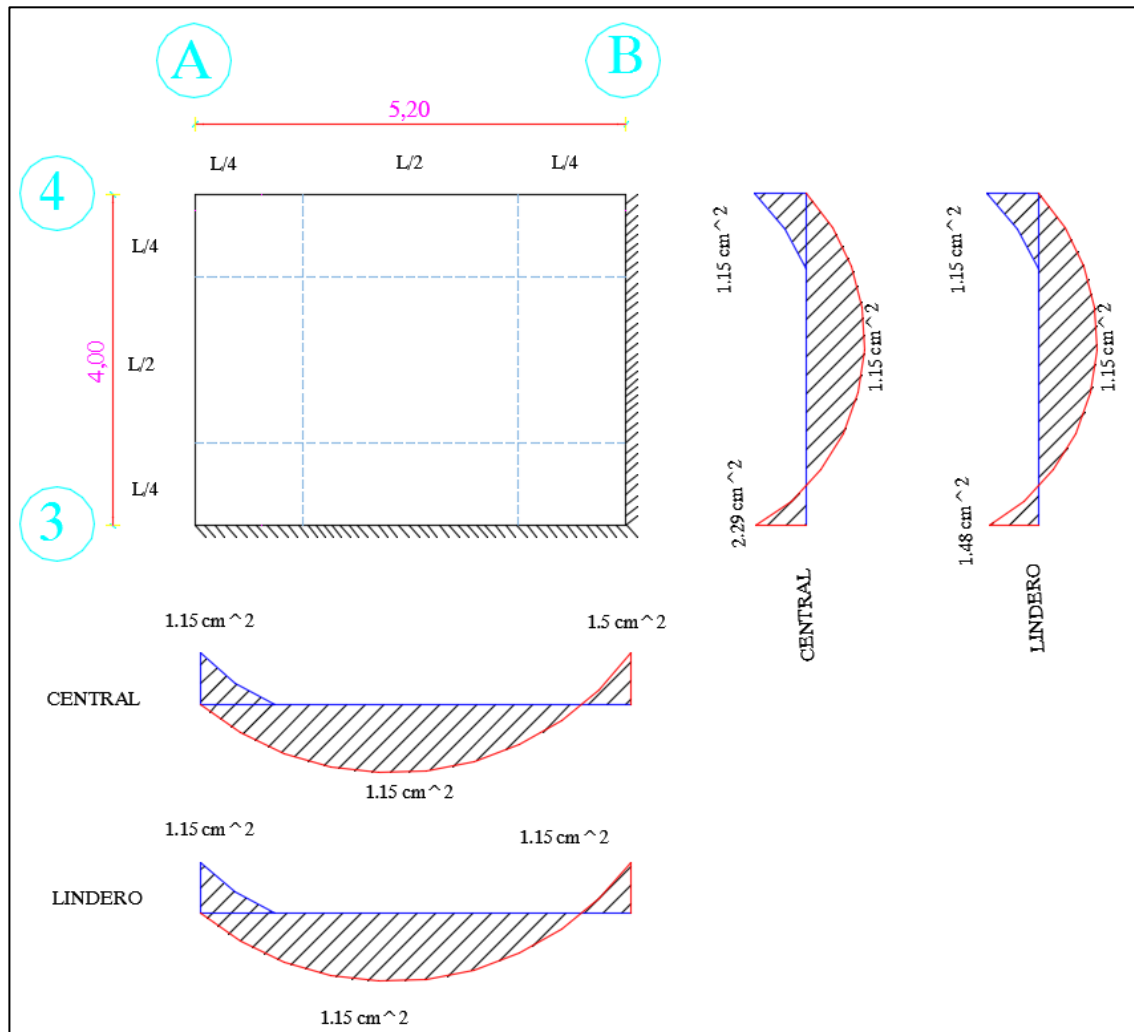
En base a la Ecuación 19.

$$As = \frac{71400}{4200 Kg/cm^2} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1410.39 kg * m * 100}{0.9 * 71400 * 17.5cm}} \right)$$
$$As = 2.29cm^2$$

Como:

$$As_{min} \leq As \leq As_{max}$$
$$1.15cm^2 \leq 2.29cm^2 \leq 4.28cm^2 \rightarrow \mathbf{OK}$$

Gráfico 132. Áreas de acero, losa nervada bidireccional.

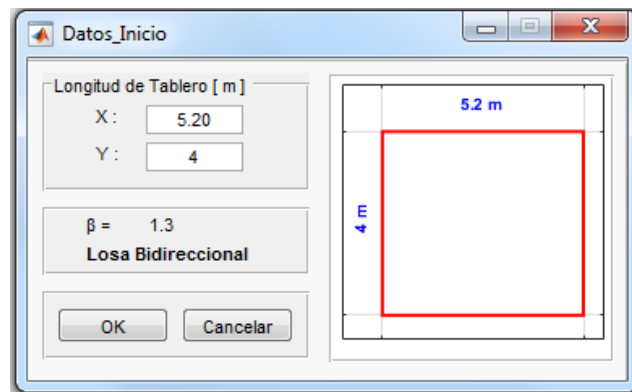


Fuente: Zambrano Luis.

4.1.4.2. Resolución con el software de cálculo y diseño.

- Ingreso de las medidas del tablero que se va a analizar.

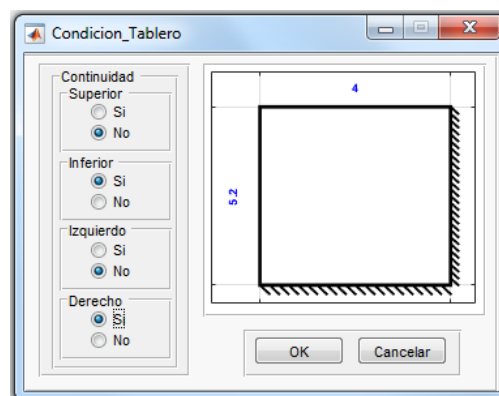
Gráfico 133. Tablero de la losa en análisis.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Selección de las condiciones de continuidad del tablero en análisis.

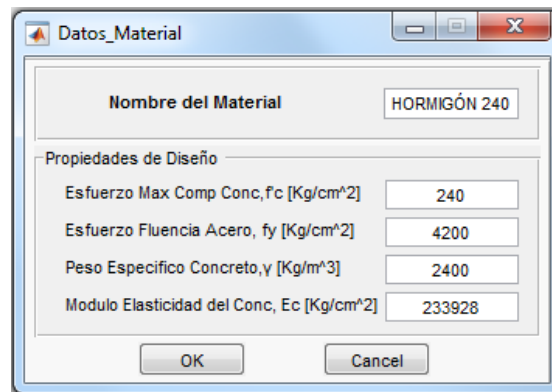
Gráfico 134. Condiciones de continuidad del tablero.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el tipo de material con el que se va a trabajar.

Gráfico 135. Propiedades del material.

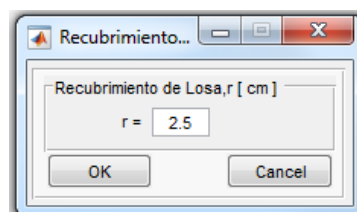


Nombre del Material	
HORMIGÓN 240	
Propiedades de Diseño	
Esfuerzo Max Comp Conc, f_c [Kg/cm ²]	240
Esfuerzo Fluencia Acero, f_y [Kg/cm ²]	4200
Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m ³]	2400
Modulo Elasticidad del Conc, E_c [Kg/cm ²]	233928

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Definir el recubrimiento de la losa.

Gráfico 136. Recubrimiento de losa.

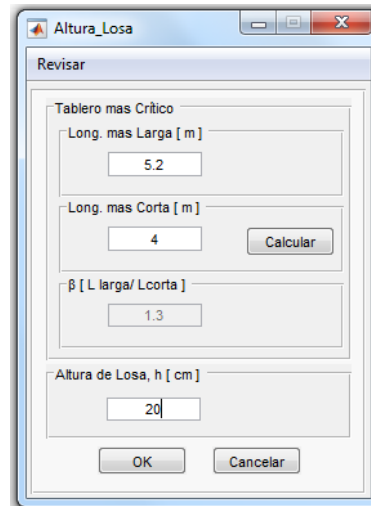


Recubrimiento de Losa, r [cm]	
$r =$	2.5

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Modificación del espesor de losa, calculado por el programa.

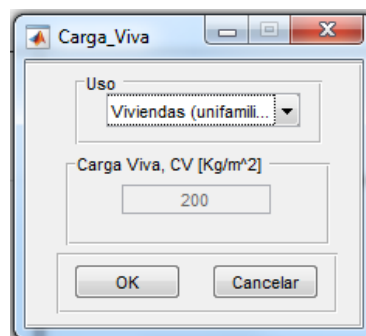
Gráfico 137. Modificación de espesor de losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Selección de la carga viva de acuerdo al uso de la estructura.

Gráfico 138. Carga viva.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los diferentes tipos de paredes que existen en el tablero de la losa, para el cálculo del peso.

Gráfico 139. Cálculo del peso de pared.

The screenshot shows the 'DeltaP_Tablero' software window. It has a 'Configurar' (Configure) section on the left with the following fields:

- Tipo de Pared:** Pared Completa (dropdown)
- Material:** Ladrillo (Configurable) (dropdown)
- Datos [m]:**
 - h Pared = 2.32
 - Espesor Pared = 0.10
 - h Ventan =
 - Espesor Vidrio =
 - Longitud Pared = 3.2
- Área de Losa [m²]:** A = 20.8
- Peso Pared [Kg/m]:** P.pared = 440.8

In the center, there is a 3D visualization of a brick wall. Below it, the 'Peso Especif., γ [Kg/m³]' is set to 1900.

On the right, there is a table with the following data:

Nº	Peso Pared [Kg/m]	Delta P
1.00	440.80	67.82

Below the table, the 'Delta P Total de Losa [Kg/m²]' is calculated as 67.82. At the bottom, there are buttons for 'Calcular', 'Añadir', 'Eliminar', 'OK', and 'Cancelar'.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Ingreso de datos de los acabados de la losa, para el cálculo del peso de acabado.

Gráfico 140. Cálculo del peso del acabado de la losa.

The screenshot shows the 'Peso_Acabado' software window. It has a 'Configurar' (Configure) section on the left with the following fields:

- Acabado:** Morteros [Kg/m³] (dropdown)
- Contrapisos y rec. [Kg/m²]:** (dropdown)
- Cielorrasos y Cubiertas [Kg/m²]:** (dropdown)
- Peso Especifico, γ [Kg/m³]:** Peso Unitario = 1600
- Peso Acabado [Kg/m²]:** P. Acabado = 32

In the center, there is a 3D visualization of a slab with 'ACABADO SUPERIOR' and 'ACABADO INFERIOR' layers on top of the 'LOSA' (slab).

Below the visualization, the 'Datos Acabado [m]' section shows 'Espesor = 0.02'.

On the right, there is a table with the following data:

Nº	Peso Acabado [Kg/m²]
1.00	95.00
2.00	32.00

Below the table, the 'P. Acabado Total de Tablero [Kg/m²]' is calculated as 127. At the bottom, there are buttons for 'Calcular', 'Añadir', 'Eliminar', 'OK', and 'Cancelar'.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Valores de pesos ingresados en el tablero de la losa.

Gráfico 141. Pesos ingresados en el tablero.

Área tablero [m ²]	Delta P [Kg/m ²]	P. Acabado [Kg/m ²]
20.80	67.82	127.00

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Cálculo del peso de la losa.

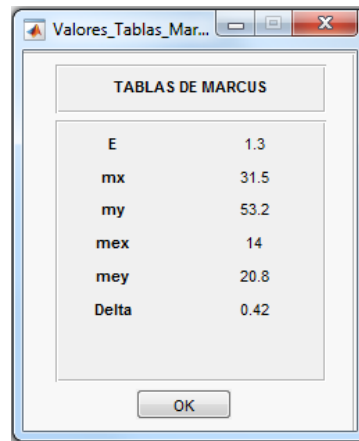
Gráfico 142. Peso de la losa.

Configurar	
<div> <div> <div>LOSETA DE COMPRESIÓN</div> <div>ALIVIANAMIENTO</div> <div>NERVIO</div> </div> <div> <div>0.40 m</div> <div>0.10 m</div> <div>0.40 m</div> <div>0.10 m</div> </div> </div>	
<div> <div>Loseta de Compresión [cm]</div> <div>5</div> </div> <div> <div>Alivianamiento [cm]</div> <div>15</div> </div> <div> <div>Altura de Losa, h [cm]</div> <div>20</div> </div> <div>Recalcular</div>	
<div>Peso Loseta</div> <div>Dens. Horm. [Kg/m³]</div> <div>2400</div> <div>Peso Loseta [Kg]</div> <div>120</div>	<div>Peso Nervios</div> <div>Dens. Horm. [Kg/m³]</div> <div>2400</div> <div>Peso Nervios [Kg]</div> <div>129.6</div>
<div>Peso Alivianamientos</div> <div>Peso Aliv. c/u [Kg]</div> <div>10</div> <div>Peso Alivs. [Kg]</div> <div>80</div>	<div>Peso Losa/Carga Muerta de Losa</div> <div>Peso Losa [Kg/m²]</div> <div>329.6</div>
<div>OK</div> <div>Cancelar</div>	

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Valores tomados de las tablas de Marcus en función de β (Luz larga/luz corta) y de la continuidad de tablero.

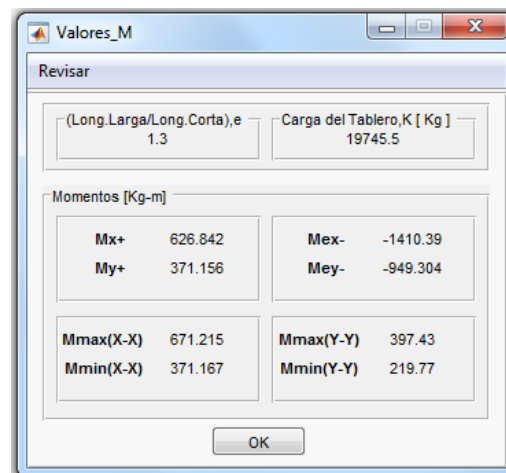
Gráfico 143. Valores números de las tablas de Marcus.



TABLAS DE MARCUS	
E	1.3
mx	31.5
my	53.2
mex	14
mey	20.8
Delta	0.42

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

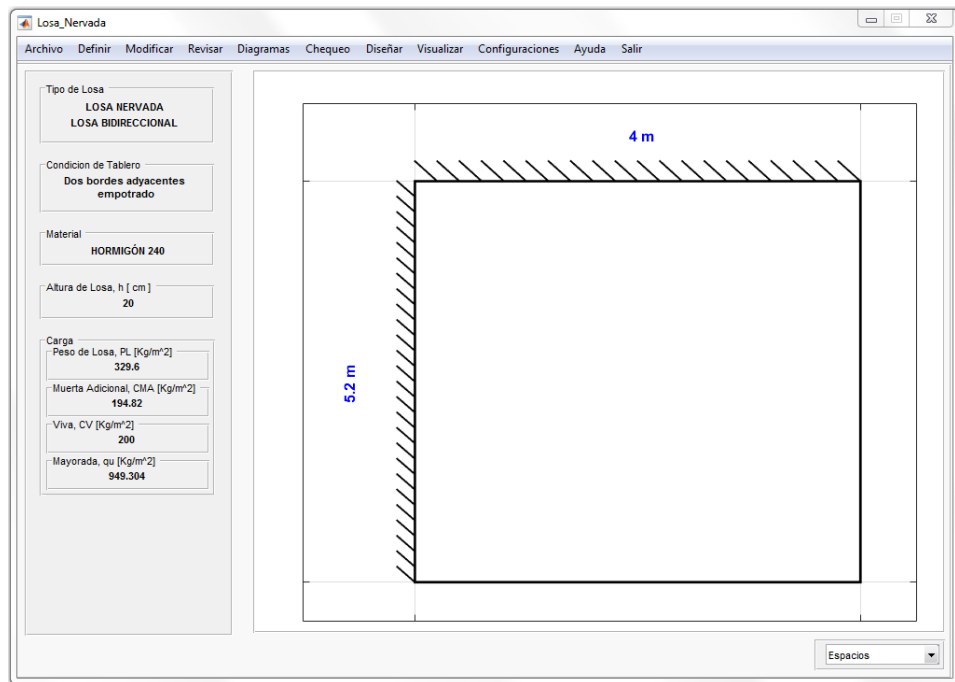
Gráfico 144. Valores de momentos.



Revisar	
(Long.Larga/Long.Corta),e 1.3	Carga del Tablero,K [Kg] 19745.5
Momentos [Kg-m]	
Mx+ 626.842	Mex- -1410.39
My+ 371.156	Mey- -949.304
Mmax(X-X) 671.215	Mmax(Y-Y) 397.43
Mmin(X-X) 371.167	Mmin(Y-Y) 219.77

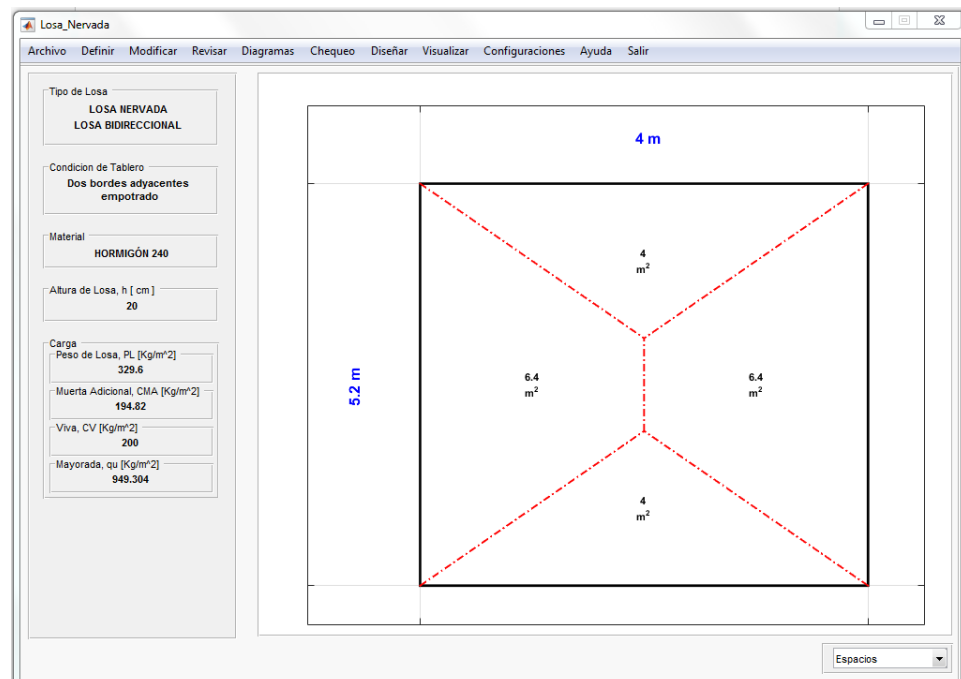
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 145. Ventana principal del software.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

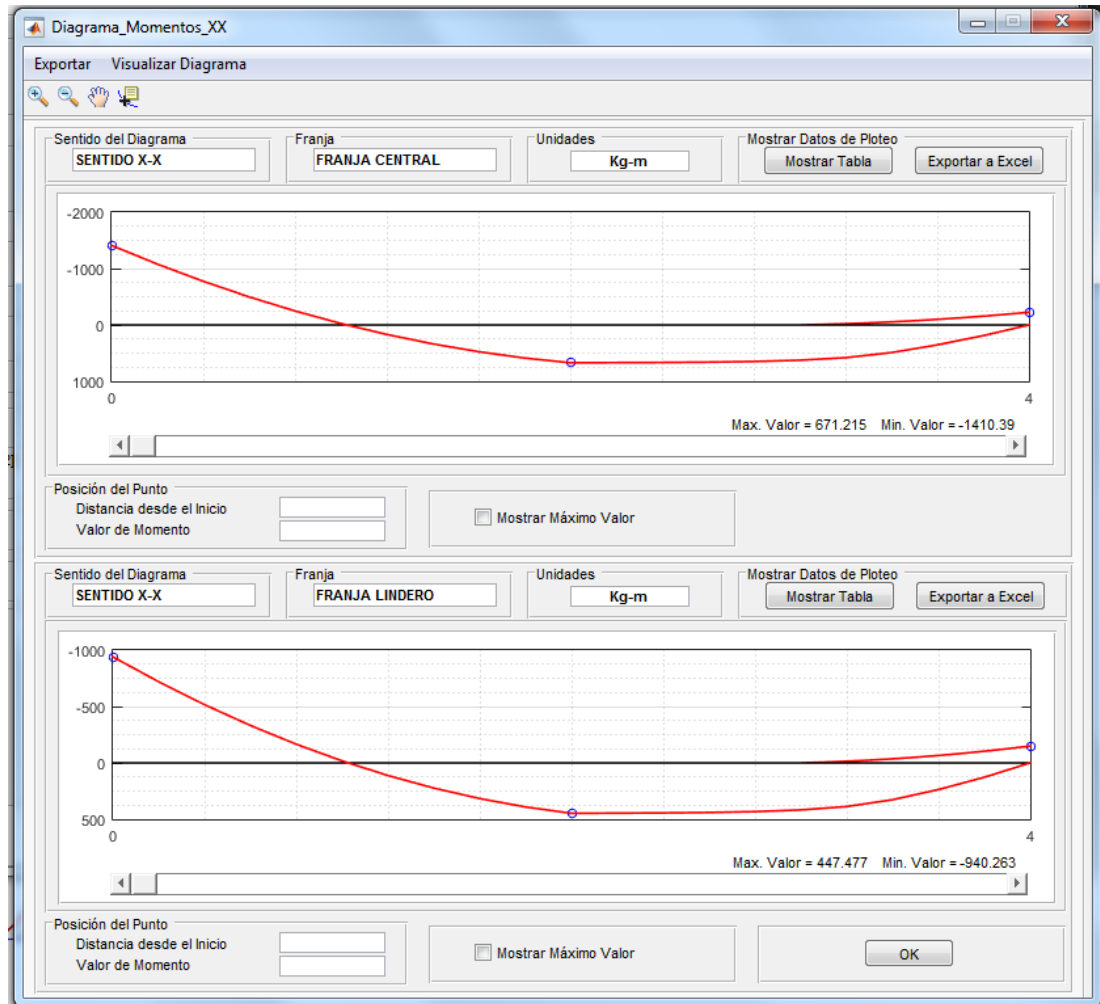
Gráfico 146. Áreas tributarias del tablero, Ejercicio 4.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Diagramas.

Gráfico 147. Diagramas de momentos, sentido X-X, Ejercicio 4.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

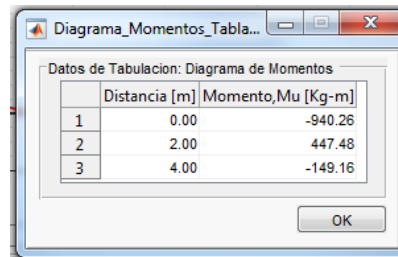
Gráfico 148. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X franja central.

The table shows the following data:

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-1410.39
2	2.00	671.22
3	4.00	-223.74

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 149. Valores del diagrama de momentos, sentido X-X franja de lindero.



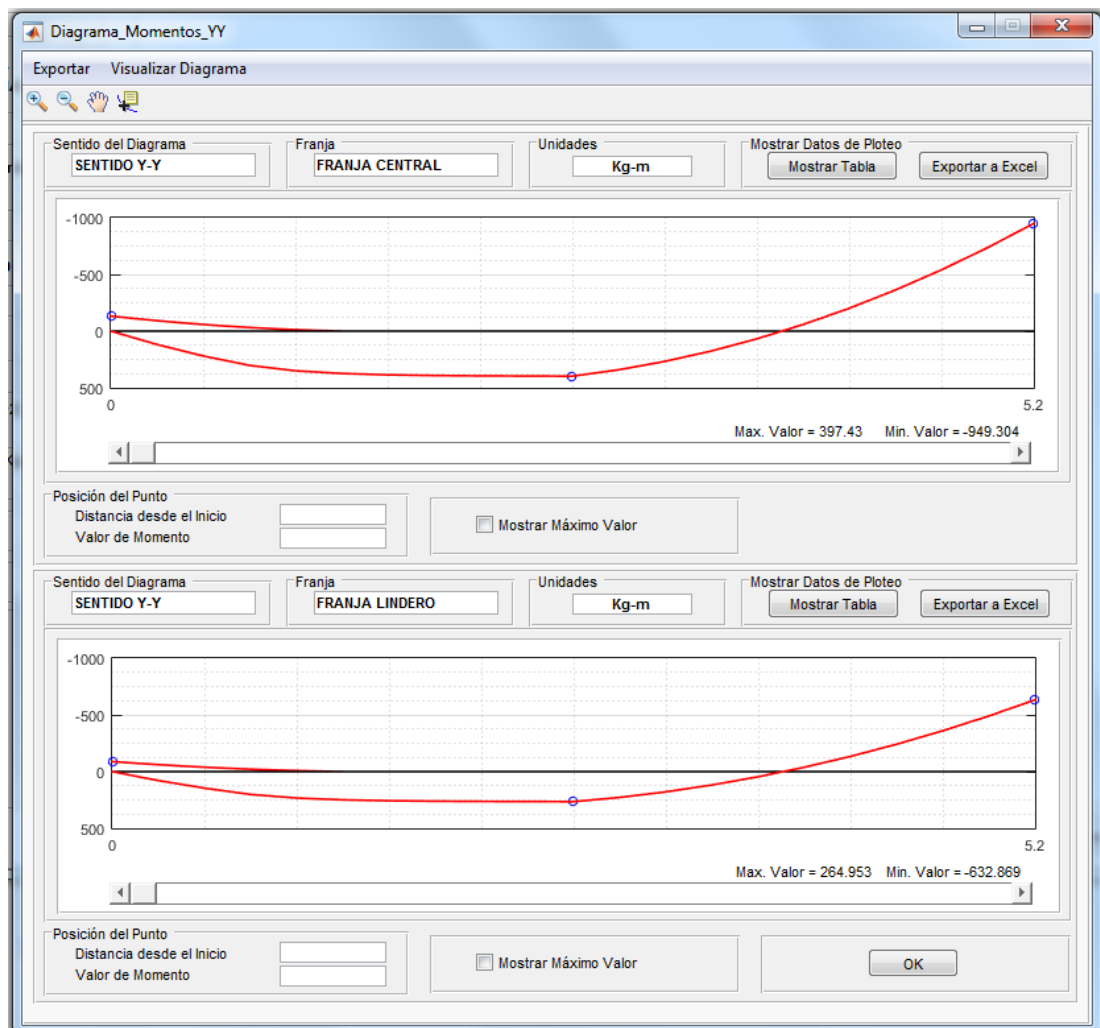
Datos de Tabulación: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-940.26
2	2.00	447.48
3	4.00	-149.16

OK

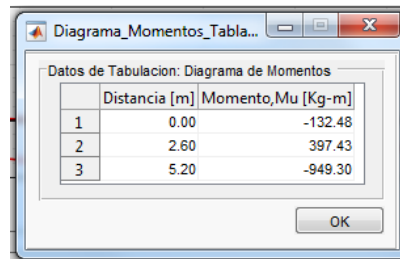
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 150. Diagramas de momentos, sentido Y-Y, Ejercicio 4.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 151. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y franja central.



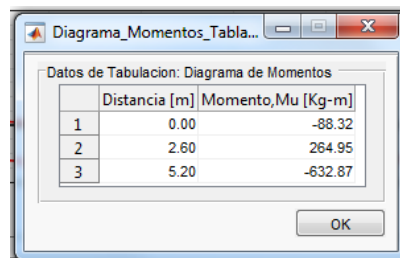
Datos de Tabulacion: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-132.48
2	2.60	397.43
3	5.20	-949.30

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 152. Valores del diagrama de momentos, sentido Y-Y franja lindero.



Datos de Tabulacion: Diagrama de Momentos

	Distancia [m]	Momento, Mu [Kg-m]
1	0.00	-88.32
2	2.60	264.95
3	5.20	-632.87

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Chequeos de la losa.

Gráfico 153. Chequeo a corte, Ejercicio 4.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Corte'. It contains a 'Revisar' (Review) section with the following fields and values:

- CHEQUEO A CORTE**
 - Condición: $V_u \leq \Phi \cdot V_n$ and $\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot V_c$
- Sentido del Chequeo**: Sentido Y-Y
- Cortante Máx, V_u [Kg]**: $V_u = 1168.37$
- Cortante Concreto, V_c [Kg]**: $V_c = 2873.75$
- Comparison: $1168.37 \text{ Kg} \leq 2442.69 \text{ Kg}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A CORTE**
- Button: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 154. Chequeo a flexión, Ejercicio 4.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Flexion'. It contains two sections for flexure checks, each with the following fields and values:

Section 1:

- CHEQUEO A FLEXIÓN**
 - Condición: $d_{cal} < d_{asum}$
- Sentido del Chequeo**: Sentido X-X
- Momento Máx, M_u [Kg-m]**: $M_u \text{ max} = 1410.39$
- Peralte asumido, d_{asum} [cm]**: $d_{asum} = 17.5$
- Comparison: $13.21 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN**

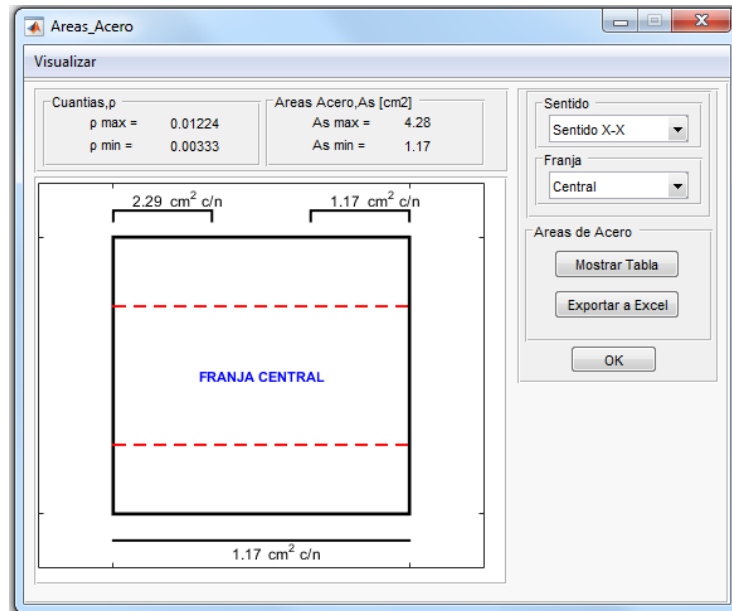
Section 2:

- Sentido del Chequeo**: Sentido Y-Y
- Momento Máx, M_u [Kg-m]**: $M_u \text{ max} = 949.304$
- Peralte asumido, d_{asum} [cm]**: $d_{asum} = 17.5$
- Comparison: $10.84 \text{ cm} < 17.5 \text{ cm}$
- Result: **CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN**
- Button: OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

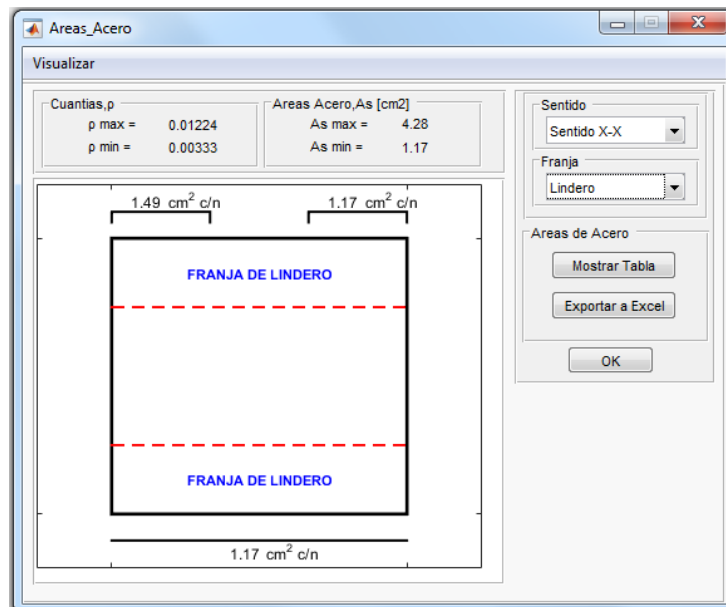
- Diseño de la losa.

Gráfico 155. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido X-X franja central.



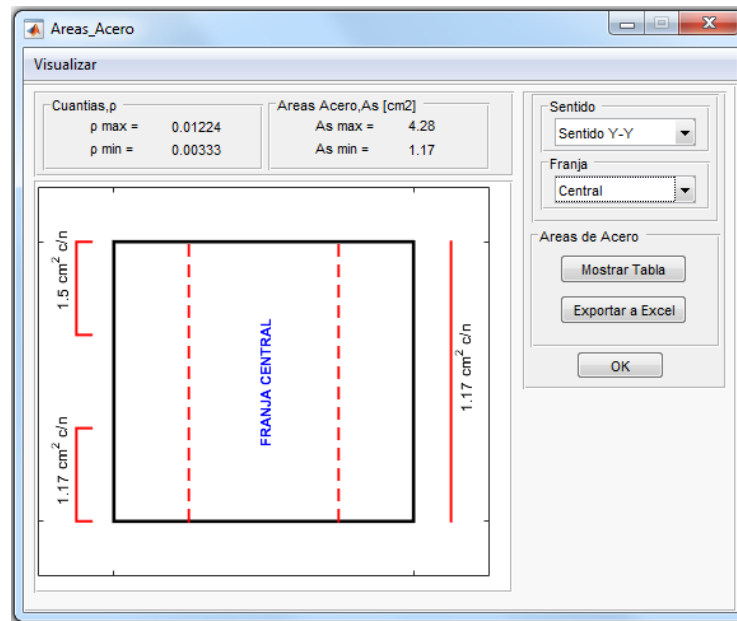
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 156. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido X-X franja de lindero.



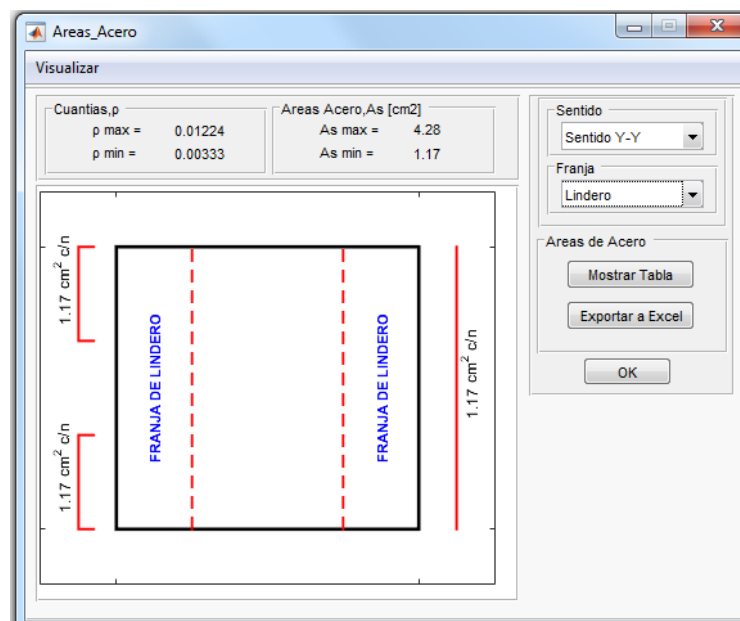
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 157. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido Y-Y franja central.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 158. Áreas de acero de la losa nervada bidireccional, sentido Y-Y franja de lindero.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Tabla 14. Comparación de resultados, losa maciza unidireccional.

Tramo	Áreas de acero		Diferencia	
	cm ²		cm ²	%
	Manual	Software		
A-B	6.51	6.51	0	0
	11.51	11.51	0	0
	18.76	18.76	0	0
B-C	13.89	13.89	0	0
	8.64	8.64	0	0
	5.78	5.83	0.05	0.86

Fuente: Zambrano Luis.

Tabla 15. Comparación de resultados, losa maciza bidireccional.

Tramo	Áreas de acero		Diferencia	
	cm ²		cm ²	%
	Manual	Software		
Sentido X-X				
A-B	5.78	5.83	0.05	0.86
	6.14	6.14	0	0
	9.76	9.77	0.01	0.10
B-C	7.07	7.07	0	0
	5.78	5.83	0.05	0.86
	5.78	5.83	0.05	0.86
Sentido Y-Y				
1-2	5.78	5.83	0.05	0.86
	5.78	5.83	0.05	0.86
	5.87	5.87	0	0
2-3	5.78	5.83	0.05	0.86
	5.78	5.83	0.05	0.86
	5.78	5.83	0.05	0.86
3-4	10.13	10.13	0	0
	7.10	7.10	0	0
	5.78	5.83	0.05	0.86

Fuente: Zambrano Luis.

Tabla 16. Comparación de resultados, losa nervada unidireccional.

Tramo	Áreas de acero		Diferencia	
	cm ²		cm ²	%
	Manual	Software		
A-B	0.69	0.70	0.01	1.43
	0.58	0.58	0	0
	0.69	0.7	0.01	1.43

Fuente: Zambrano Luis.**Tabla 17.** Comparación de resultados, losa nervada bidireccional.

Tramo	Áreas de acero		Diferencia	
	cm ²		cm ²	%
	Manual	Software		
A-B	Fanja central			
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.5	1.5	0	0
	Fanja de lindero			
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.15	1.17	0.02	1.71
3-4	Fanja central			
	2.29	2.29	0	0
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.15	1.17	0.02	1.71
	Fanja de lindero			
	1.48	1.49	0.01	0.67
	1.15	1.17	0.02	1.71
	1.15	1.17	0.02	1.71

Fuente: Zambrano Luis.

La diferencia que existe entre los resultados obtenidos a través del software desarrollado y los cálculos manuales radican principalmente en el número de decimales con los que se trabaja en cada uno de los casos, el software de cálculo trabaja con 14 decimales y en los cálculos manuales se ha considerado 4 decimales.

4.3.VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

De acuerdo con la hipótesis planteada con anterioridad en esta investigación “El software desarrollado para el cálculo y diseño de losas macizas y nervadas permite la optimización del tiempo y precisión de cálculo y diseño”, se ha verificado que mediante la utilización del software de cálculo se logra una disminución en el tiempo empleado en el cálculo y diseño de losas, así como una mayor precisión en los resultados, esto es debido a varios motivos como:

Al ser un programa automatizado no existe la posibilidad de que cometa errores en los diferentes cálculos que son necesarios para el diseño de la losa, es decir se logra una mayor precisión que al realizar los cálculos de una forma manual.

El software entrega diagramas de cortantes y de momentos evitándonos la necesidad de recurrir a algún programa para generar los mismos, logrando una optimización del tiempo.

Realiza automáticamente varios cálculos como la determinación del espesor de la losa, el cálculo del peso de paredes, acabados, entre otros.

Entrega los resultados de los cálculos a través de una interfaz gráfica amigable que permite su fácil y rápida interpretación, permitiendo una optimización del tiempo.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES.

- Los resultados obtenidos mediante el software desarrollado han sido comparados con los resultados obtenidos a través de un cálculo manual, y se ha podido comprobar la similitud de los mismos, con una mínima diferencia que se debe a que el software realiza los cálculos considerando 14 decimales en los números.
- Se ha logrado desarrollar un software en el programa MATLAB que permite el cálculo de cualquier tipo de losa: macizas unidireccionales o bidireccionales y nervadas unidireccionales o bidireccionales, partiendo de datos como las dimensiones de la losa, estados de carga y propiedades de los materiales.
- Para poder utilizar el software de losas no es necesario tener instalado ninguna versión del programa MATLAB, solo es necesaria la carpeta de instalación del software.
- Se ha podido verificar que con este software se consigue reducir el tiempo de cálculo y obtener resultados confiables, con lo que se convierte en una herramienta de apoyo para el proceso enseñanza-aprendizaje del cálculo de losas en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
- El software permite calcular y diseñar losas de una manera rápida y segura, ayudando a evitar errores que se pueden producir al realizar los cálculos de manera manual.
- El software cuenta con una interfaz gráfica amigable que permite al usuario ingresar los datos de una manera sencilla e interpretar los resultados de una manera fácil y rápida logrando optimizar el tiempo.

- Este software a diferencia de los softwares comerciales para el cálculo de losas existentes en el mercado, es de propiedad exclusiva de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato y será para el uso y beneficio de todos los estudiantes y docentes que la conforman.

5.2.RECOMENDACIONES.

- Antes de proceder al manejo del software es recomendable leer el manual, el mismo que forma parte de esta tesis, para facilitar la comprensión sobre el correcto manejo del mismo.
- Cuando se realice una comparación entre los resultados obtenidos mediante el software y los obtenidos a través de cálculos manuales es importante tener en cuenta que no van a ser exactamente iguales debido que el software realiza los cálculos considerando los números con 14 decimales.
- Para poder entender la codificación del software es necesario conocer los comandos con los que cuenta el programa Matlab.

C.- MATERIALES DE REFERENCIA

1. Bibliografía.

- [1] CSI Computers & Structures. “SAFE”. Internet: <http://csicaribe.com/software/safe/>, Octubre. 03, 2015 [Julio. 13, 2016].
- [2] A. Nilson. *Diseño de Estructuras de Concreto*, Colombia: McGRAW-HILL, 1999, pp. 375-378.
- [3] M. Proaño. “Diseño de losas de hormigón armado”. Internet: <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon08.pdf>, [14. Julio, 2016].
- [4] Comité ACI 318. “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14) y Comentario”. Estados Unidos, Septiembre 2014.
- [5] J. Pungaña. “Aplicación del código aci-318-2008 para el diseño de losas alivianadas y losas macizas bidireccionales y la implementación de un programa de cálculo”. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2015.
- [6] V. Paredes. “Ensayo de Modelos de Losas”. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 1986.
- [7] P. Jiménez. *Hormigón Armado*. Barcelona: Gustavo Gili, 1976, pp. 150-158.
- [8] W. Suárez. “Aplicación del programa MatLab para optimizar el tiempo y determinar en forma segura el análisis dinámico de una estructura”. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2010.
- [9] S. Carrasco. *Metodología de la Investigación Científica*, Perú: San Marcos, 2005, pp.41-48.

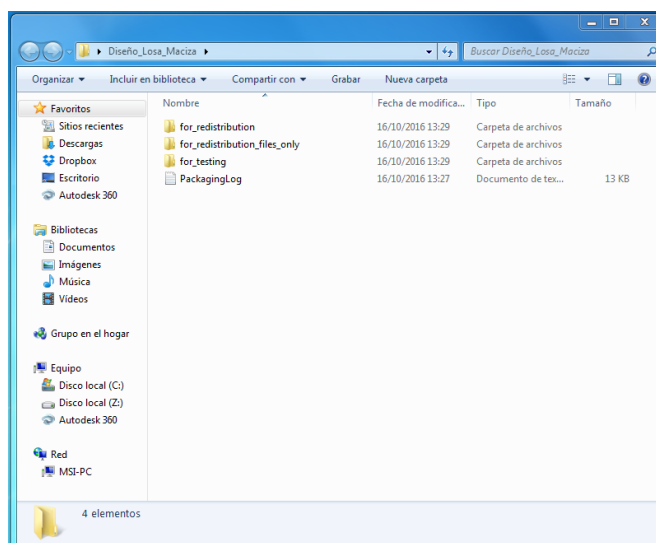
2. Anexos.

2.1. Manual de instalación del programa de losas macizas.

MANUAL DE INSTALACIÓN DEL PROGRAMA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS V1.0

1. Abrir la carpeta Diseño_Losa_Maciza.

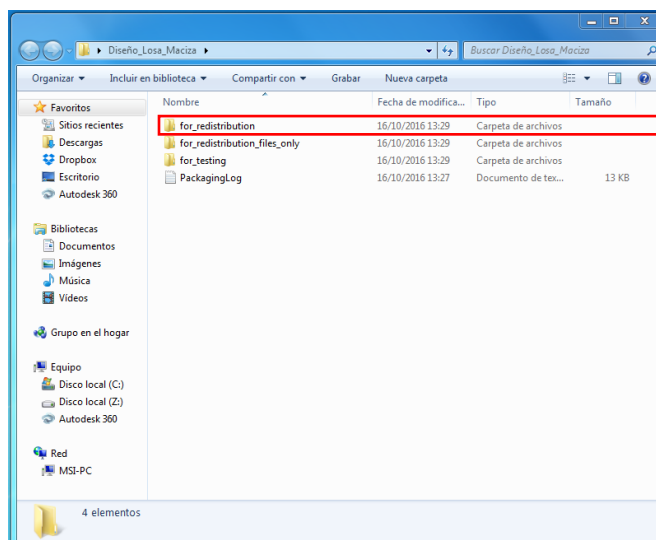
Gráfico 159. Carpeta con los archivos del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla.

2. Abrir la carpeta for_redistribution.

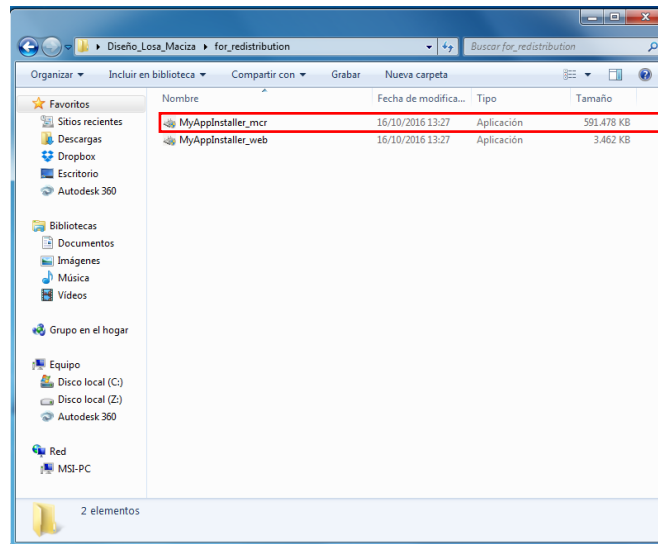
Gráfico 160. Carpeta con los archivos de instalación del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla.

3. Ejecutar como administrador MyAppInstaller_mcr.

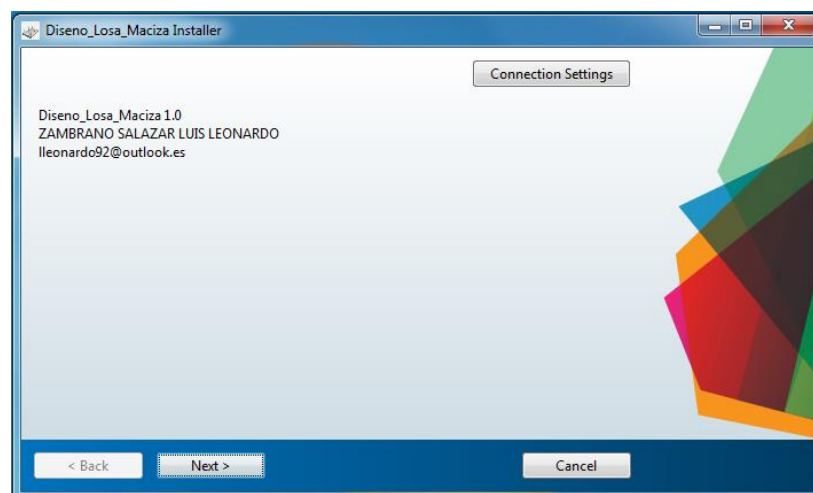
Gráfico 161. Archivo de instalación del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla.

4. En la ventana que se abre dar click en Next.

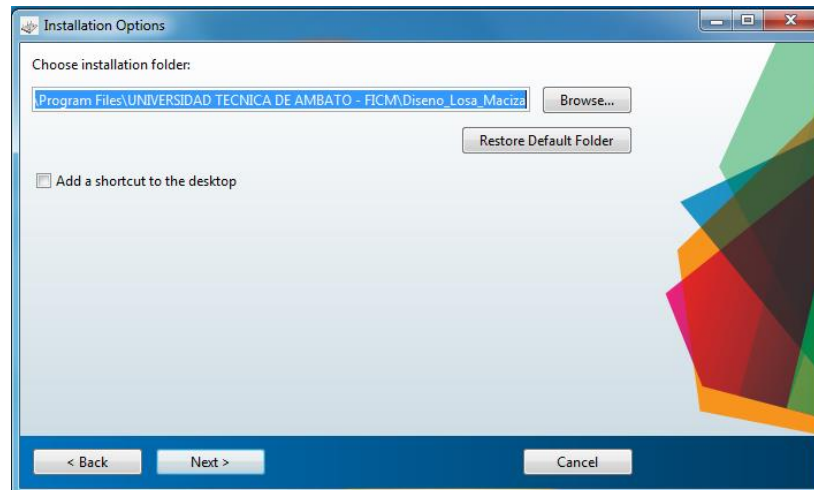
Gráfico 162. Ventana con datos del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla.

5. En la ventana que aparecerá se puede cambiar la ubicación de donde se va a almacenar la información del programa dando click en Browse.

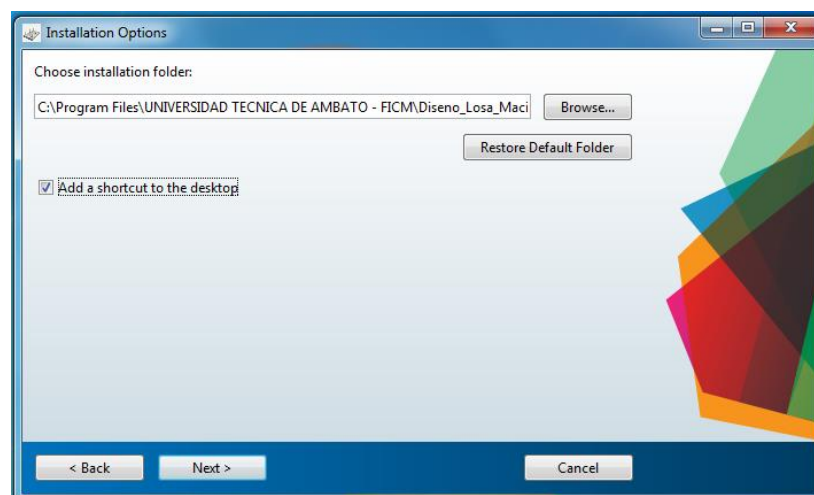
Gráfico 163. Ventana con la ubicación de almacenamiento de los datos del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

Dar click en Add a shortcut to the desktop para crear un acceso directo del programa en el escritorio, seguidamente pulsar en Next.

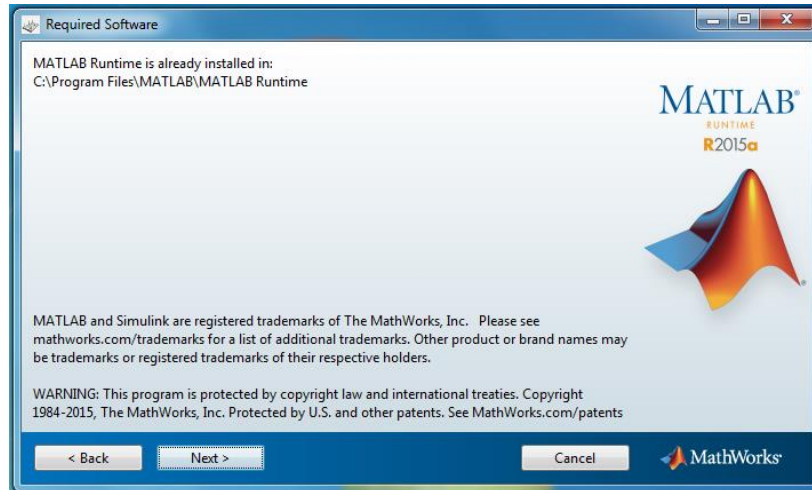
Gráfico 164. Ventana con la dirección de almacenamiento del programa en la computadora.



Fuente: Impresión de pantalla.

6. En la ventana que aparece, hacer click en Next.

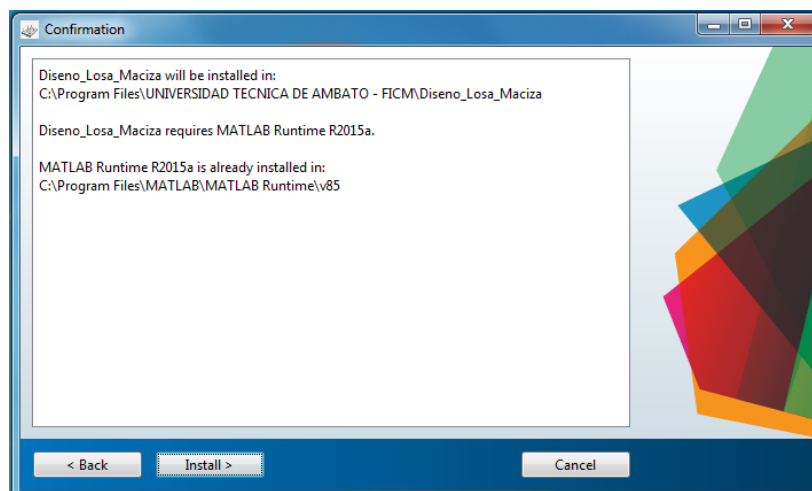
Gráfico 165. Ventana de inicio de instalación del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

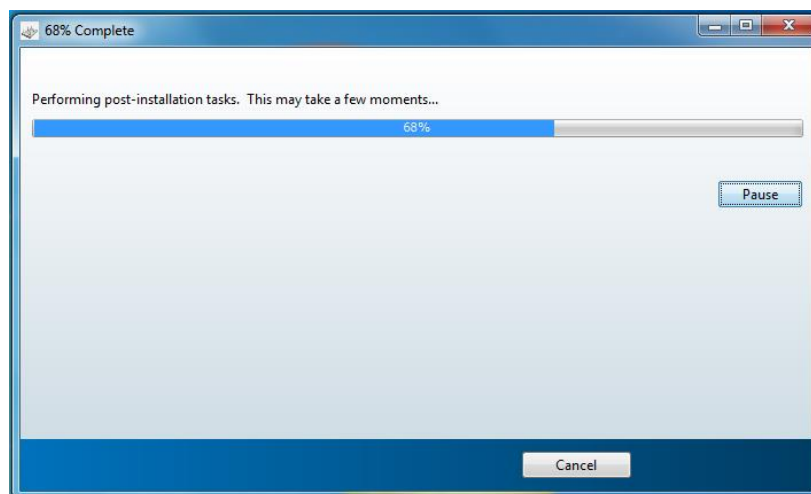
7. En la siguiente ventana que se muestra dar click en Install para comenzar con la instalación.

Gráfico 166. Ventana con información del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

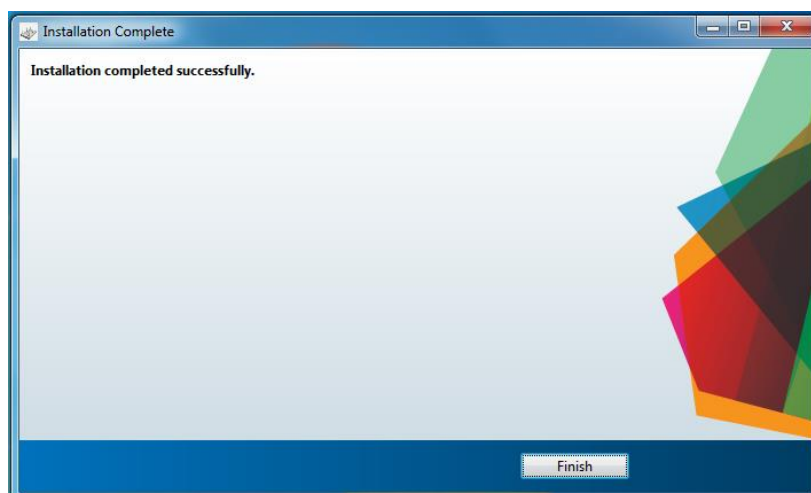
Gráfico 167. Ventana de avance de instalación del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

8. Una vez terminada la instalación dar click en Finish para terminar.

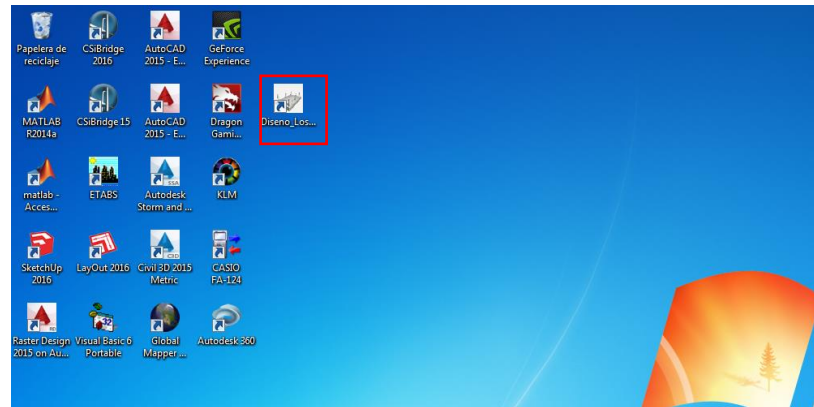
Gráfico 168. Ventana de culminación de la instalación.



Fuente: Impresión de pantalla.

9. Al terminar con la instalación en el escritorio aparecerá el acceso directo del programa.

Gráfico 169. Ventana del escritorio con el acceso directo del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

10. Al abrir el programa la ventana de inicio es la siguiente.

Gráfico 170. Ventana de presentación del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla.

2.2. Manual de usuario del programa de losas macizas.

MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS MACIZAS V1.0

1. Generalidades.

El presente programa es de carácter educativo y permite el análisis y diseño de losas macizas de hormigón tanto unidireccionales como bidireccionales.

2. Limitantes.

- En el análisis de losas el programa considera únicamente cargas distribuidas aplicadas sobre la misma, es decir no considera cargas puntuales.
- El programa admite un máximo de 10 tableros por eje.
- Solo se puede analizar y diseñar tableros con forma rectangular y cuadrada.

3. Entrada al programa.

Para iniciar el programa se puede acceder mediante el menú de inicio o haciendo doble click en el icono del programa ubicado en el escritorio.

Al iniciar el programa se visualiza la siguiente ventana de presentación.

Gráfico 171. Ventana de presentación.

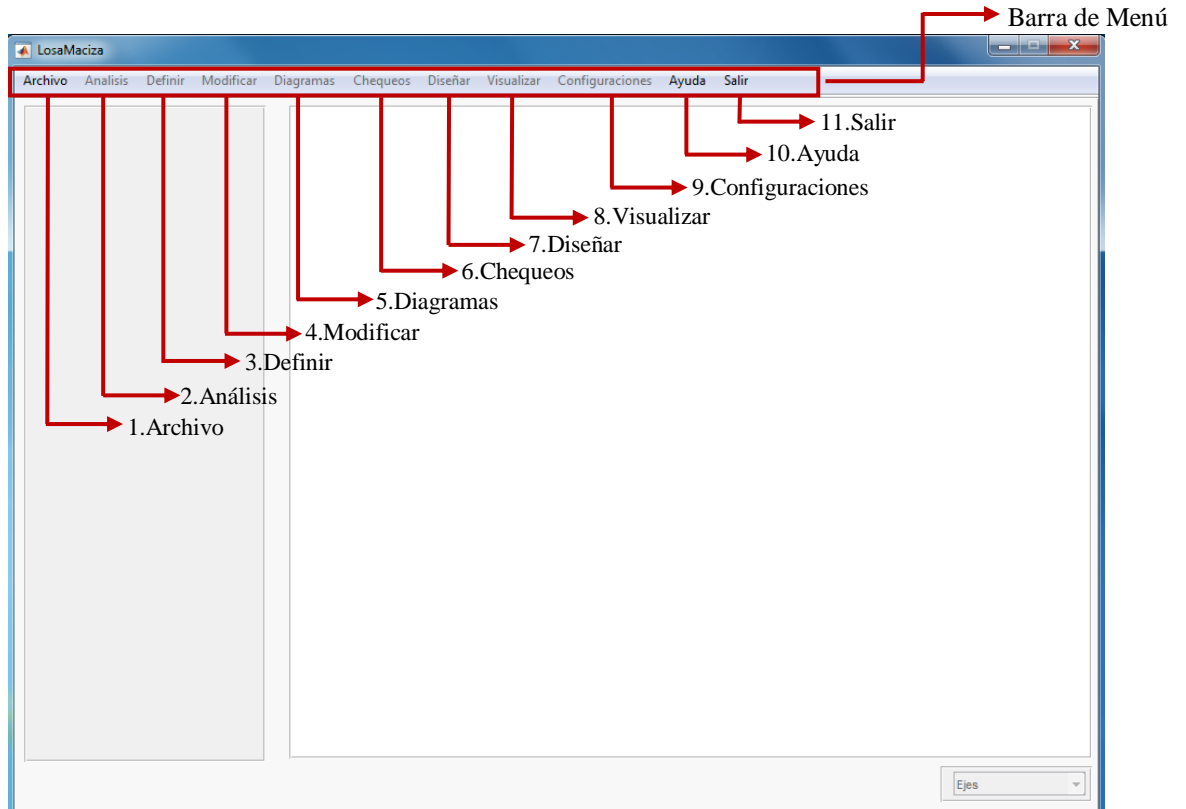


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4. Ventana Principal.

Al iniciar el programa se carga la ventana principal, que es el entorno de inicio del programa.

Gráfico 172. Ventana principal del programa de losas macizas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

a. Barra de menú.

1. Archivo
 - 1.1. Nuevo
 - 1.2. Abrir
 - 1.3. Guardar
2. Análisis
 - 2.1. Tableros
3. Definir
 - 3.1. Cargas
 - Por losa
 - o Ingresar

- Revisar
 - Por tableros
 - Ingresar
 - Revisar
- 3.2.Material
- 3.3.Recubrimiento
- 3.4.Condiciones losa
- 4. Modificar
 - 4.1.Grilla
 - 4.2.Tipo de losa
 - 4.3.Franja(s) análisis
 - 4.4.Altura de losa [h]
- 5. Diagramas
 - 5.1.Corte
 - 5.2.Momento
- 6. Chequeos
 - 6.1.Corte
 - 6.2.Flexión
- 7. Diseñar
 - 7.1.Losa
- 8. Visualizar
 - 8.1.Franja(s) análisis
 - 8.2.Tablero(s) análisis
 - 8.3.β (Lado Largo/Lado Corto)
 - 8.4.Tipo de losa
 - 8.5.Cargas
 - Carga viva (CV)
 - Peso de losa (PL)
 - Carga muerta adicional (CMA)
 - Carga muerta (CM)
 - Carga mayorada (qu)
 - Todas
- 9. Configuraciones

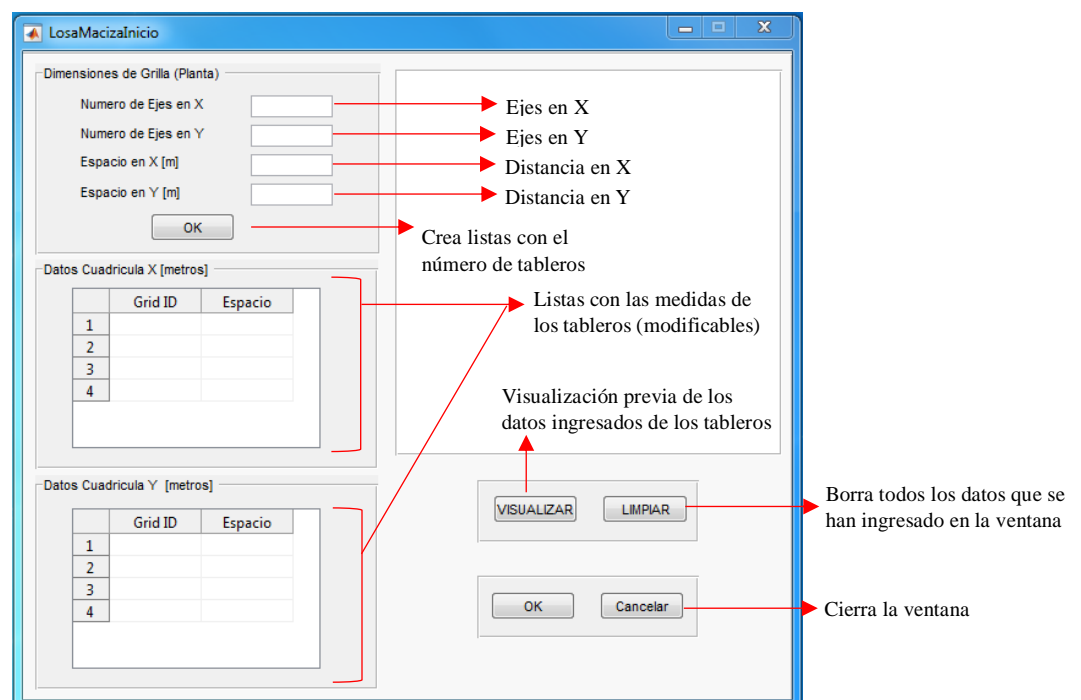
- 9.1.Cuantías
- 9.2.Chequeos
- 9.3.Áreas acero
- 9.4.Factores de carga
- 10. Ayuda
 - 10.1. Manual
- 11. Salir
 - 11.1. Finalizar
 - 11.2. Limpiar memoria

1. Archivo

1.1.Nuevo

Esta opción permite ingresar en la ventana donde se puede definir el número de ejes en “x” y “y”, así como una distancia referencial entre los ejes.

Gráfico 173. Ventana de Datos iniciales.

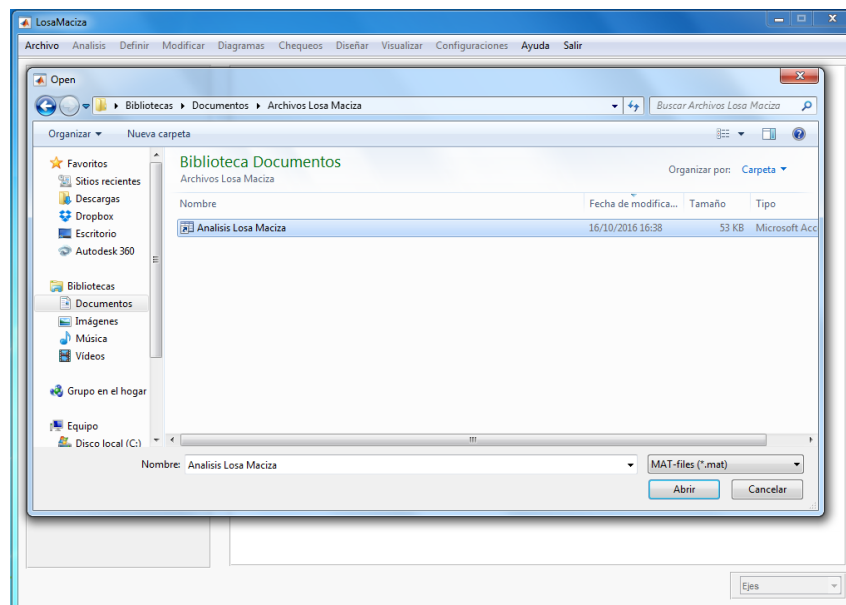


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

1.2.Abrir

Al seleccionar esta opción se puede abrir un modelo de losa que se haya guardado anteriormente, este archivo se encuentra en formato *.mat*.

Gráfico 174. Ventana de Abrir.



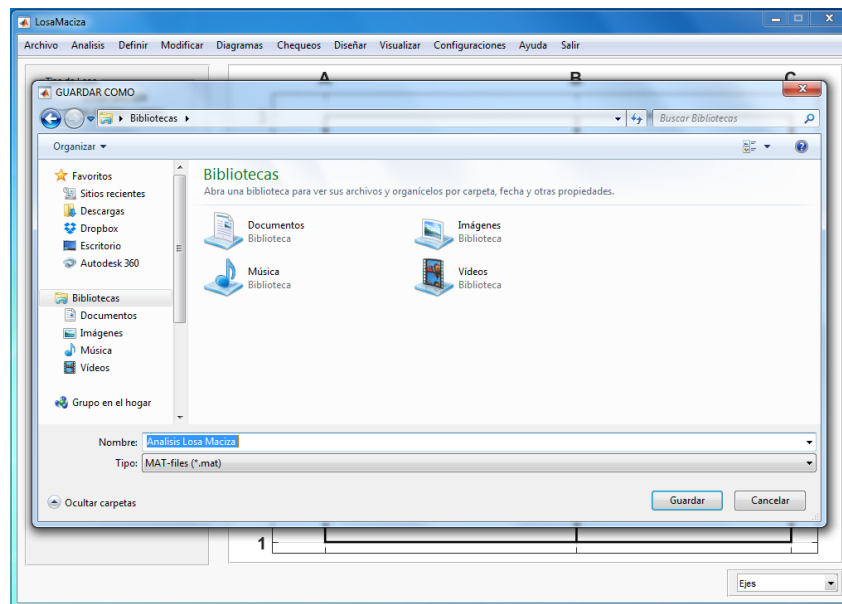
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

1.3.Guardar

Al hacer click en esta opción permite guardar todos los datos, modificaciones y configuraciones que se han realizado en el modelo que se esté analizando. Al guardar el modelo se crea un archivo en formato *.mat* el cual contiene todos los datos del modelo.

Para guardar el modelo una alternativa a la selección de la opción de Guardar que se encuentra en el menú, es presionando Ctrl+G.

Gráfico 175. Ventana de Guardar.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

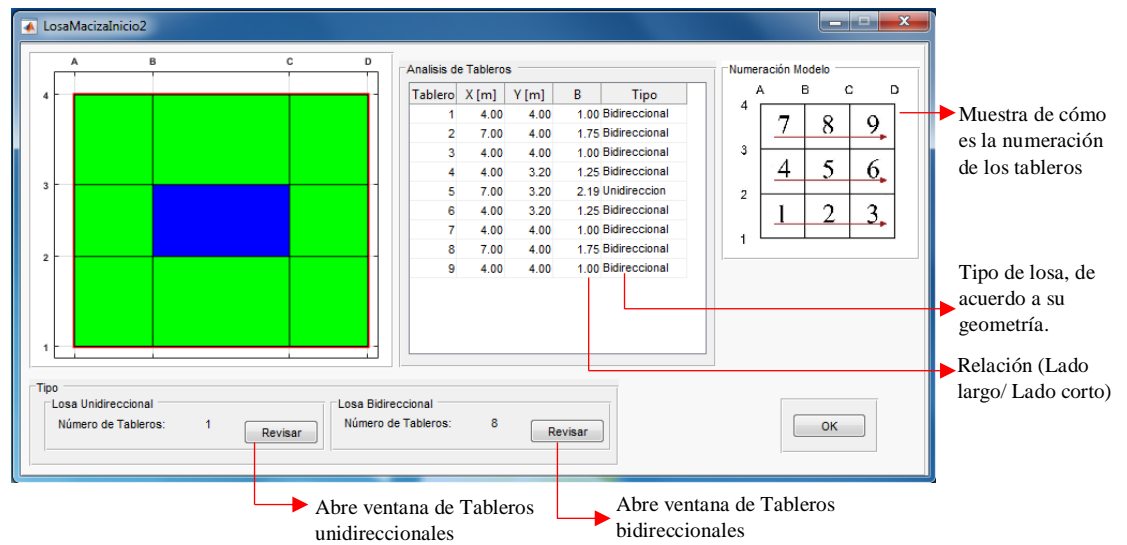
2. Análisis

2.1. Tableros

En esta ventana se puede ver un análisis de cada uno de los tableros que han sido ingresados en el modelo, el análisis está basado en la determinación de que tablero es unidireccional o bidireccional de acuerdo a su geometría.

En la ventana se puede visualizar los tableros unidireccionales coloreados de azul y los bidireccionales de color verde, además de una tabla con las medidas y β (Longitud Larga/Longitud Corta).

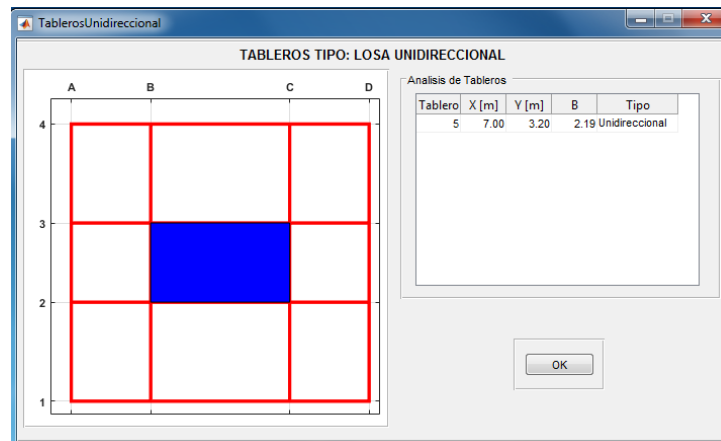
Gráfico 176. Ventana de Análisis de tableros.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el primer botón Revisar se abre una ventana donde solo se mostraran los datos de los tableros que sean unidireccionales.

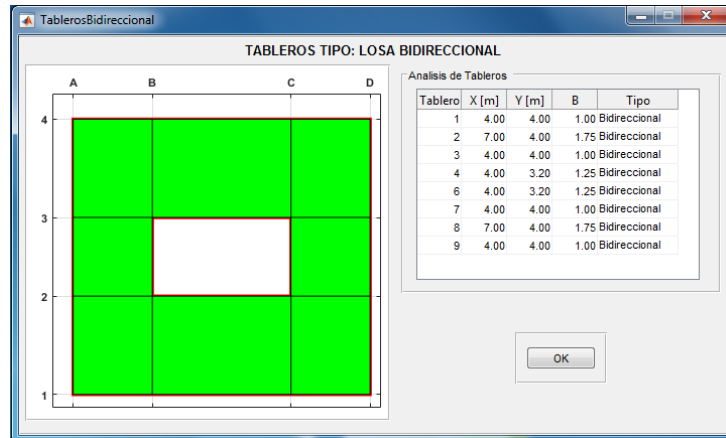
Gráfico 177. Ventana de Análisis de tableros Unidireccionales.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el segundo botón Revisar se abre una ventana donde solo se mostraran los datos de los tableros que sean bidireccionales.

Gráfico 178. Ventana de Análisis de tableros Bidireccionales.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

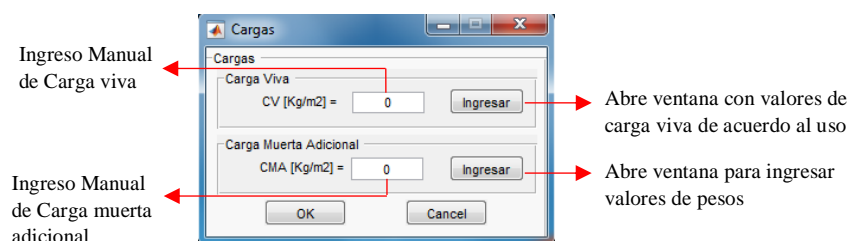
3. Definir

3.1.Cargas

- **Por losa**
 - **Ingresar**

Al seleccionar esta opción se abre una ventana donde se debe ingresar los valores de carga viva (CV) y carga muerta adicional (CMA), estos valores serán considerados para todos los tableros que conformen la losa, es decir es un solo ingreso para todos los tableros

Gráfico 179. Ventana de Ingreso de cargas.

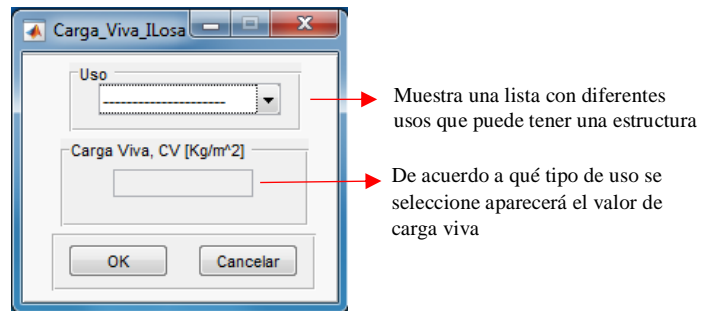


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el primer botón Ingresar se abre una ventana secundaria en la cual hay que seleccionar el tipo de uso al que estará sometida la losa y de acuerdo a esto será asignado un valor de carga viva (CV), los valores de carga viva de acuerdo al uso

han sido tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_CG_(cargas_no_sismicas) 2015.

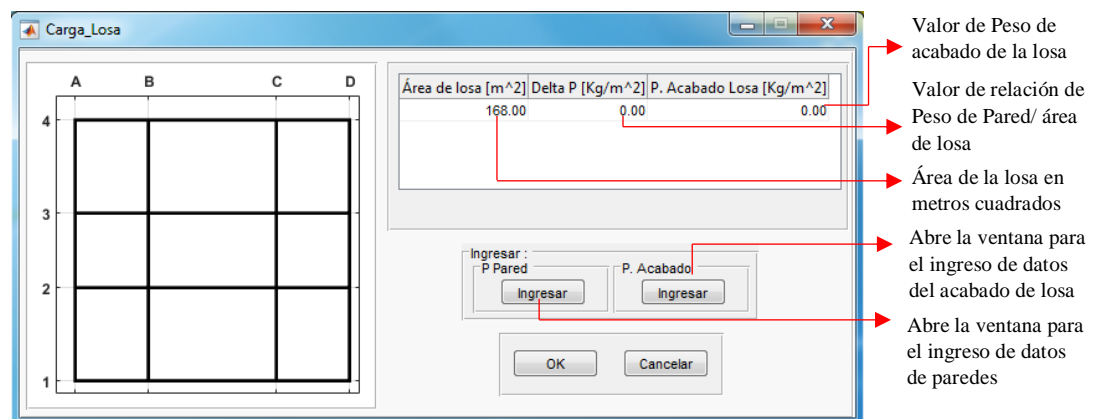
Gráfico 180. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el segundo botón Ingresar se abre una ventana secundaria en la que se debe ingresar los valores de ΔP (peso de pared*longitud de la pared / Área de losa) y peso de acabado (P. Acabado) de la losa.

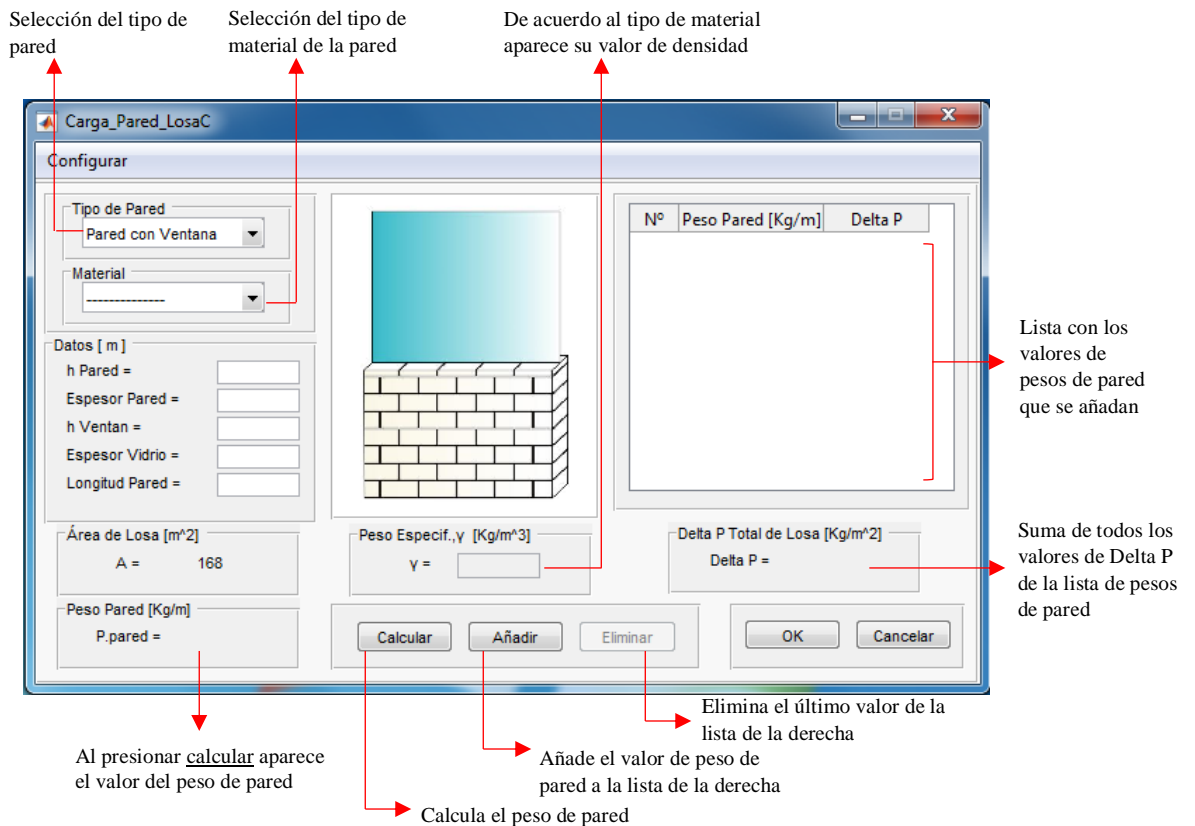
Gráfico 181. Ventana con los valores de pesos ingresados.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de pared se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor de ΔP , aquí hay que seleccionar entre dos tipos de paredes la primera con ventana o la segunda completa y en base a los datos que se ingrese de altura, espesor, longitud de pared y densidad del material se calcula el valor de ΔP .

Gráfico 182. Ventana de ingreso de datos de paredes.

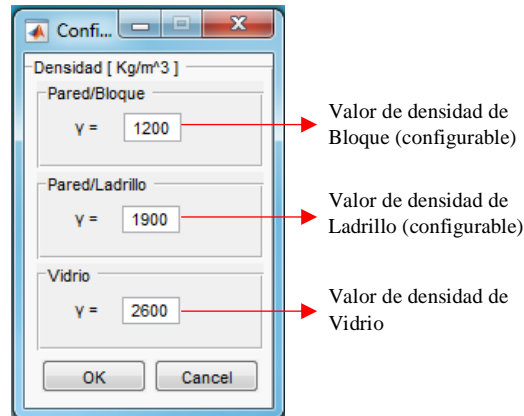


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Una vez ingresados los datos necesarios, se debe pulsar el botón Calcular para que el programa calcule el valor de Peso de Pared, seguido de esto se debe pulsar el botón Añadir para que el valor pase a la lista que se encuentra al lado derecho de la ventana, este proceso se lo repetirá para el número de paredes que existan.

En la parte superior de la ventana existe la opción de Configurar en la que se puede modificar el valor de densidad de algunos materiales como el Vibrio el cual viene por omisión con un valor de 2600 kg/m^3 .

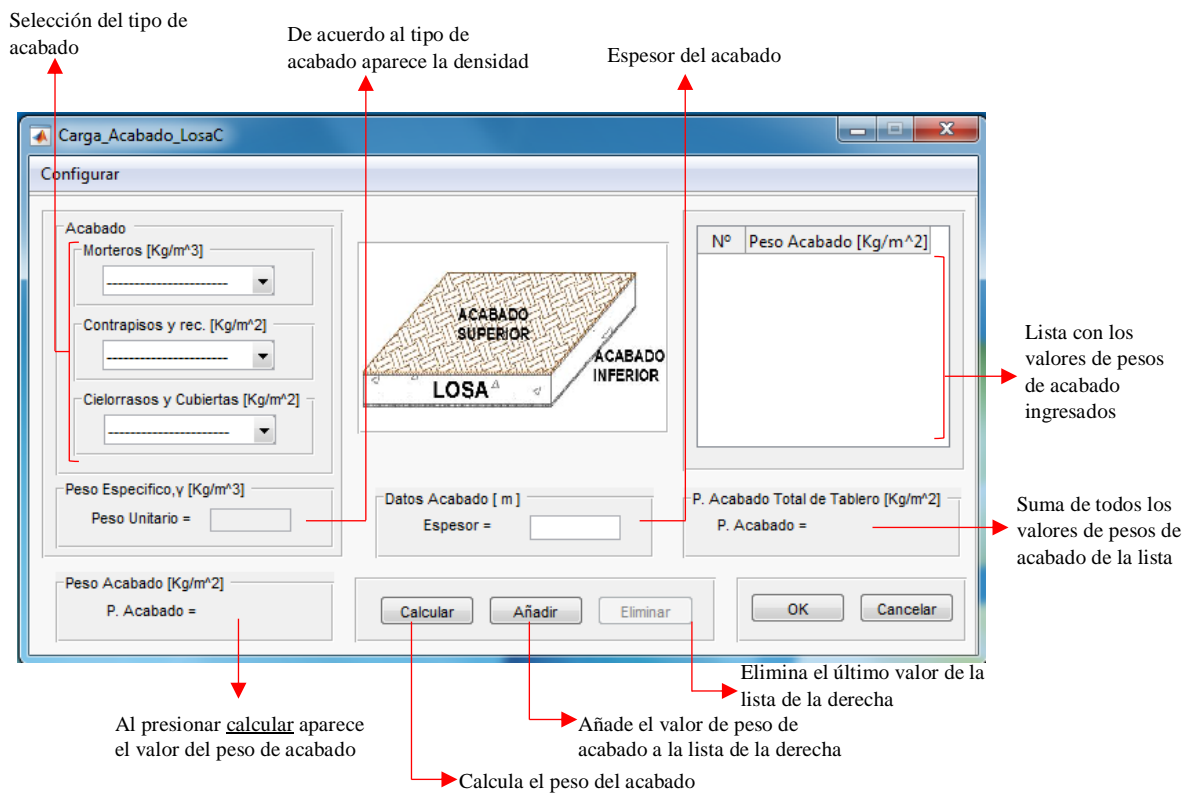
Gráfico 183. Ventana de configuración de densidad de los materiales de pared.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de Acabado se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor del peso del acabado de la losa

Gráfico 184. Ventana de ingreso de datos de acabados.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- **Revisar**

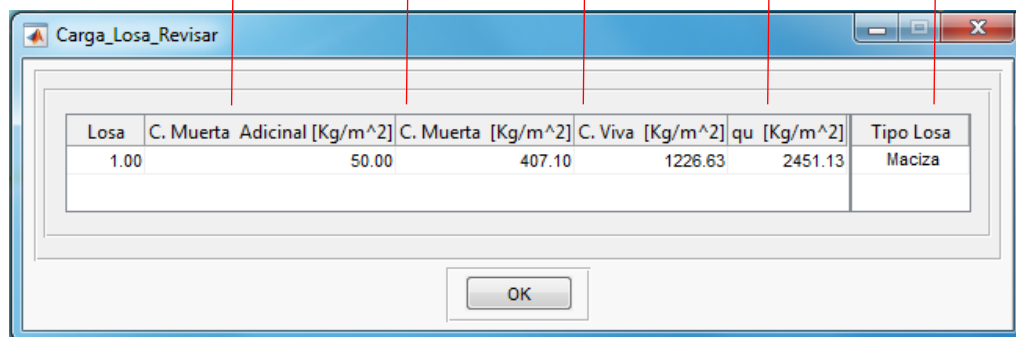
Al dar click en Revisar se despliega una ventana en la que se puede observar el valor de carga muerta adicional (CMA), carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga mayorada (qu) así como el tipo de losa de acuerdo a la siguiente condición:

$CV \geq 3CM$ Losa Maciza

$CV < 3CM$ Losa Nervada

Gráfico 185. Ventana con valores de cargas.

Valor de carga muerta adicional ingresado Suma de carga muerta adicional y peso de losa Valor de carga viva ingresado Carga muerta mayorada Tipo de losa de acuerdo a las cargas



Losa	C. Muerta Adicional [Kg/m ²]	C. Muerta [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]	qu [Kg/m ²]	Tipo Losa
1.00	50.00	407.10	1226.63	2451.13	Maciza

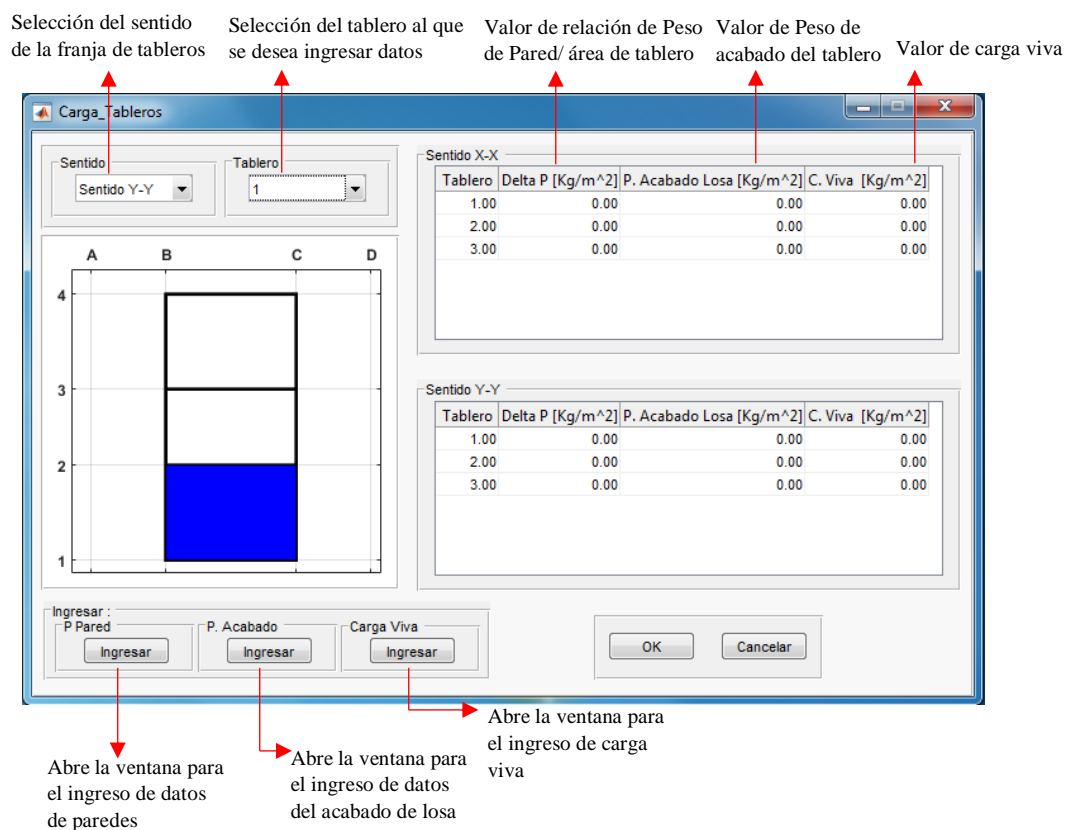
OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- **Por tableros**
 - **Ingresar**

Al seleccionar esta opción se abre una ventana donde hay que ingresar los valores de ΔP (peso de pared*longitud de la pared / Área de losa), peso de acabado (P. Acabado) y carga viva (CV), estos valores se deben ingresar para cada uno de los tableros que serán considerados en el análisis.

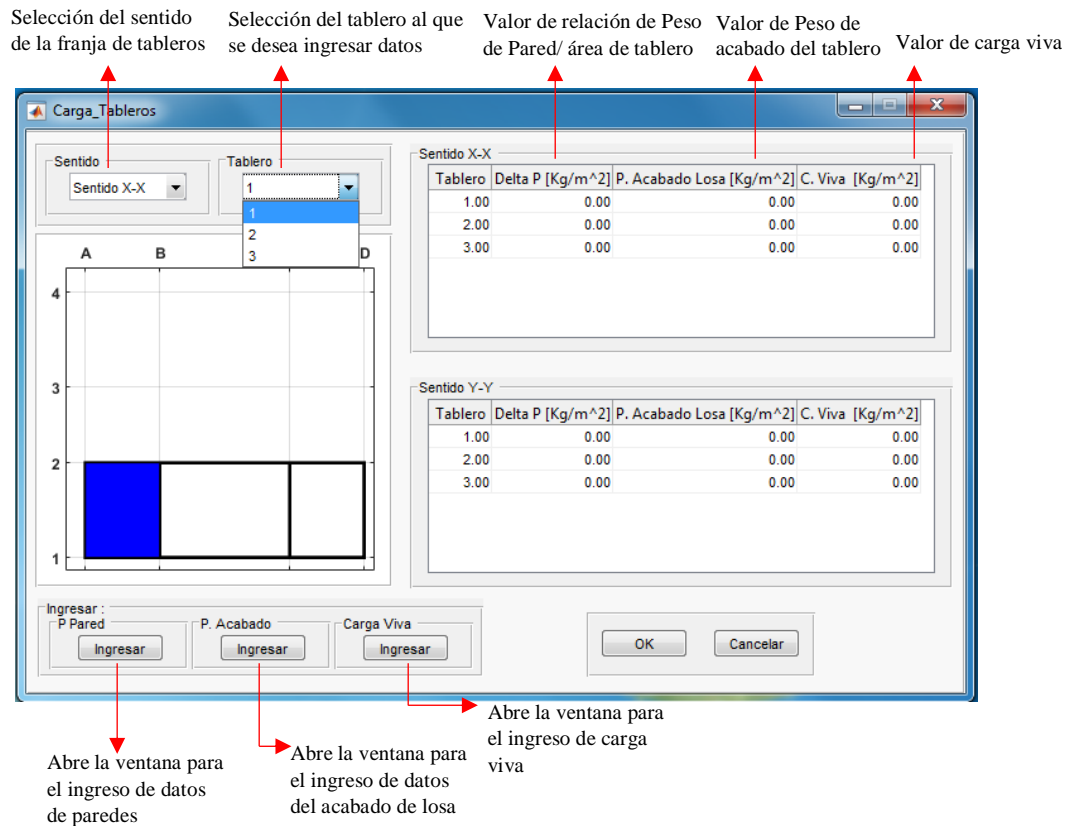
Gráfico 186. Ventana con valores de pesos de tableros, sentido y-y.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Se puede ingresar de forma manual cada uno de los valores escribiéndolos en las tablas, o se puede calcular para cada tablero de forma independiente seleccionando el sentido y el número de tablero en el que se desea calcular los pesos.

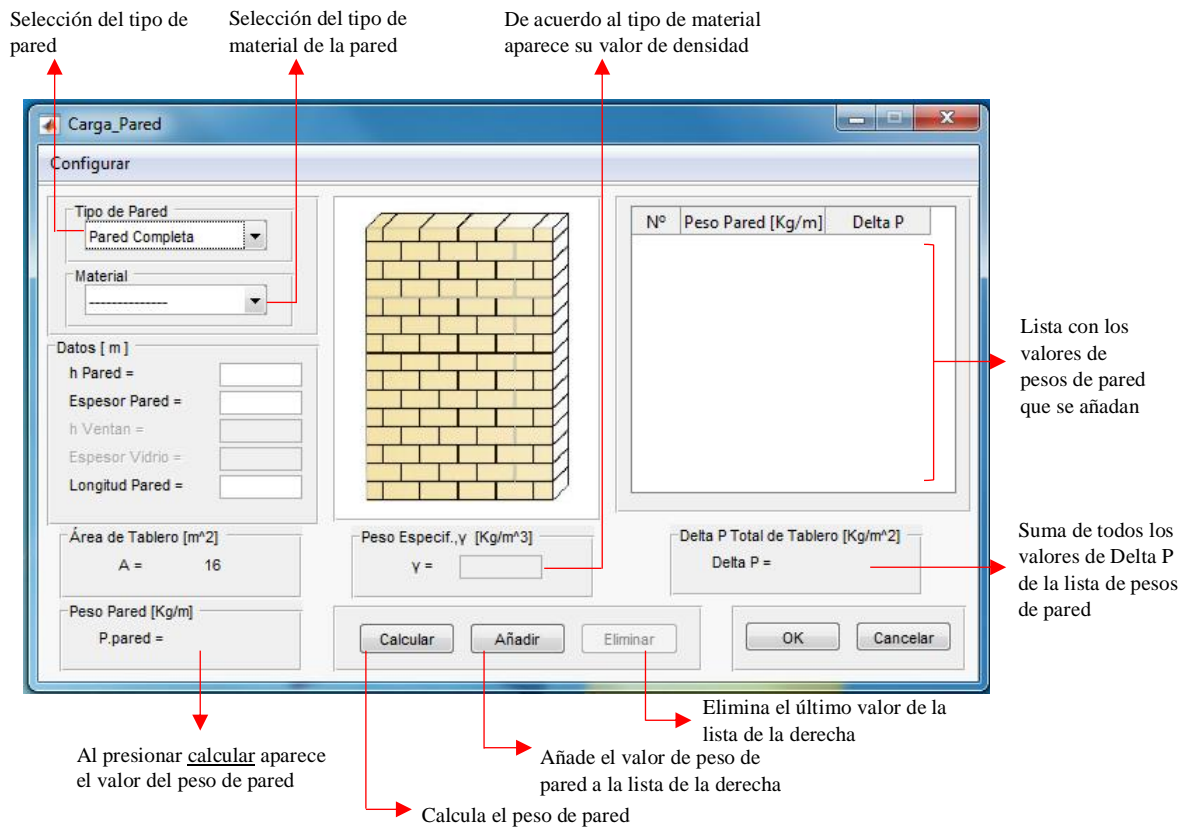
Gráfico 187. Ventana con valores de pesos de tableros, sentido x-x.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de pared se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor de ΔP , aquí se debe seleccionar entre dos tipos de paredes la primera con ventana o la segunda completa y en base a los datos que se ingrese de altura, espesor, longitud de pared y densidad del material se calcula el valor de ΔP .

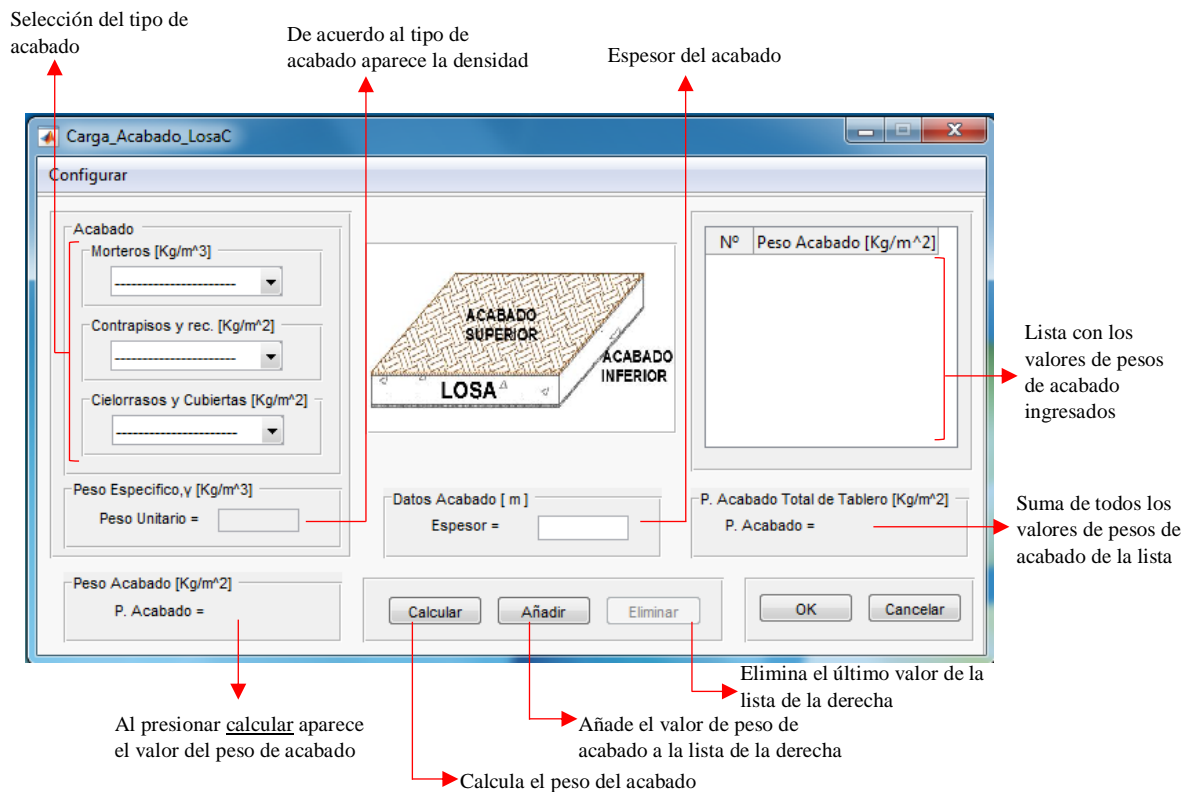
Gráfico 188. Ventana de ingreso de datos de paredes.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de Acabado se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor del peso del acabado de la losa.

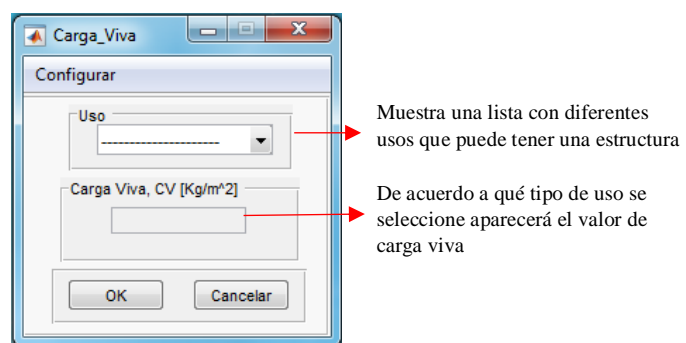
Gráfico 189. Ventana de ingreso de datos de acabados.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el primer botón Ingresar se abre una ventana secundaria en la que debemos seleccionar el tipo de uso al que estará sometida la losa y de acuerdo a esto será asignado un valor de carga viva (CV), los valores de carga viva de acuerdo al uso han sido tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_CG_(cargas_no_sismicas) 2015.

Gráfico 190. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

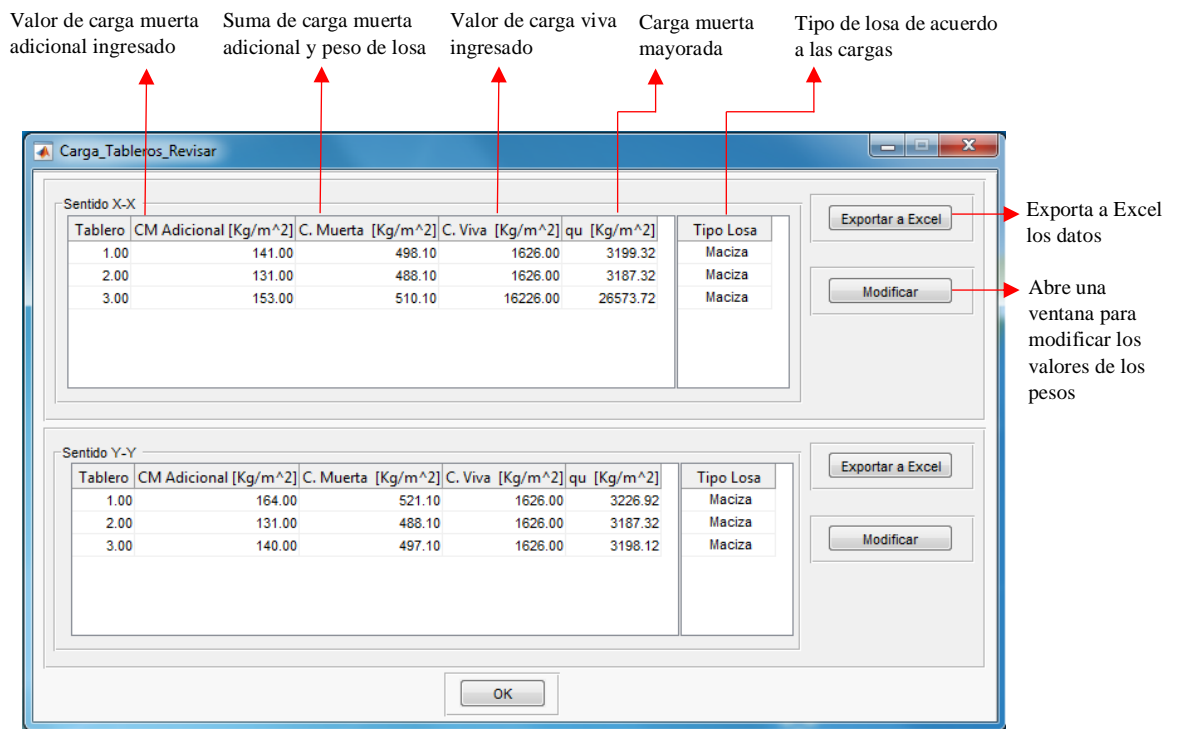
○ **Revisar**

Al dar click en Revisar se despliega una ventana en la que se puede observar los valores de carga muerta adicional (CMA), carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga mayorada (qu) de los tableros así como el tipo de losa de acuerdo a la siguiente condición:

$$CV \geq 3CM \text{ Losa Maciza}$$

$$CV < 3CM \text{ Losa Nervada}$$

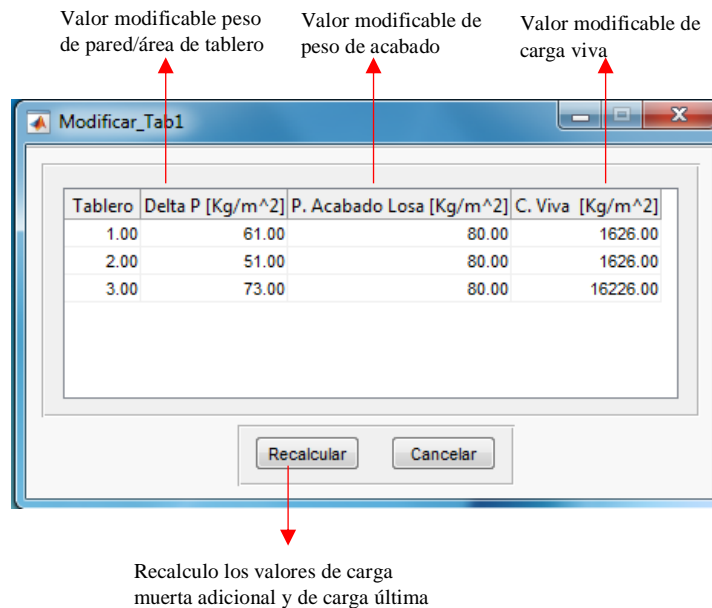
Gráfico 191. Ventana con valores de cargas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón de Modificar se abre la siguiente ventana en la que podemos modificar los valores de ΔP , peso de acabado (P. Acabado) y carga viva (CV) de cada uno de los tableros que hayamos ingresado anteriormente.

Gráfico 192. Ventana para modificar los valores de pesos.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al terminar de modificar los valores de cargas se debe dar click en Recalcular para que los nuevos valores sean almacenados.

3.2.Material

Esta ventana permite modificar el Nombre del Material así como los valores de Esfuerzo Máximo a la Compresión del Concreto (f'_c), Esfuerzo de Fluencia del Acero (f_y) y Peso Específico del concreto (γ).

El programa trae por defecto los siguientes valores:

$$f'_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

Gráfico 193. Ventana de datos del material.

The screenshot shows a window titled 'DatosPropiedadesMateriales'. It contains a text field for 'Nombre del Material' with the value 'HORMIGÓN 240'. Below this is a section titled 'Propiedades de Diseño' which contains three input fields: 'Esfuerzo Max Comp Conc, f_c [Kg/cm²]' with the value '240', 'Esfuerzo Fluencia Acero, f_y [Kg/cm²]' with the value '4200', and 'Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]' with the value '2400'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons. Red arrows point from the labels on the right to the corresponding input fields.

Propiedad	Valor
Nombre del Material	HORMIGÓN 240
Esfuerzo Max Comp Conc, f _c [Kg/cm²]	240
Esfuerzo Fluencia Acero, f _y [Kg/cm²]	4200
Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]	2400

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

3.3. Recubrimiento

En esta ventana se puede modificar el recubrimiento de la losa.

El programa trae por defecto un recubrimiento de:

$$r = 2.5 \text{ cm.}$$

Gráfico 194. Recubrimiento de losa

The screenshot shows a window titled 'Recubrimiento'. It contains a text field for 'Recubrimiento de Losa, r [cm]' with the value 'r = 2.5'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons. A red arrow points from the label 'Valor de recubrimiento de la losa' to the input field.

Propiedad	Valor
Recubrimiento de Losa, r [cm]	r = 2.5

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

3.4. Condiciones de Losa

En la ventana que se muestra se debe definir las condiciones a las que se encuentra sometida la losa

La ventana de visualización varía de acuerdo al tipo de losa.

Gráfico 195. Condiciones de losa maciza unidireccional.

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled 'CondicionesLMU'. At the top, a label 'Tipo de Losa:' is followed by a text box containing 'LOSA MACIZA UNIDIRECCIONAL'. Below this, the dialog is divided into two main sections: 'Lado Izquierdo' and 'Lado Derecho'. Each section contains two sub-sections: 'Vano Extremo' and 'Apoyo Exterior'. In the 'Vano Extremo' sub-sections, the first radio button 'Extremo discontinuo monolitico con el apoyo' is selected. In the 'Apoyo Exterior' sub-sections, the first radio button 'Miembro construido monoliticamente con viga dintel' is selected. At the bottom of the dialog, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

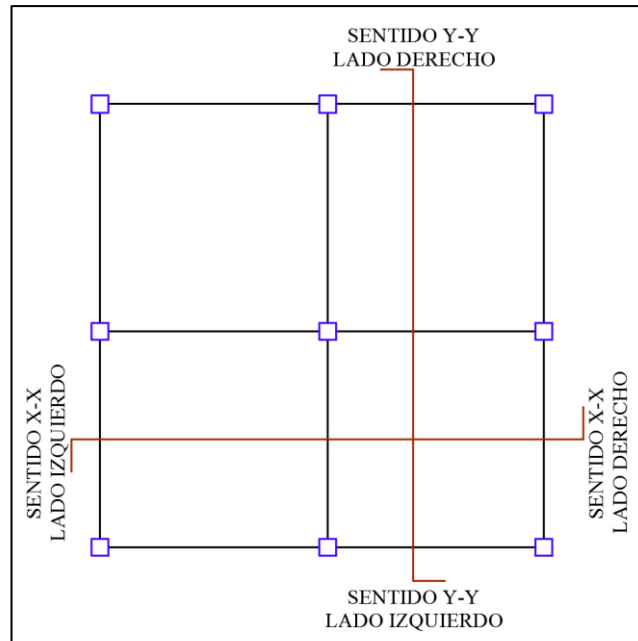
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 196. Condiciones de losa maciza bidireccional.

The screenshot shows a Windows-style dialog box titled 'CondicionesLMB'. At the top, a label 'Tipo de Losa:' is followed by a text box containing 'LOSA MACIZA BIDIRECCIONAL'. Below this, the dialog is divided into two main sections: 'Sentido X-X' and 'Sentido Y-Y'. Each section contains two sub-sections: 'Lado Izquierdo' and 'Lado Derecho'. Each of these sub-sections further contains 'Vano Extremo' and 'Apoyo Exterior' sub-sections. In all four 'Vano Extremo' sub-sections, the first radio button 'Extremo discontinuo monolitico con el apoyo' is selected. In all four 'Apoyo Exterior' sub-sections, the first radio button 'Miembro construido monoliticamente con viga dintel' is selected. At the bottom of the dialog, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 197. Sentidos y lados de los tableros de la losa.



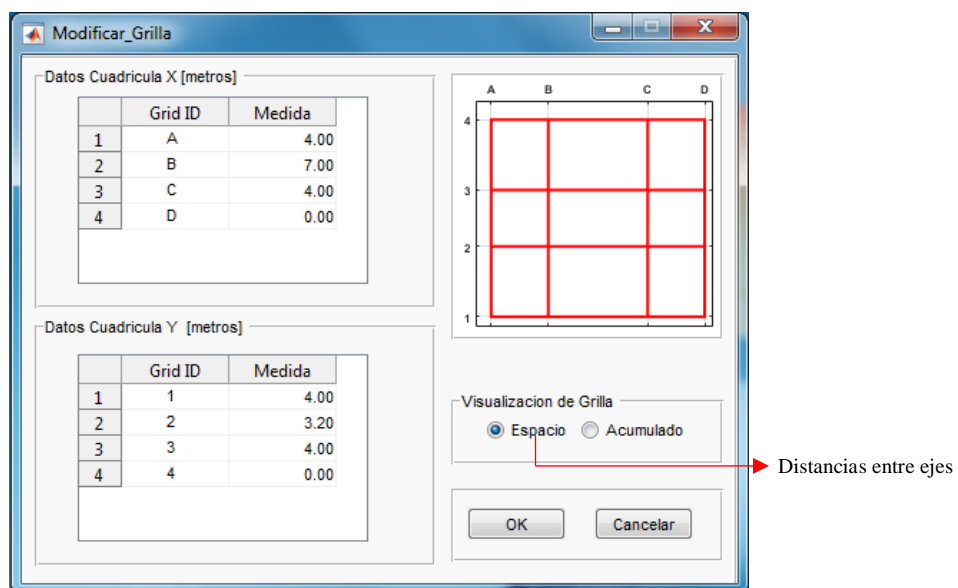
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4. Modificar

4.1.Grilla

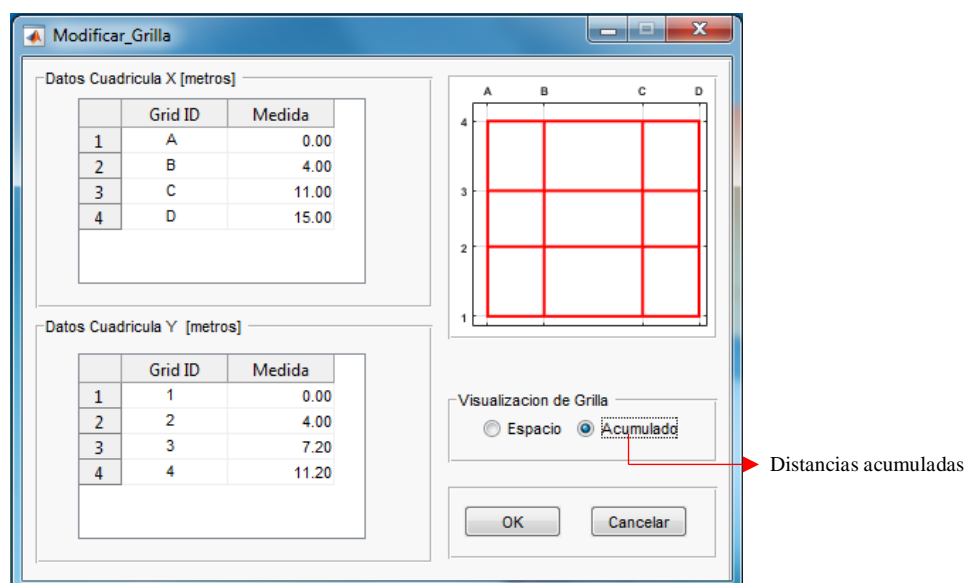
Esta ventana permite modificar las distancias ingresadas al inicio del modelo, existen dos formas de visualización de las distancias la primera es por Espacios y la segunda Acumuladas.

Gráfico 198. Medidas entre ejes de los tableros.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 199. Medidas acumuladas de los tableros.

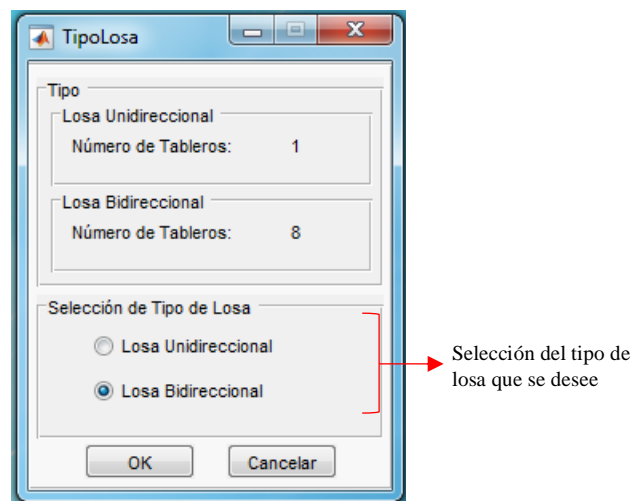


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.2. Tipo de losa

Esta ventana permite la modificación del tipo de losa, siempre que existan tableros de esa tipología en la misma, de lo contrario el programa no permitirá el cambio de tipo de losa.

Gráfico 200. Ventana de modificación del tipo de losa.

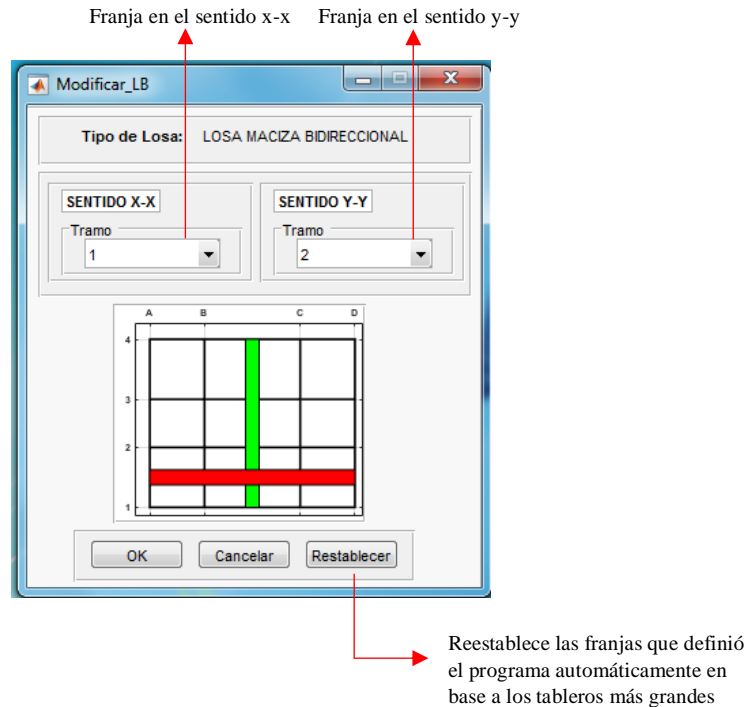


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.3. Franja(s) análisis

Esta ventana permite la selección de forma manual de la franja de tableros en la que se desee que se realice el análisis. El programa está configurado para buscar de forma automática el tablero con la longitud mayor y realizar el análisis en este, pero en esta ventana esto puede ser modificado.

Gráfico 201. Ventana de modificación de las franjas en las que se realizará el análisis.



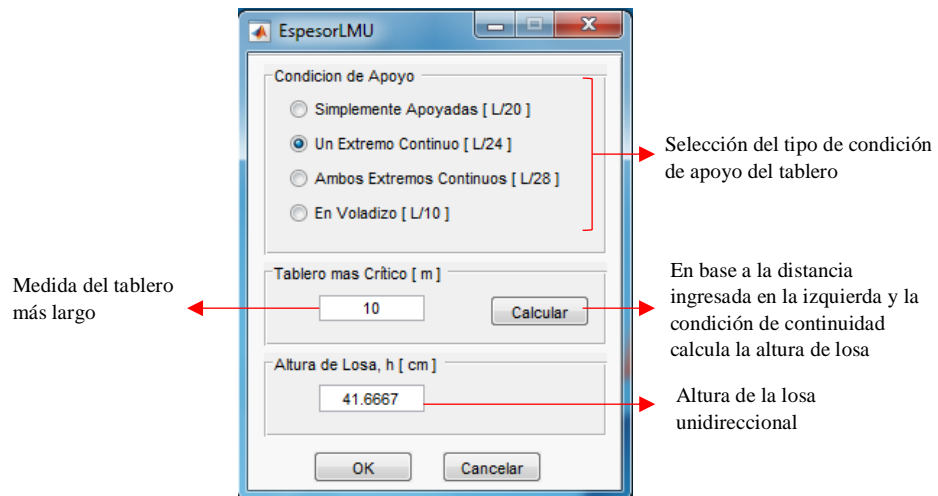
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Importante: Al cambiar la franja de análisis del modelo de losa los valores de cargas que hayan sido definidos *Por Tableros* serán eliminados y se deberá volver a ingresar los valores de Cargas para los nuevos tableros, esto debido a que como los valores de cargas fueron ingresados para otros tableros estos ya no son de utilidad. Pero si las Cargas han sido ingresadas *Por Losa* estas no se eliminarán debido a que como las cargas son las mismas para todos los tableros no es necesario volver a ingresar los valores de cargas.

4.4. Altura de losa [h]

Dependiendo del tipo de losa se visualizará la ventana de configuración de altura de losa.

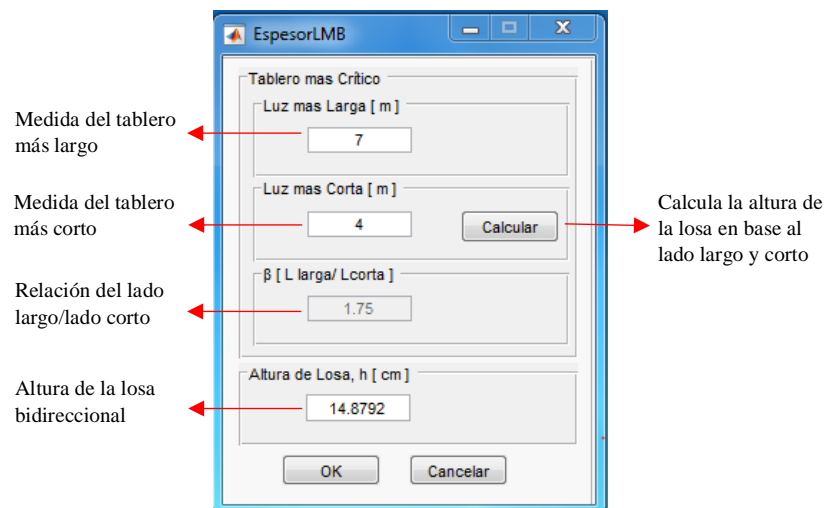
Gráfico 202. Ventana de modificación del espesor de la losa unidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

El programa al determinar que el tipo de losa es unidireccional calcula automáticamente el espesor, primero busca el tablero con la mayor longitud y determina si este tiene un extremo o ambos extremos continuos para de esta forma utilizar las fórmulas que se encuentran en el ACI para el cálculo de espesores de losas unidireccionales.

Gráfico 203. Ventana de modificación del espesor de la losa bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

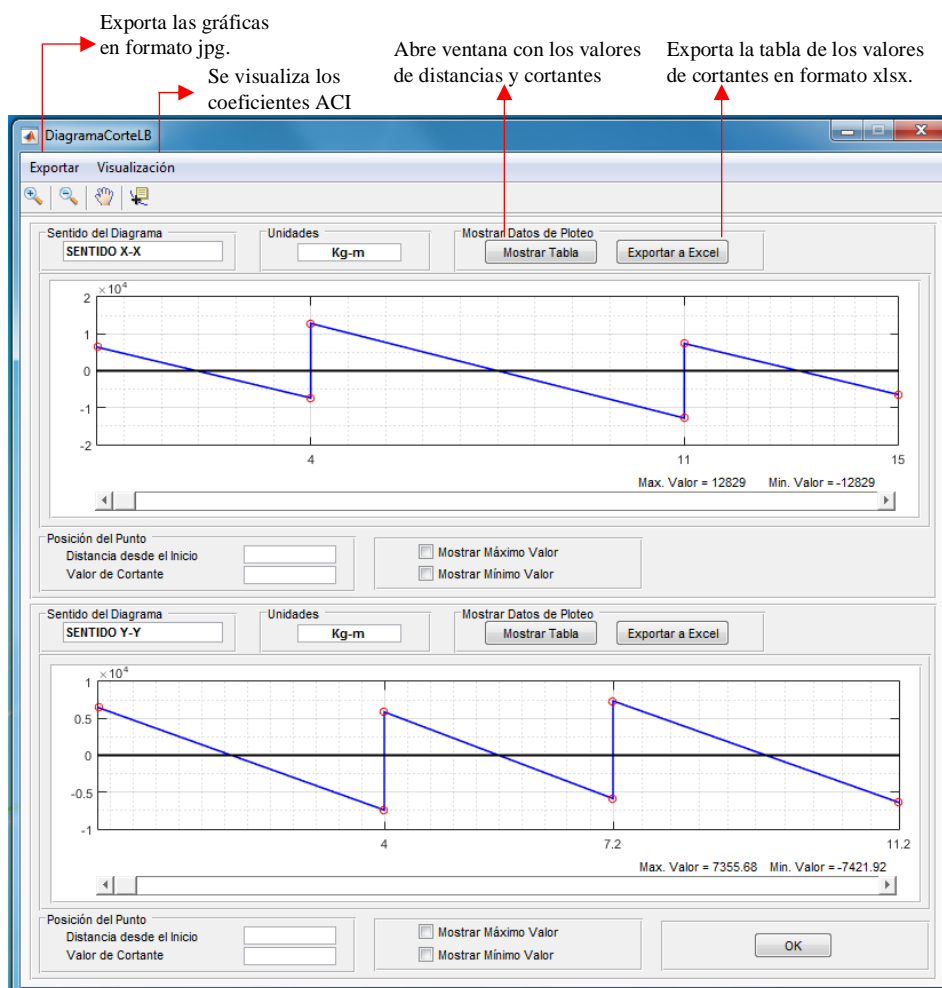
El programa al determinar que el tipo de losa es bidireccional calcula automáticamente el espesor, primero busca el tablero con la mayor y con la menor longitud para utilizar la fórmula que se encuentran en el ACI para el cálculo de espesores de losas bidireccionales.

5. Diagramas

5.1.Corte

En esta ventana podemos visualizar los diagramas de corte que se producen en la losa.

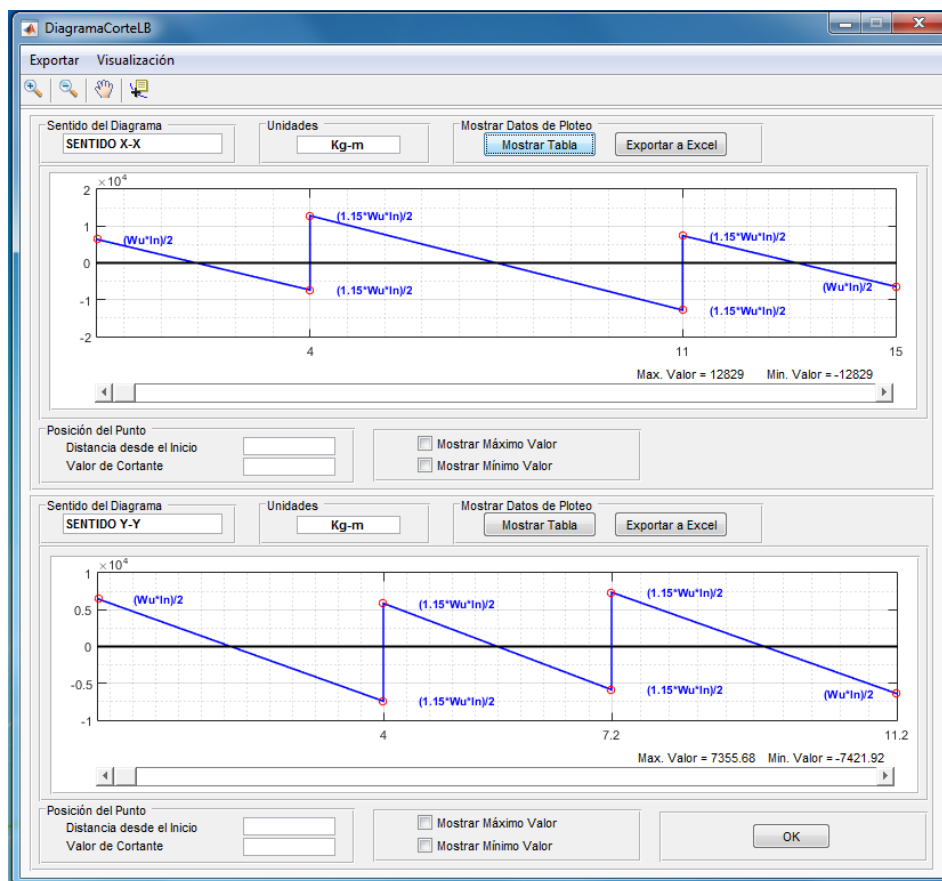
Gráfico 204. Diagramas de corte.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en Visualización Coeficientes se puede observar los coeficientes ACI que han sido empleados para el cálculo del diagrama de cortante.

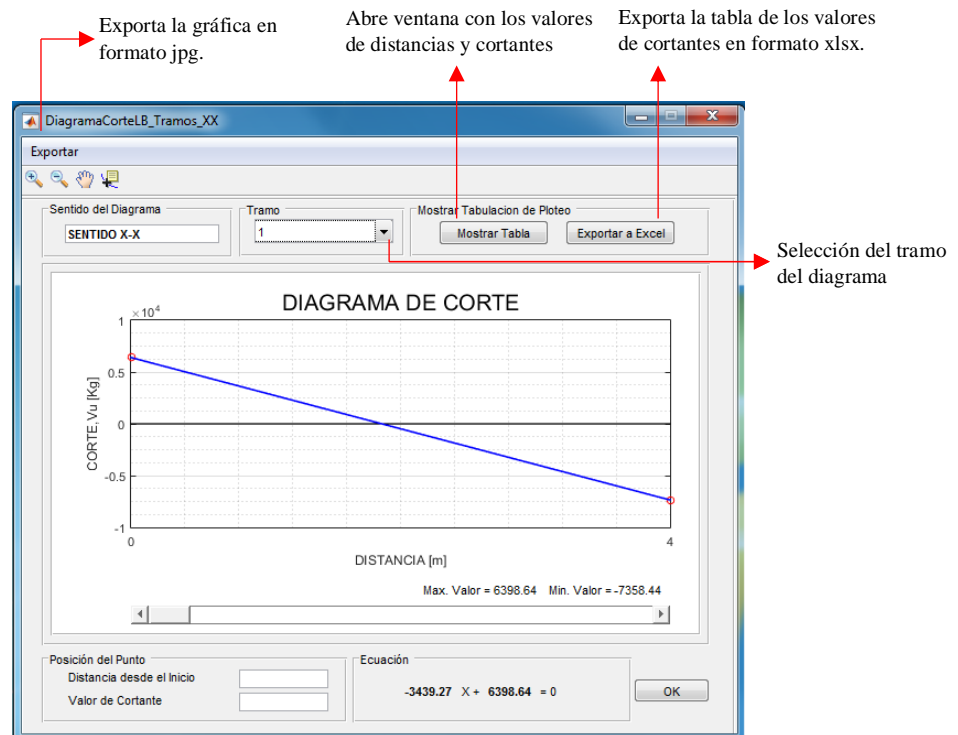
Gráfico 205. Diagramas de corte con los coeficientes ACI.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Si se selecciona en Visualización Tramos se puede observar los diagramas de corte divididos en el número de tramos que tenga el modelo.

Gráfico 206. Diagrama de corte por tramos.

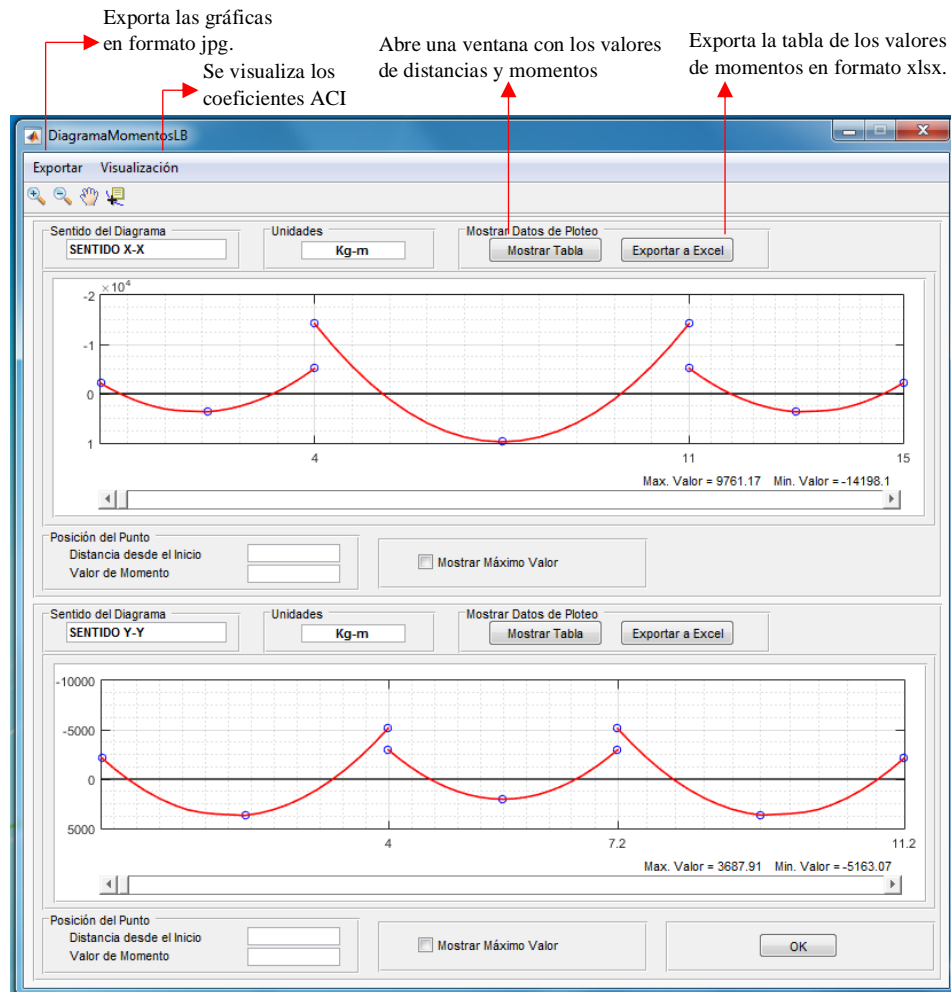


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

5.2.Momento

En esta ventana se puede visualizar los diagramas de momentos que se producen en la losa.

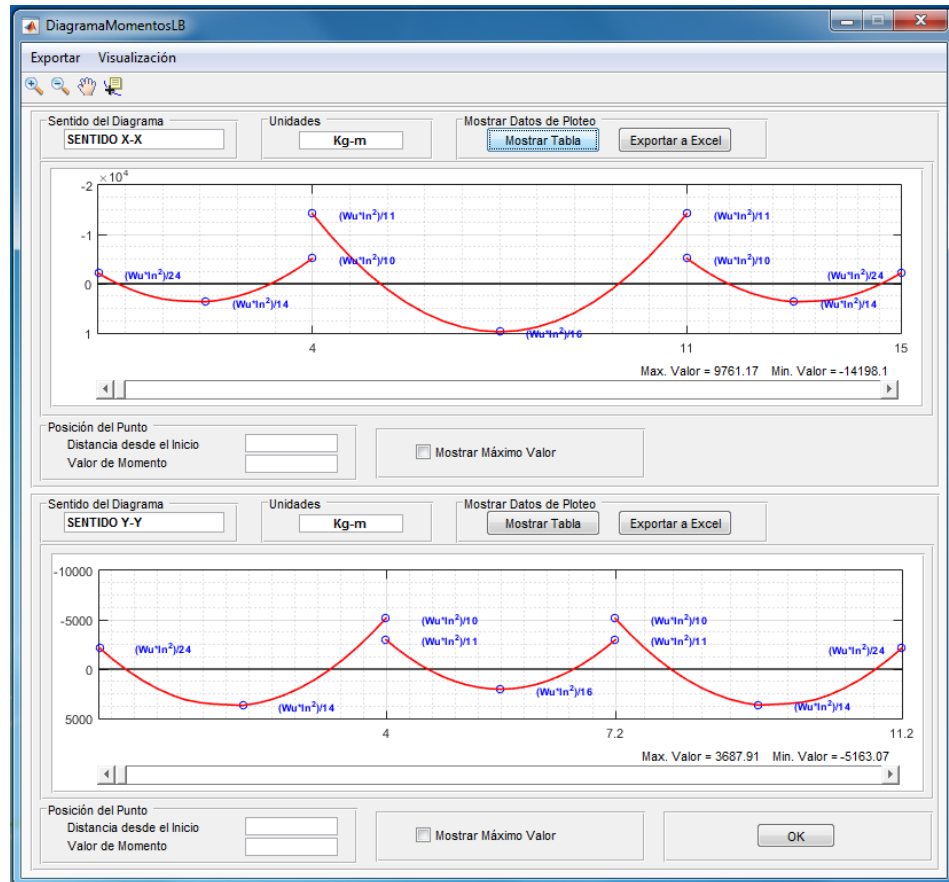
Gráfico 207. Diagramas de momentos.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en Visualización Coeficientes es posible observar los coeficientes ACI que han sido empleados para el cálculo del diagrama de momentos.

Gráfico 208. Diagramas de momentos con los coeficientes ACI.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Si se selecciona en Visualización Tramos se puede observar los diagramas de momentos divididos en el número de tramos que tenga el modelo.

Gráfico 209. Diagrama de momentos por tramos.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

6. Chequeos

6.1.Corte

Al hacer click en esta opción del menú aparecerá una ventana donde el programa mostrará si el modelo es capaz de pasar el chequeo a corte con los datos ingresados.

Gráfico 210. Chequeo a corte.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Corte_LMB' with a 'Revisar' (Review) tab. It contains two sections for shear check results. The first section, 'Sentido del Chequeo' (Direction of Check), is set to 'SENTIDO X-X'. It displays the condition $V_u \leq \phi \cdot V_n$ and $\phi \cdot V_n = \phi \cdot V_c$. The maximum shear force $V_u \text{ max} = 12829$ is compared against the shear capacity $V_c = 10164.2$. The result is $12829 \text{ Kg} > 8639.61 \text{ Kg}$, indicating 'NO CUMPLE CHEQUEO A CORTE SENTIDO X-X'. The second section is for 'SENTIDO Y-Y', showing $V_u \text{ max} = 7421.92$ compared to $V_c = 10164.2$. The result is $7421.92 \text{ Kg} \leq 8639.61 \text{ Kg}$, indicating 'CUMPLE CHEQUEO A CORTE'. An 'OK' button is at the bottom.

Sentido del Chequeo	
SENTIDO X-X	
Cortante Máx, V_u [Kg]	Esfuerzo Corte, V_c [Kg]
$V_u \text{ max} = 12829$	$V_c = 10164.2$
$12829 \text{ Kg} > 8639.61 \text{ Kg}$	
NO CUMPLE CHEQUEO A CORTE SENTIDO X-X	

Sentido del Chequeo	
SENTIDO Y-Y	
Cortante Máx, V_u [Kg]	Esfuerzo Corte, V_c [Kg]
$V_u \text{ max} = 7421.92$	$V_c = 10164.2$
$7421.92 \text{ Kg} \leq 8639.61 \text{ Kg}$	
CUMPLE CHEQUEO A CORTE	

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

6.2.Flexión

Al dar click en esta opción del menú aparecerá una ventana donde el programa indicara si el modelo es capaz de pasar el chequeo a flexión con los datos ingresados.

Gráfico 211. Chequeo a flexión.

The screenshot shows a software window titled 'Chequeo_Flexion_LMB' with a 'Revisar' (Review) tab. It contains two sections for bending check results. The first section, 'Sentido del Chequeo' (Direction of Check), is set to 'Sentido X-X'. It displays the condition $d_{cal} < d_{asum}$. The maximum moment $Mu \text{ max} = 14198.1$ is compared against the assumed effective depth $d_{asum} = 12.3792$. The result is $18.74 \text{ cm} > 12.3792 \text{ cm}$, indicating 'NO CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN'. The second section is for 'Sentido Y-Y', showing $Mu \text{ max} = 5163.07$ compared to $d_{asum} = 12.3792$. The result is $11.3 \text{ cm} < 12.3792 \text{ cm}$, indicating 'CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN'. An 'OK' button is at the bottom.

Sentido del Chequeo	
Sentido X-X	
Momento Máx, Mu [Kg-m]	Peralte asumido, d_{asum} [cm]
$Mu \text{ max} = 14198.1$	$d_{asum} = 12.3792$
$18.74 \text{ cm} > 12.3792 \text{ cm}$	
NO CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN	

Sentido del Chequeo	
Sentido Y-Y	
Momento Máx, Mu [Kg-m]	Peralte asumido, d_{asum} [cm]
$Mu \text{ max} = 5163.07$	$d_{asum} = 12.3792$
$11.3 \text{ cm} < 12.3792 \text{ cm}$	
CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN	

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

7. Diseñar

7.1.Losa

Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana donde se puede visualizar las áreas de acero necesarias para el modelo de losa.

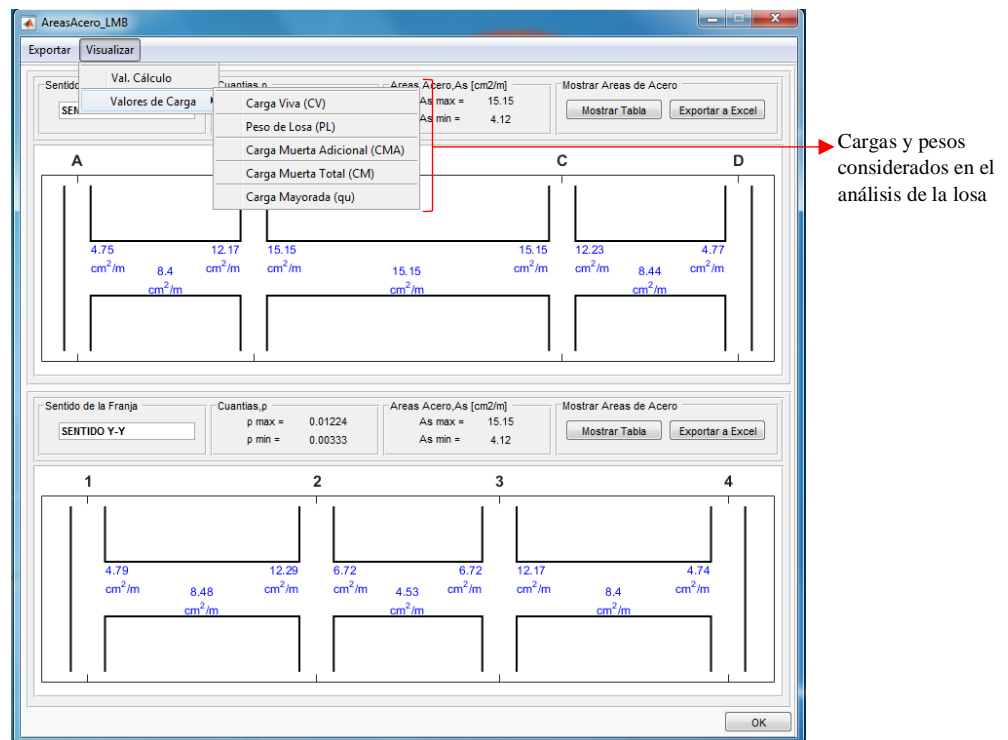
Gráfico 212. Áreas de acero de la losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

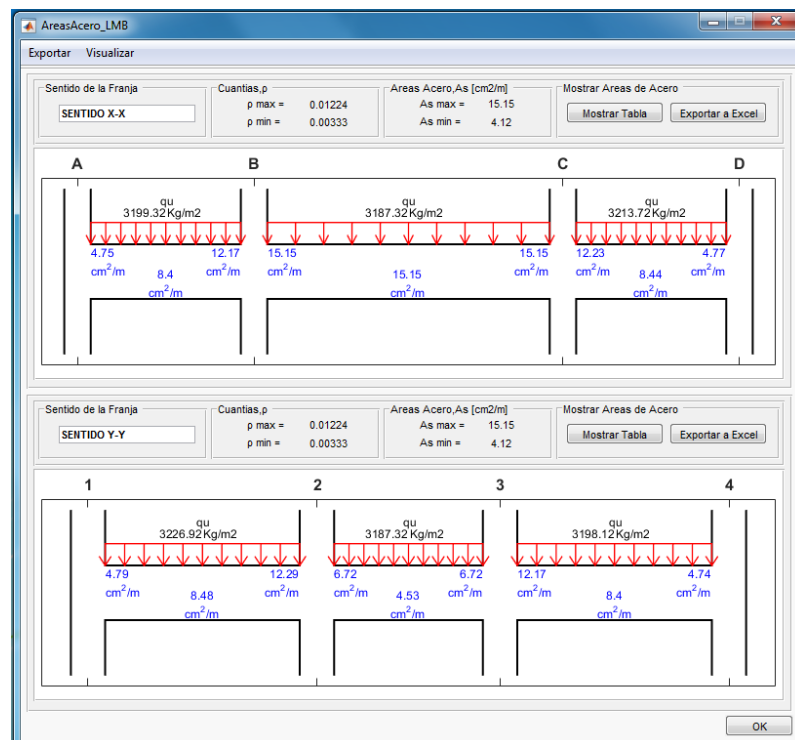
Si seleccionamos en Visualización Valores de Carga se podrá observar los valores de Carga que han sido utilizados por el programa para el cálculo de áreas de acero.

Gráfico 213. Áreas de acero de la losa con las cargas consideradas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 214. Carga mayorada aplicada en la losa.



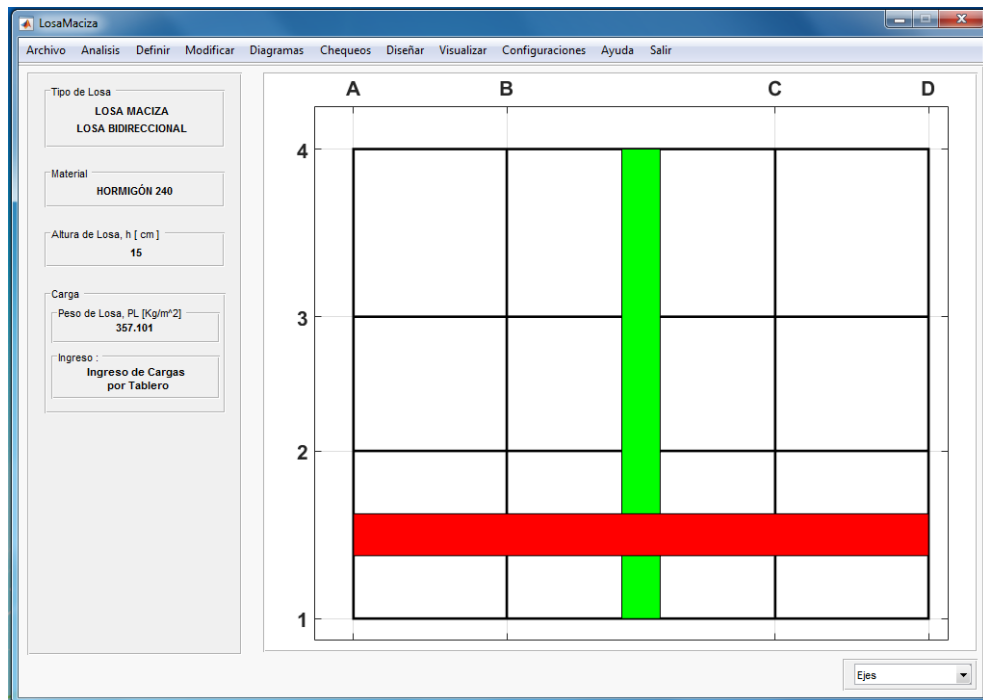
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

8. Visualizar

8.1.Franja(s) análisis

En esta ventana se puede visualizar las franjas (Losa Bidireccional) o franja (Losa Unidireccional) que son las que el programa utiliza para el cálculo y diseño de la losa.

Gráfico 215. Venta principal del programa con las franja de análisis.

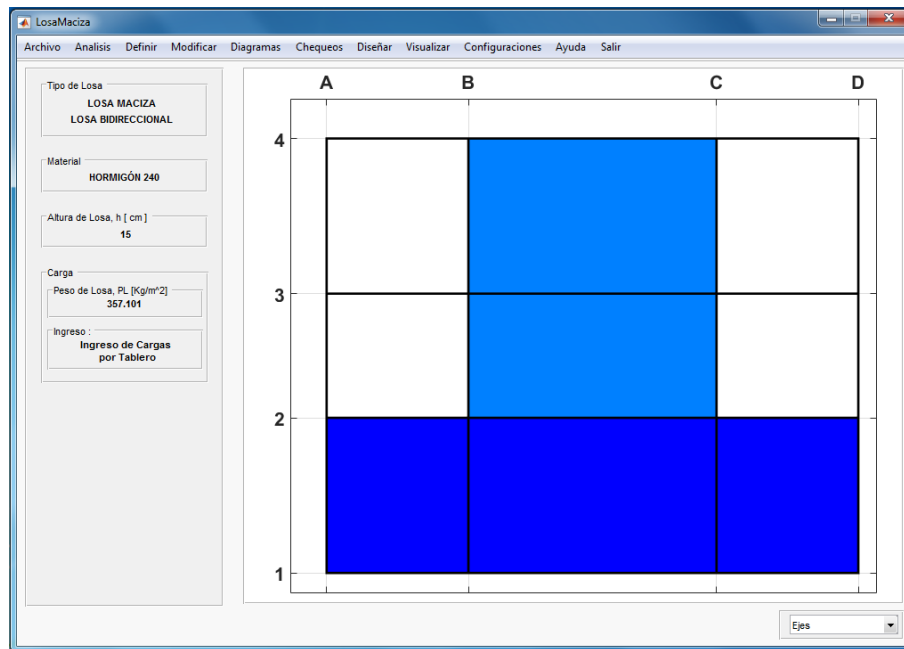


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

8.2.Tablero(s) análisis

En esta ventana es posible visualizar los tableros que se encuentran dentro de las franjas o franja de análisis.

Gráfico 216. Vista del programa con los tableros considerados en el análisis.

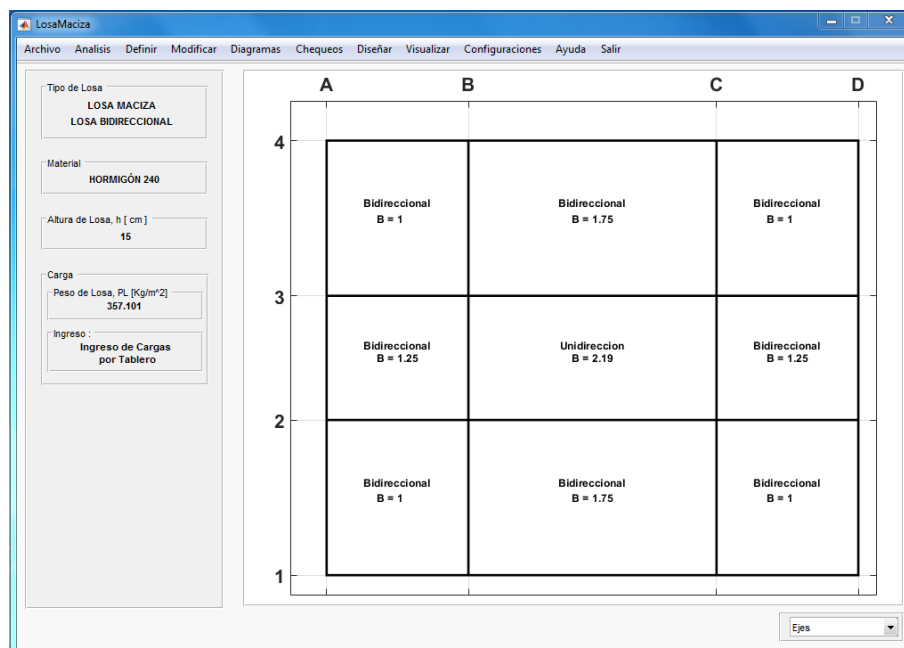


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

8.3.β (Lado Largo/Lado Corto)

En esta ventana se puede visualizar los valores de β que tiene cada tablero así como su tipología de acuerdo a su geometría.

Gráfico 217. Vista principal del programa, tipo de losa por su geometría.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

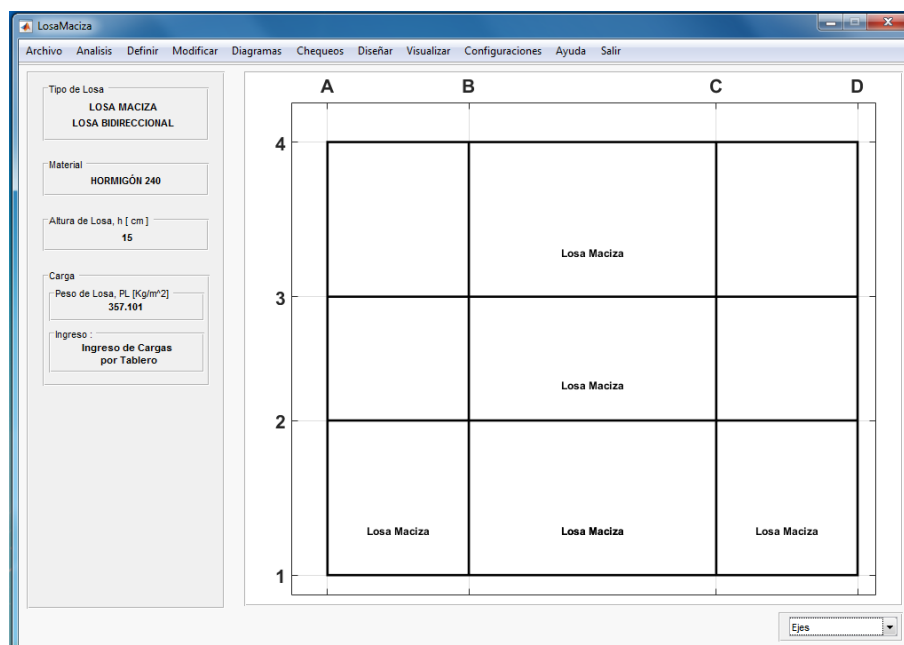
8.4. Tipo de losa

En esta ventana se puede visualizar el tipo de losa de acuerdo a los valores de carga ingresados.

$CV \geq 3CM$ Losa Maciza

$CV < 3CM$ Losa Nervada

Gráfico 218. Venta principal del programa, tipo de losa por la carga.

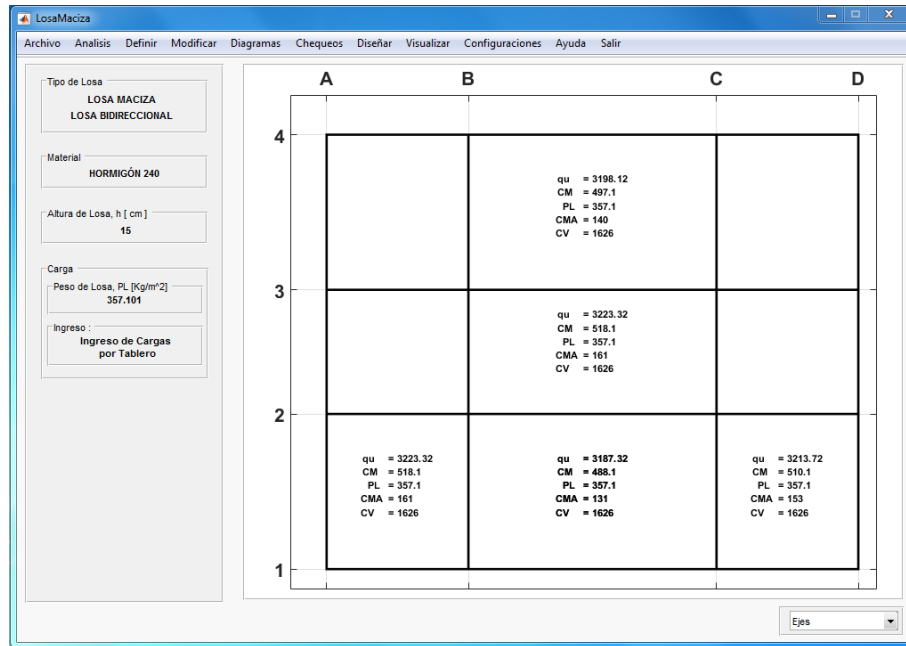


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

8.5. Cargas

Al dar click en Cargas se puede seleccionar alguna de las opciones que aparecen para poder visualizar los valores de cargas que han sido ingresados.

Gráfico 219. Venta principal del programa con los valores de cargas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9. Configuraciones

En estas ventanas es posible configurar algunos de los valores con los que trabaja el programa.

9.1. Cuantías

Gráfico 220. Venta de configuración de cuantías de acero.

The 'ConfigCuantias' dialog box contains the following settings:

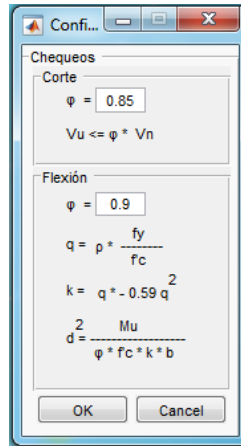
- Cuantías de Acero (p):**
 - β_1 (175kg/cm² ≤ f_c ≤ 280kg/cm²): $\beta_1 = 0.85$
 - β_1 (280kg/cm² < f_c < 560kg/cm²): $\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05 (f_c - 280)}{70}$
 - β_1 (f_c ≥ 560kg/cm²): $\beta_1 = 0.65$
- Cuantía Balanceada (pb):** $p_b = \frac{0.85 \beta_1 f_c}{f_y} \cdot \frac{6120}{6120 + f_y}$
- Cuantía Máxima (pmax):** $p_{max} = 0.5 p_b$
- Cuantía mínima (pmin):** $p_{min} = \frac{14}{f_y}$

 Buttons for 'OK' and 'Cancel' are at the bottom.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.2. Chequeos

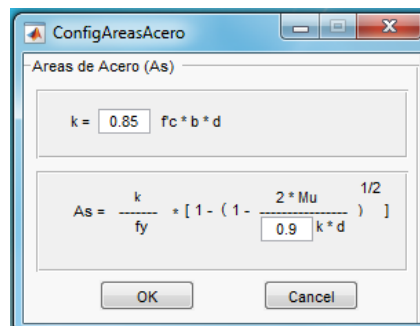
Gráfico 221. Venta de configuración de chequeos.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.3. Áreas acero

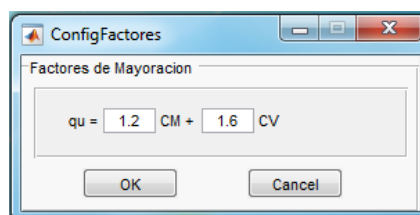
Gráfico 222. Venta de configuración de fórmulas de áreas de acero.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.4. Factores de carga

Gráfico 223. Venta de configuración de factores de carga.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

10. Ayuda

10.1. Manual

Esta opción permite abrir el manual de usuario en formato pdf.

11. Salir

11.1. Finalizar

Al dar click en esta opción el programa se cerrara y todos los datos que se encuentren en la memoria del programa se borrarán.

11.2. Limpiar memoria

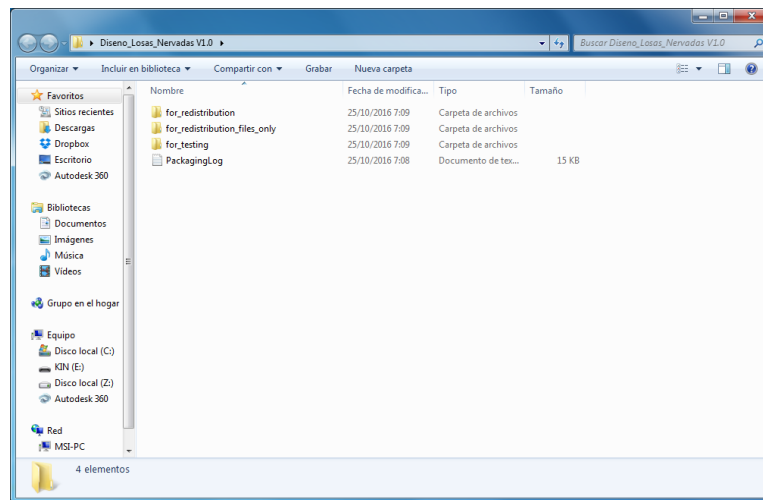
Esta opción permite borrar los datos de la memoria del programa pero sin que éste se cierre, es decir el programa regresa al punto de inicio.

2.3. Manual de instalación del programa de losas nervadas.

MANUAL DE INSTALACIÓN DEL PROGRAMA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS NERVADA V1.0

1. Abrir la carpeta Diseño_Losa_Maciza.

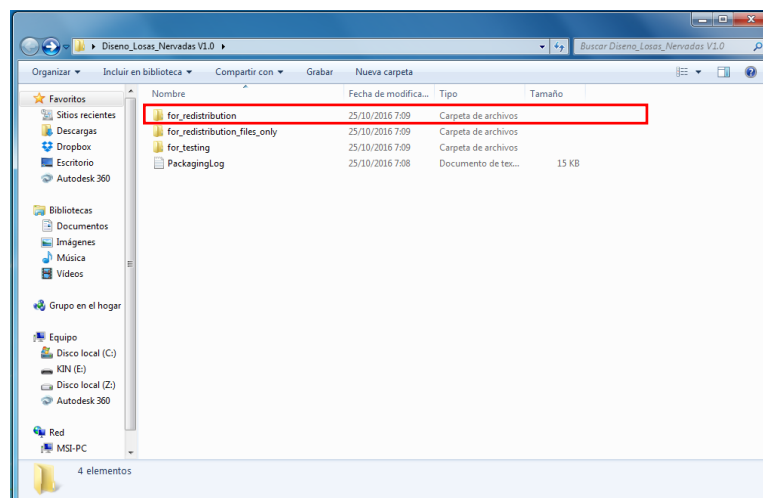
Gráfico 224. Carpeta con los archivos del programa de losas nervada.



Fuente: Impresión de pantalla.

2. Abrir la carpeta for_redistribution.

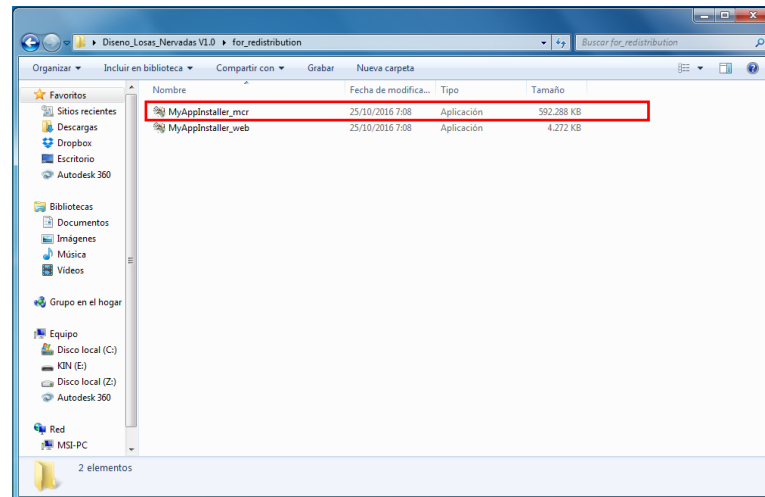
Gráfico 225. Carpeta con los archivos de instalación del programa de losas nervada.



Fuente: Impresión de pantalla.

3. Ejecutar como administrador MyAppInstaller_mcr.

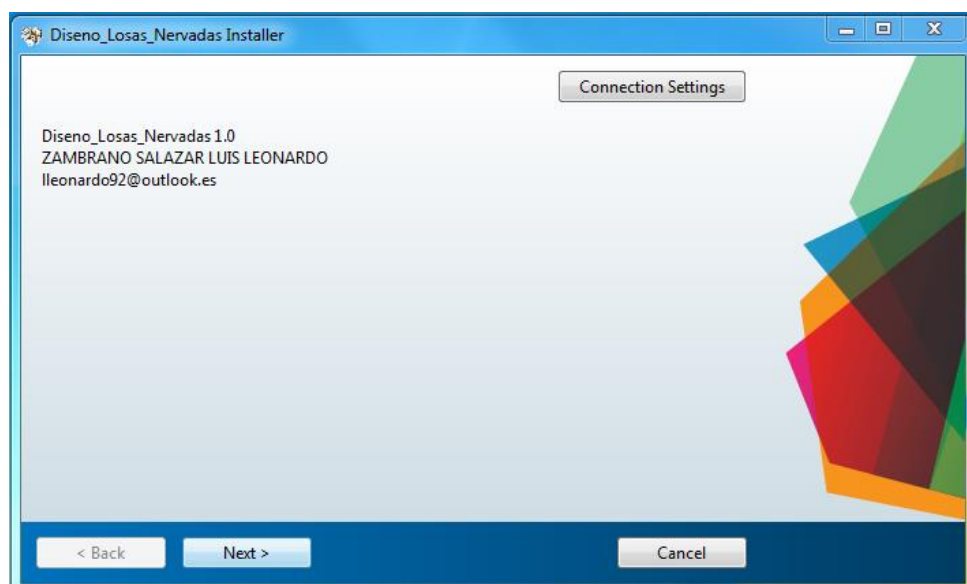
Gráfico 226. Archivo de instalación del programa de losas nervada.



Fuente: Impresión de pantalla.

4. En la ventana que se abre dar click en Next.

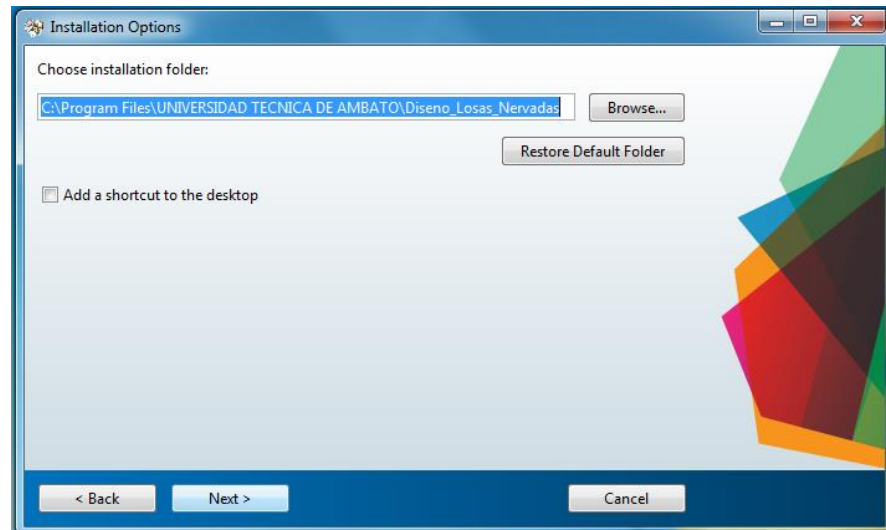
Gráfico 227. Ventana con datos del programa de losas nervada.



Fuente: Impresión de pantalla.

5. En la ventana que aparecerá es posible cambiar la ubicación de donde se va a almacenar la información del programa dando click en Browse.

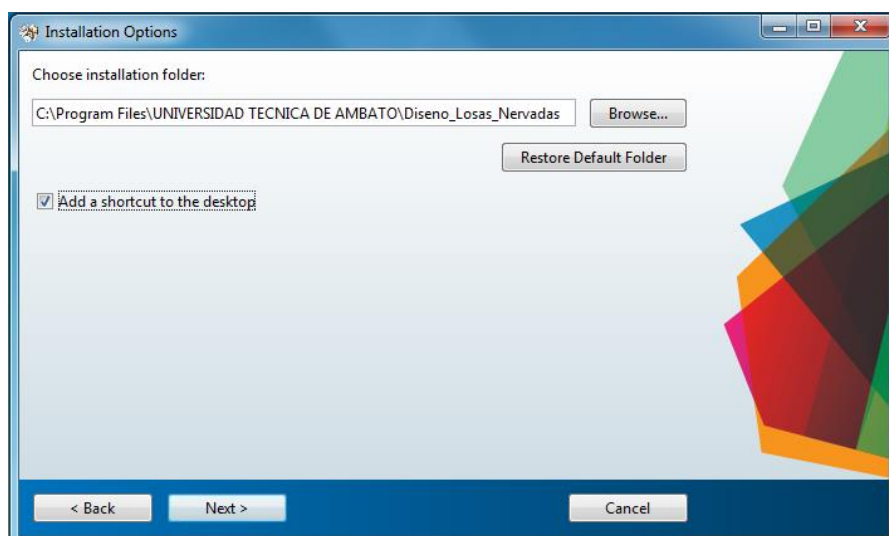
Gráfico 228. Ventana con la ubicación de almacenamiento de los datos del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

Dar click en Add a shortcut to the desktop para crear un acceso directo del programa en el escritorio, seguidamente pulsar en Next.

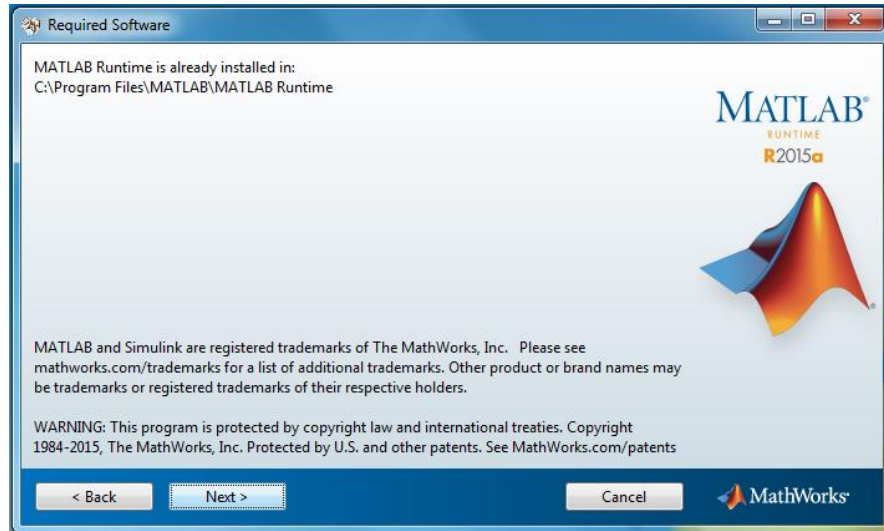
Gráfico 229. Ventana con la dirección de almacenamiento del programa en la computadora.



Fuente: Impresión de pantalla.

6. En la ventana que aparece, hacer click en Next.

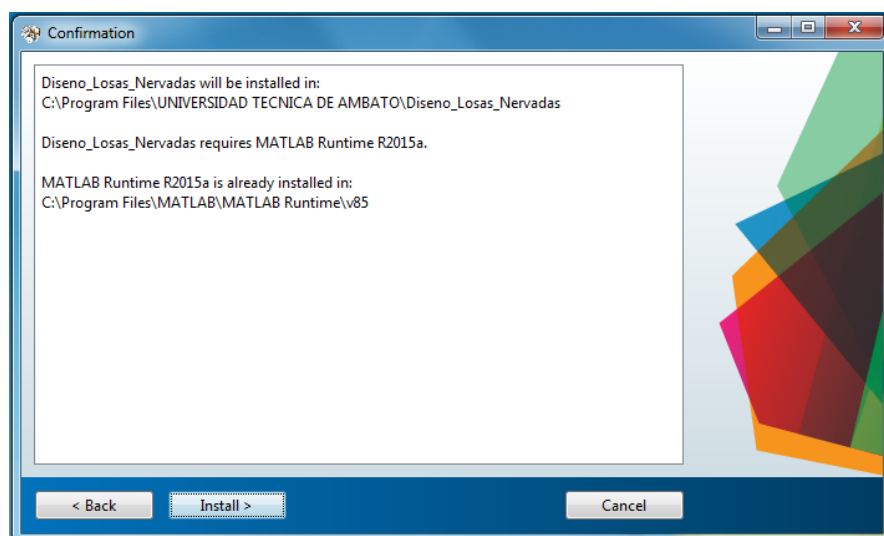
Gráfico 230. Ventana de inicio de instalación del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

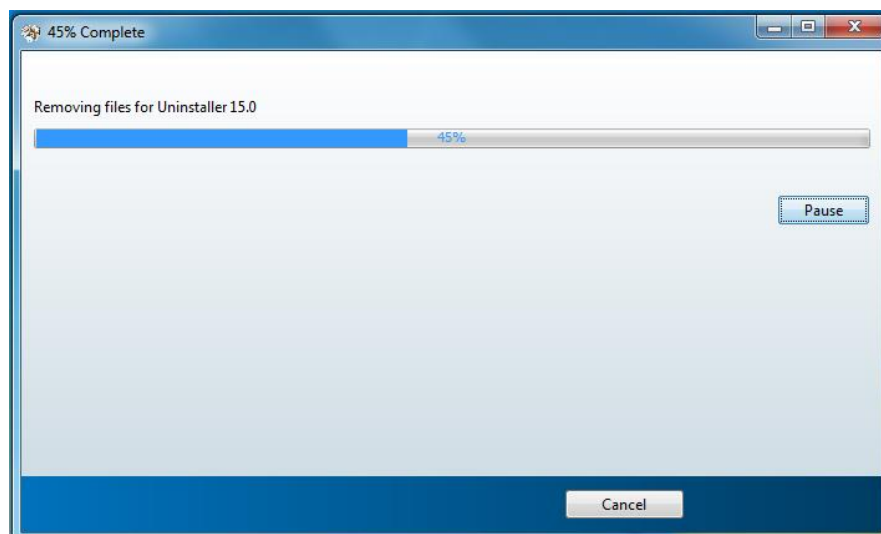
7. En la siguiente ventana que se muestra dar click en Install para comenzar con la instalación.

Gráfico 231. Ventana con información del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

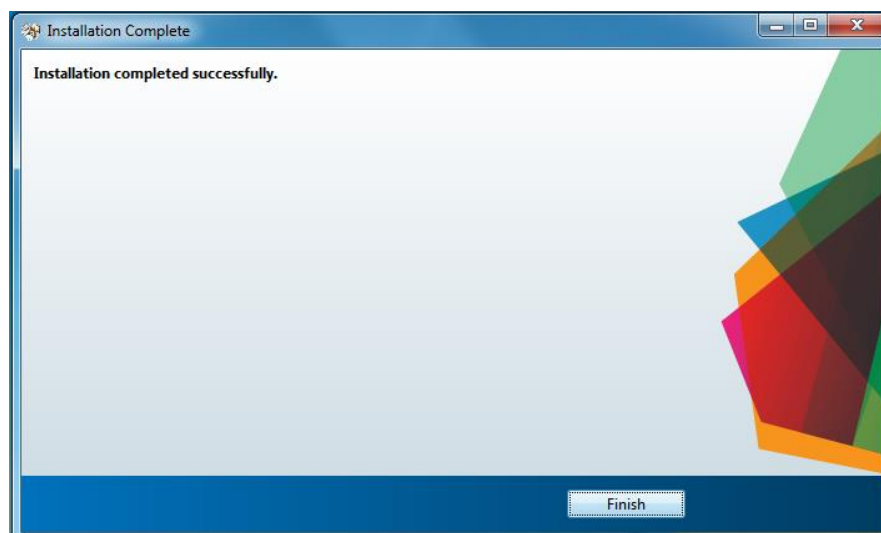
Gráfico 232. Ventana de avance de instalación del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

8. Una vez terminada la instalación dar click en Finish para terminar.

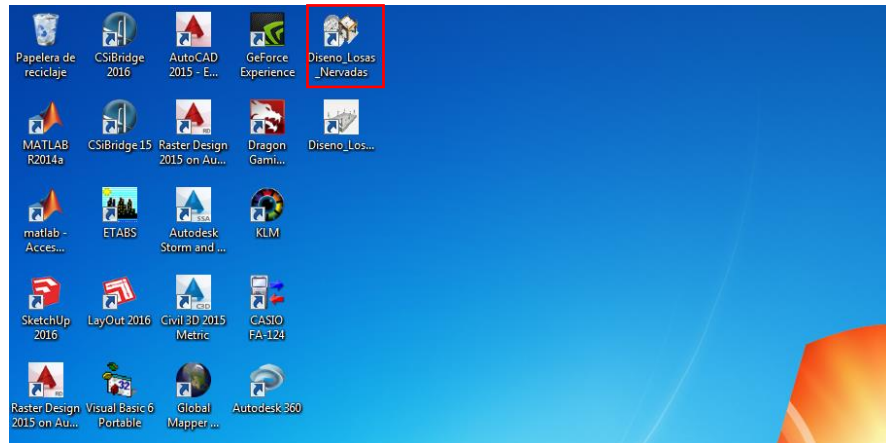
Gráfico 233. Ventana de culminación de la instalación.



Fuente: Impresión de pantalla.

9. Al terminar con la instalación en el escritorio aparecerá el acceso directo del programa.

Gráfico 234. Ventana del escritorio con el acceso directo del programa.



Fuente: Impresión de pantalla.

10. Al abrir el programa la ventana de inicio es la siguiente.

Gráfico 235. Ventana de presentación del programa de losas nervada.



Fuente: Impresión de pantalla.

2.4. Manual de usuario del programa de losas nervadas.

MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMA ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSAS NERVADAS V1.0

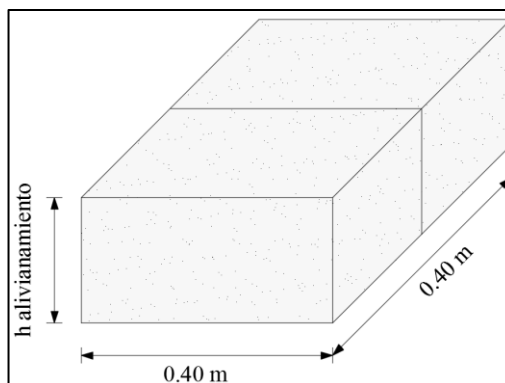
1. Generalidades.

El presente programa es de carácter educativo y permite el análisis y diseño de losas nervadas de hormigón tanto unidireccionales como bidireccionales.

2. Limitantes.

- En el análisis de losas el programa considera únicamente cargas distribuidas aplicadas sobre la misma, es decir no considera cargas puntuales.
- El alivianamiento tipo que se ha tomado como referencia para el análisis de losas nervadas tiene unas medidas de 40 cm por 20 cm y se utilizan dos alivianamientos juntos, las cuales no son configurables, no así su altura sí puede ser modificada.

Gráfico 236. Medidas de los alivianamientos utilizados en el programa.



Fuente: Zambrano Luis.

- El cálculo de los valores de momentos para losas Bidireccionales se los realiza utilizando las Tablas de Marcus.
- Los tableros se diseñan y se calculan de manera independiente.

3. Entrada al programa.

Para iniciar el programa se puede acceder mediante el menú de inicio o haciendo doble click en el icono del programa ubicado en el escritorio.

Al iniciar el programa se visualiza la siguiente ventana de presentación.

Gráfico 237. Ventana de presentación.

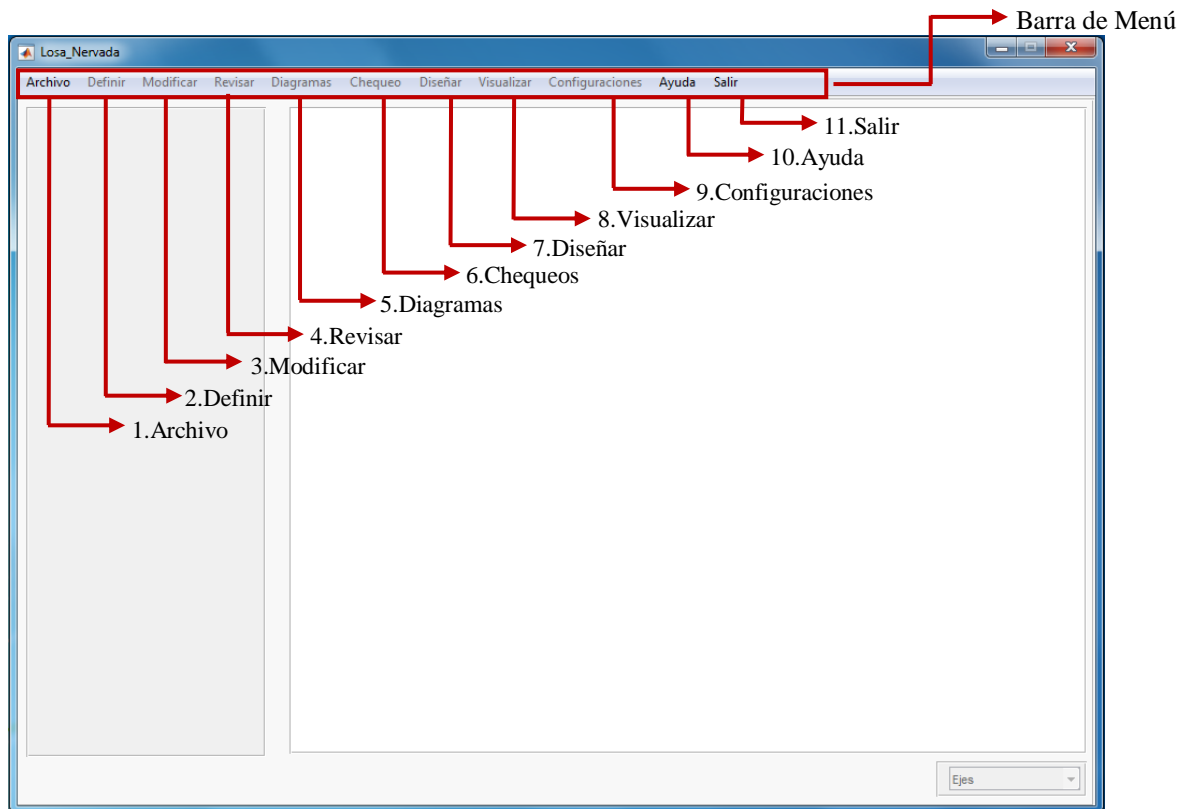


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4. Ventana Principal.

Al iniciar el programa se carga la ventana principal, que es el entorno de inicio del programa.

Gráfico 238. Ventana principal del programa de losas nervadas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

a. Barra de menú.

1. Archivo
 - 1.1. Nuevo
 - 1.2. Abrir
 - 1.3. Guardar
2. Definir
 - 2.1. Cargas
 - Ingresar
 - Revisar
 - 2.2. Material
 - 2.3. Recubrimiento
3. Modificar
 - 3.1. Longitudes
 - 3.2. Peso de losa
 - 3.3. Altura de losa [h]
 - 3.4. Condición de tablero

- 4. Revisar
 - 4.1.Unidireccional
 - Análisis de viga T
 - Diseño de viga
 - 4.2.Bidireccional
 - Valores de Marcus
 - Tablas de Marcus
 - Valores de Momentos
- 5. Diagramas
 - 5.1.Unidireccional
 - Corte
 - Momento
 - 5.2.Bidireccional
 - Momentos Sentido X-X
 - Momentos Sentido Y-Y
- 6. Chequeos
 - 6.1.Corte
 - 6.2.Flexión
- 7. Diseñar
 - 7.1.Losa
- 8. Visualizar
 - 8.1.Bidireccional
 - Condición de Tablero
 - Mosaico de Cargas
 - Franjas
- 9. Configuraciones
 - 9.1.Cuantías
 - 9.2.Chequeos
 - 9.3.Áreas acero
 - 9.4.Factores de carga
- 10. Ayuda
 - 10.1. Manual
- 11. Salir

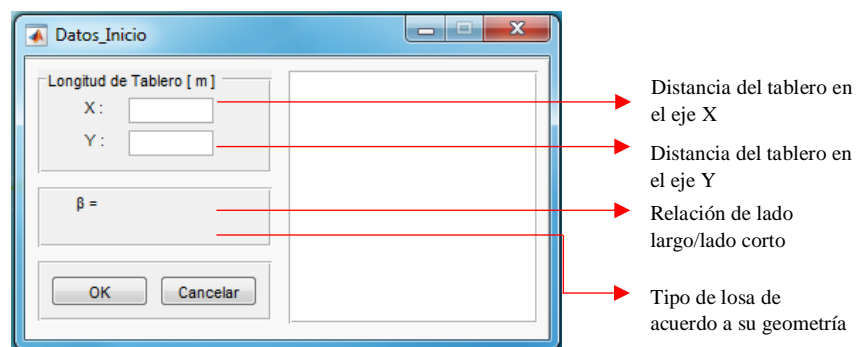
- 11.1. Finalizar
- 11.2. Limpiar memoria

1. Archivo

1.1.Nuevo

Esta opción permite ingresar las longitudes del tablero en los sentidos “x” y “y”, una vez ingresados los valores se visualizarán en la parte inferior el valor de β (Longitud larga/ Longitud Corta) y el tipo de losa de acuerdo a su geometría.

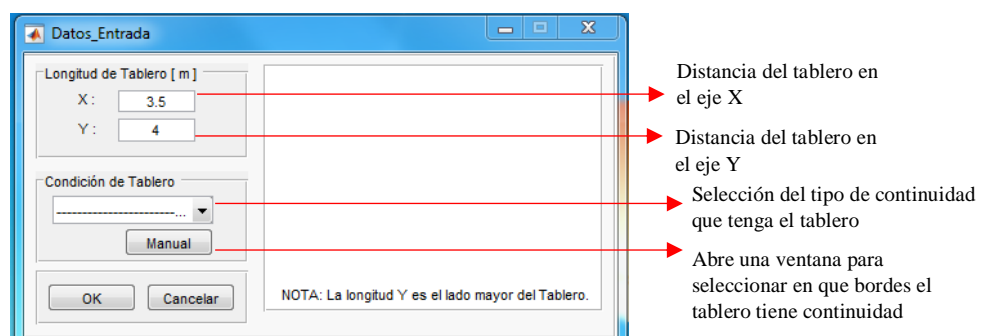
Gráfico 239. Ventana de Datos iniciales.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Cuando el tipo de losa es Bidireccional al pulsar el botón de OK se abrirá una ventana secundaria en la que es factible seleccionar las condiciones del tablero.

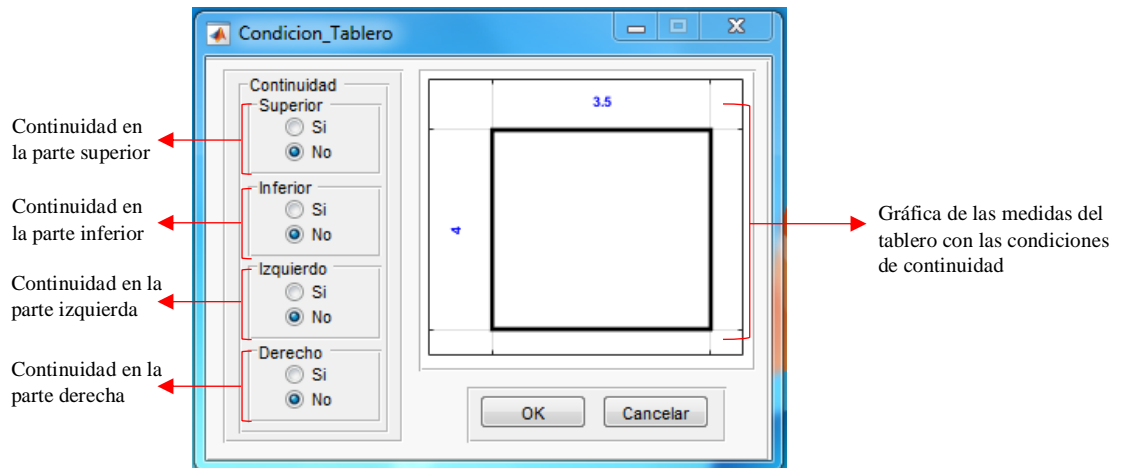
Gráfico 240. Ventana de datos iniciales de losa nervada bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Una alternativa a la selección por lista de las condiciones de tablero es pulsando el botón Manual con el que se abrirá una ventana auxiliar donde se puede seleccionar en que parte tiene continuidad el tablero.

Gráfico 241. Ventana de condiciones de tablero.

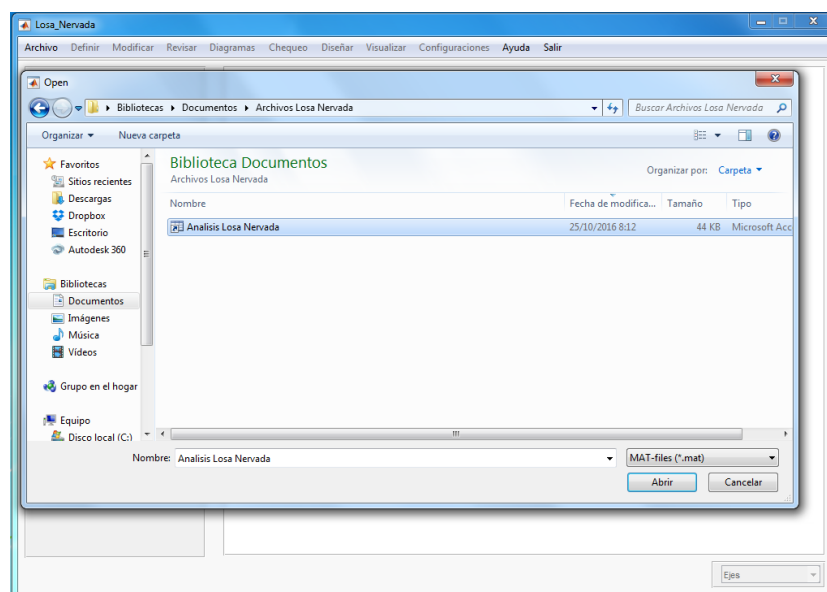


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

1.2.Abrir

Al seleccionar esta opción se puede abrir un modelo de losa que se haya guardado anteriormente, este archivo se encuentra en formato *.mat*.

Gráfico 242. Ventana de Abrir.



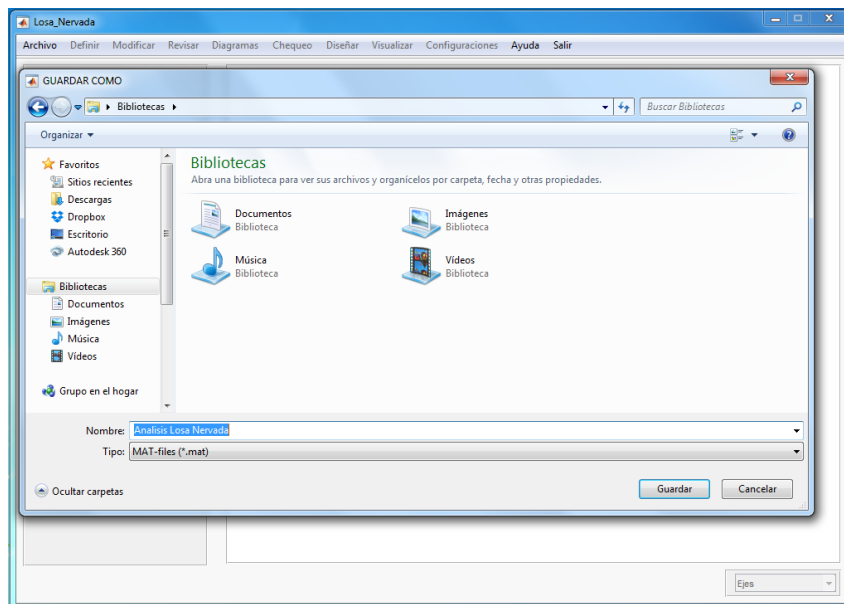
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

1.3.Guardar

Al hacer click en esta opción es posible guardar todos los datos, modificaciones y configuraciones que se han realizado en el modelo que se esté analizando. Al guardar el modelo se crea un archivo en formato *.mat* el cual contiene todos los datos del modelo.

Para guardar el modelo una alternativa a la selección de la opción de Guardar que se encuentra en el menú, es presionando Ctrl+G.

Gráfico 243. Ventana de Guardar.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

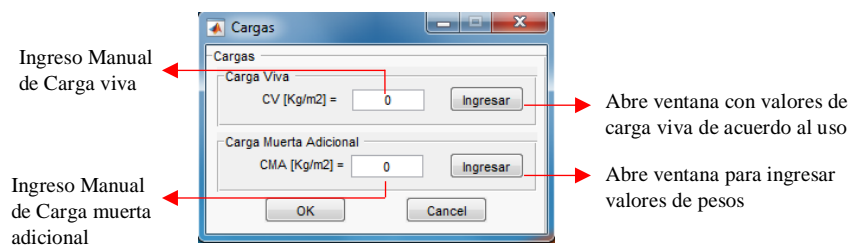
2. Definir

2.1.Cargas

- Ingresar

Al seleccionar esta opción se abre una ventana donde es posible ingresar los valores de carga viva (CV) y carga muerta adicional (CMA), estos valores serán considerados para los cálculos y análisis de la losa.

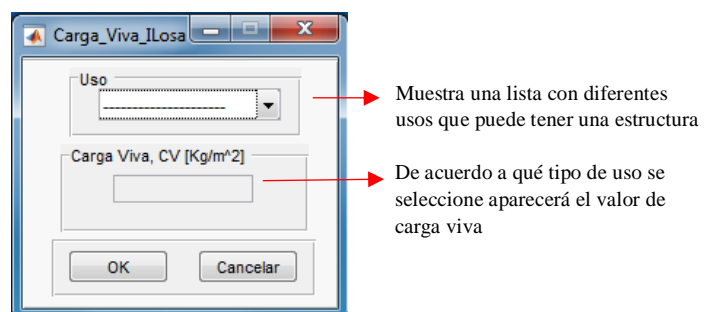
Gráfico 244. Ventana de Ingreso de cargas.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el primer botón Ingresar se abre una ventana secundaria en la cual se puede seleccionar el tipo de uso al que estará sometida la losa y de acuerdo a esto será asignado un valor de carga viva (CV), los valores de carga viva de acuerdo al uso han sido tomados de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC_SE_CG_(cargas_no_sismicas) 2015.

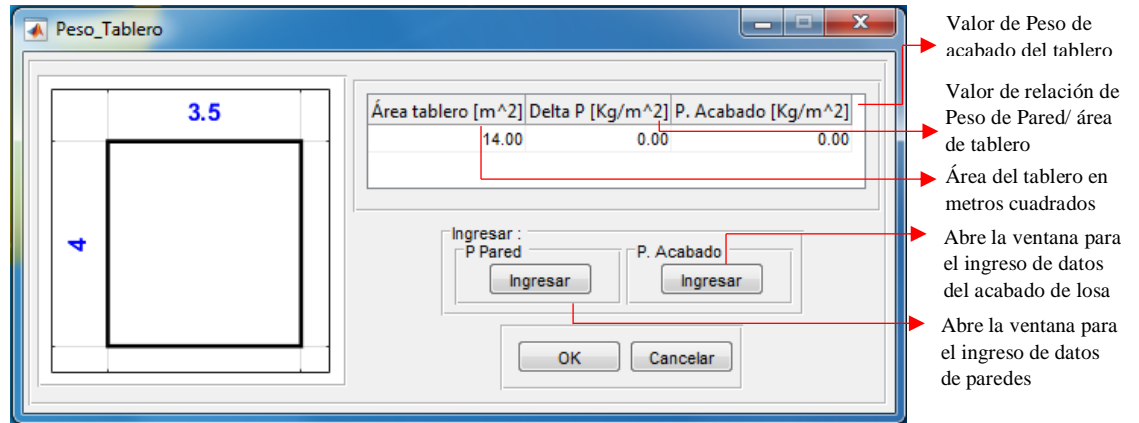
Gráfico 245. Ventana de selección del tipo de uso de la estructura.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al hacer click en el segundo botón Ingresar se abre una ventana secundaria en la que se puede ingresar los valores de ΔP (peso de pared*longitud de la pared / Área de losa) y peso de acabado (P. Acabado) de la losa.

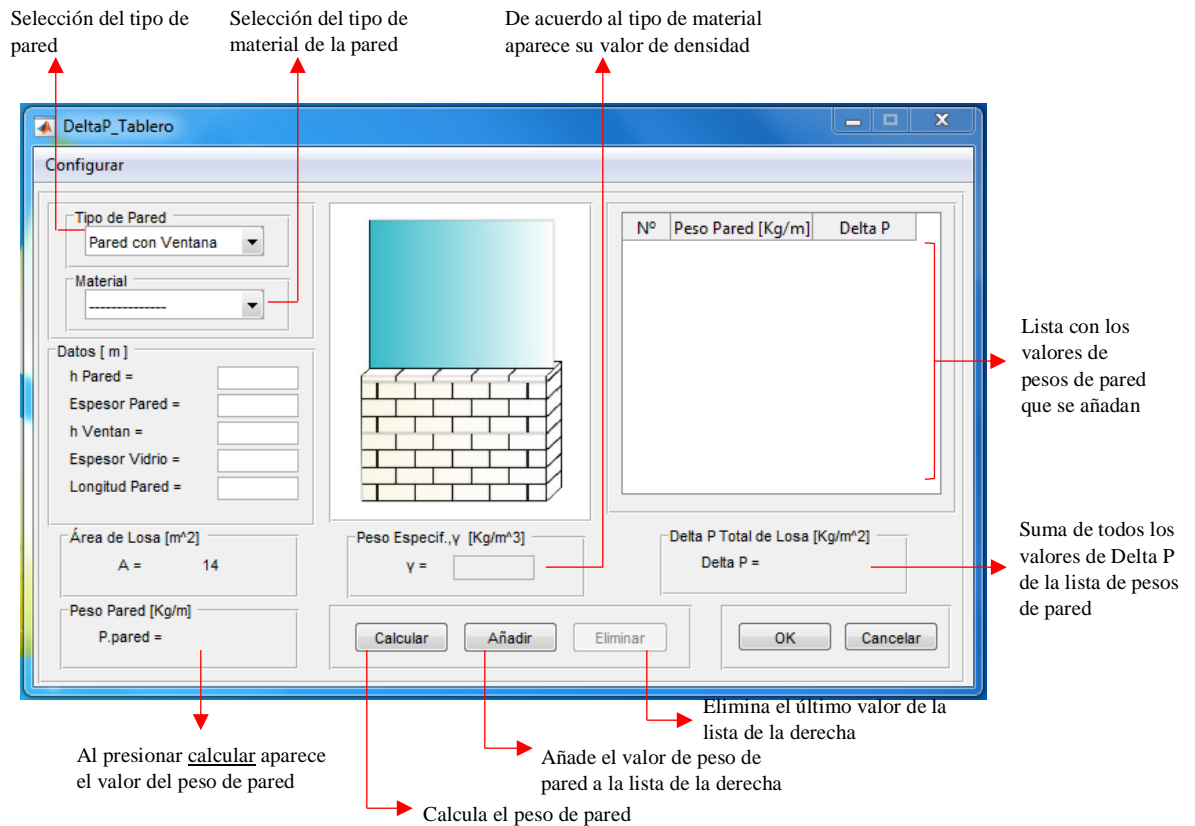
Gráfico 246. Ventana con los valores de pesos ingresados.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de pared se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor de ΔP , aquí se puede seleccionar entre dos tipos de paredes la primera con ventana o la segunda completa y en base a los datos que se ingrese de altura, espesor, longitud de pared y densidad del material se calcula el valor de ΔP .

Gráfico 247. Ventana de ingreso de datos de paredes.

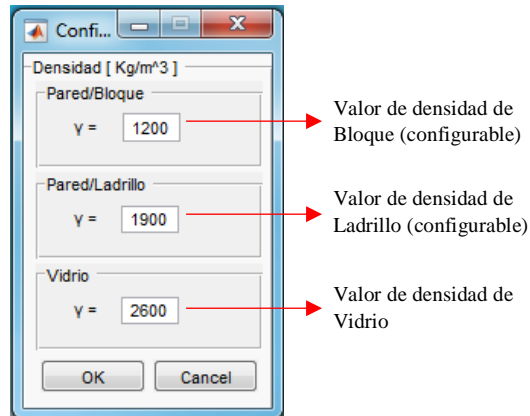


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Una vez ingresados los datos necesarios, se debe pulsar el botón Calcular para que el programa calcule el valor de Peso de Pared, seguido de esto se debe pulsar el botón Añadir para que el valor pase a la lista que se encuentra al lado derecho de la ventana, este proceso se lo repetirá para el numero de paredes que existan.

En la parte superior de la ventana existe la opción de Configurar en la que se puede modificar el valor de densidad de algunos materiales como el Vibrio el cual viene por omisión con un valor de 2600 kg/m^3 .

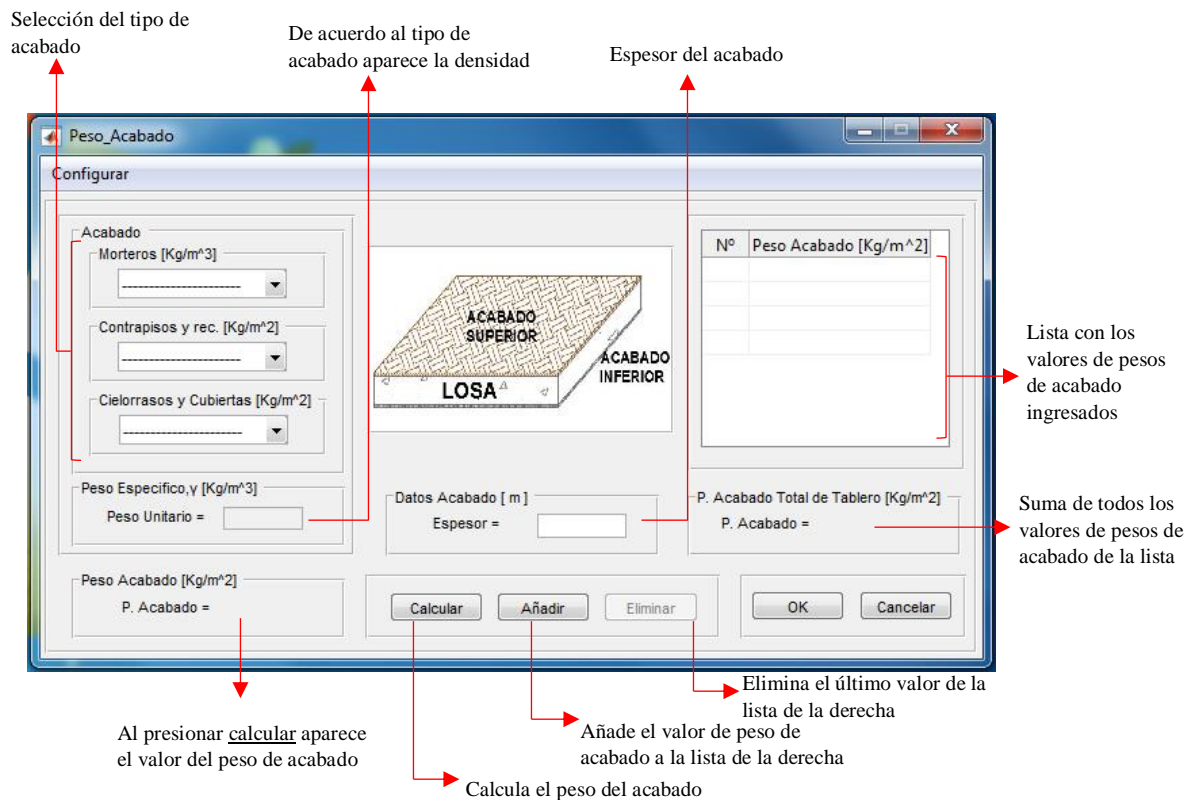
Gráfico 248. Ventana de configuración de densidad de los materiales de pared.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Al pulsar en el botón Ingresar de Peso de Acabado se abre una ventana secundaria en la que se puede calcular el valor del peso del acabado de la losa

Gráfico 249. Ventana de ingreso de datos de acabados.

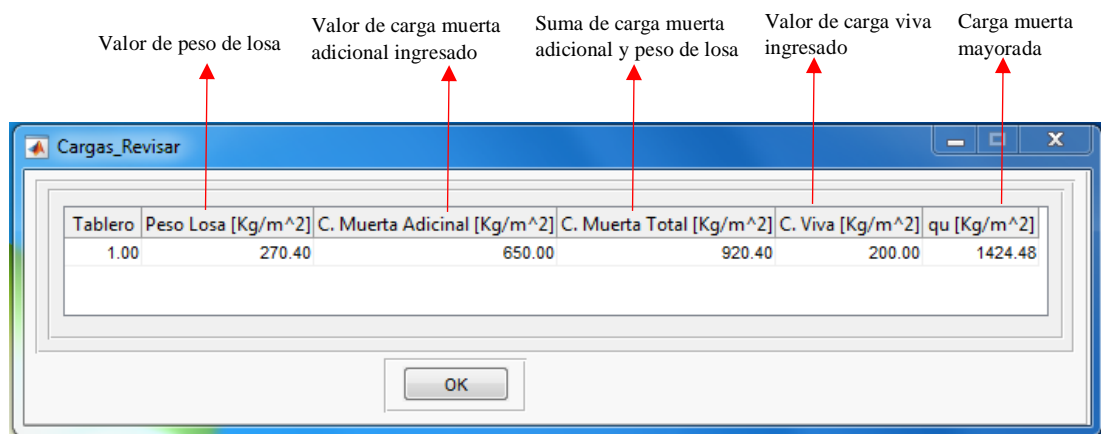


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- **Revisar**

Al dar click en Revisar se despliega una ventana en la que se puede observar el valor de peso de losa (PL), carga muerta adicional (CMA), carga muerta (CM), carga viva (CV) y carga mayorada (qu).

Gráfico 250. Ventana con valores de cargas.



Tablero	Peso Losa [Kg/m ²]	C. Muerta Adicional [Kg/m ²]	C. Muerta Total [Kg/m ²]	C. Viva [Kg/m ²]	qu [Kg/m ²]
1.00	270.40	650.00	920.40	200.00	1424.48

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

2.2.Material

En esta ventana se puede modificar el Nombre del Material así como los valores de Esfuerzo Máximo a la Compresión del Concreto (f'_c), Esfuerzo de Fluencia del Acero (f_y), Peso Específico del concreto (γ) y Módulo de elasticidad del concreto (E_c).

El programa trae por defecto los siguientes valores:

$$f'_c = 240 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\gamma = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$E_c = 233928 \text{ Kg/m}^2$$

Gráfico 251. Ventana de datos del material.

The screenshot shows a window titled 'Datos_Material'. It contains a text field for 'Nombre del Material' with the value 'HORMIGÓN 240'. Below this is a section titled 'Propiedades de Diseño' containing four rows of labels and text boxes: 'Esfuerzo Max Comp Conc, f_c [Kg/cm²]' with value '240', 'Esfuerzo Fluencia Acero, f_y [Kg/cm²]' with value '4200', 'Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]' with value '2400', and 'Modulo Elasticidad del Conc, E_c [Kg/m²]' with value '233928'. At the bottom are 'OK' and 'Cancel' buttons. Red arrows point from text labels on the right to each of these four input fields.

Propiedad	Valor
Nombre del Material	HORMIGÓN 240
Esfuerzo Max Comp Conc, f_c [Kg/cm²]	240
Esfuerzo Fluencia Acero, f_y [Kg/cm²]	4200
Peso Especifico Concreto, γ [Kg/m³]	2400
Modulo Elasticidad del Conc, E_c [Kg/m²]	233928

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

2.3.Recubrimiento

En esta ventana se puede modificar el recubrimiento de la losa.

El programa trae por defecto un recubrimiento de:

$$r = 2.5 \text{ cm.}$$

Gráfico 252. Recubrimiento de losa.

The screenshot shows a window titled 'Recubrimiento'. It contains a label 'Recubrimiento de Losa, r [cm]' above a text box where 'r =' is followed by the value '2.5'. Below the text box are 'OK' and 'Cancel' buttons. A red arrow points from the text 'Valor de recubrimiento de la losa' on the right to the '2.5' value in the text box.

Variable	Valor
Recubrimiento de Losa, r [cm]	2.5

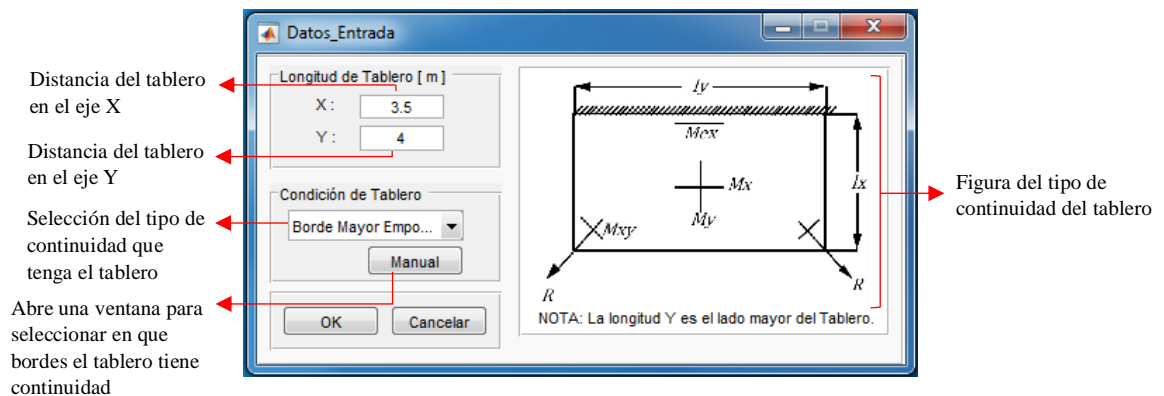
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

3. Modificar

3.1. Longitudes

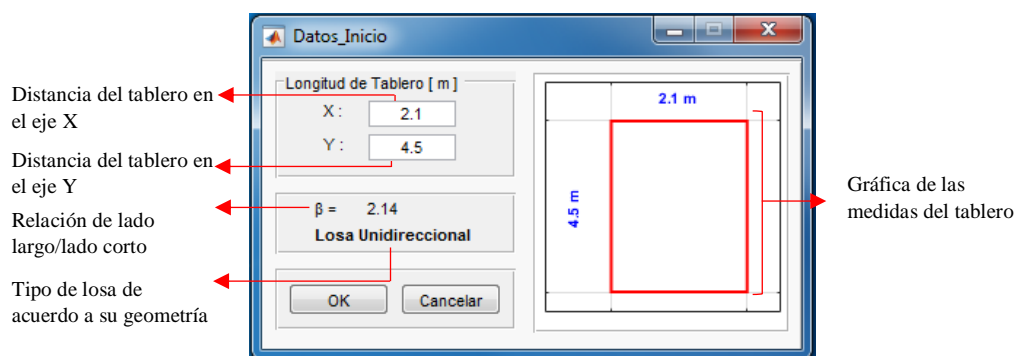
En esta ventana es posible modificar las distancias ingresadas al inicio del modelo, de acuerdo al tipo de losa se abrirá una ventana u otra.

Gráfico 253. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 254. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa unidireccional.



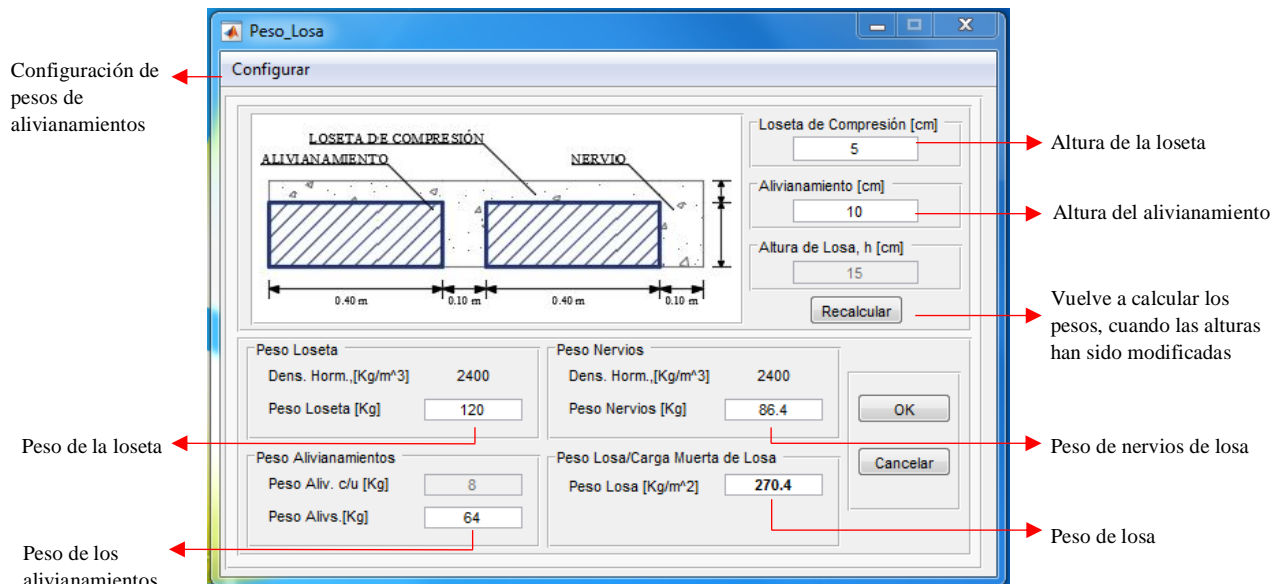
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

3.2. Peso de losa

Esta ventana permite la modificación del peso de losa, aquí podemos cambiar el espesor de la loseta de compresión la que viene por defecto con un valor de 5 cm, a la vez que se puede cambiar la altura del alivianamiento si se ingresa una altura para la cual no exista un valor de peso configurado la ventana de “Peso Aliv. c/u [Kg]” indicara un mensaje que dirá “Ingresar” donde tendremos que colocar el valor del peso.

Una vez que se haya modificado las alturas de la losa debemos dar click en el botón de Recalcular y seguido en el botón de OK para guardar los cambios efectuados.

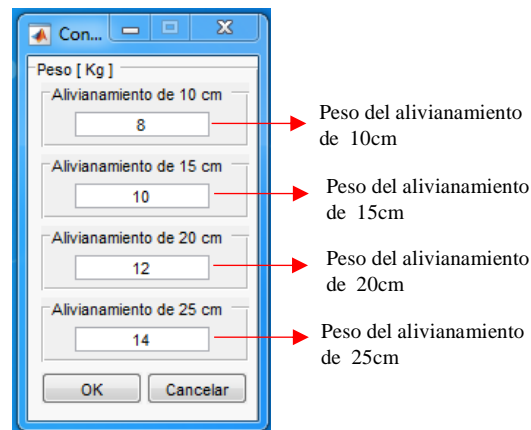
Gráfico 255. Ventana con el Peso de la losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Si damos click en el botón de Configurar ubicado en la parte superior de la ventana se mostrará una ventana auxiliar donde se puede ver y configurar los pesos de los alivianamiento para 4 diferentes alturas.

Gráfico 256. Ventana de configuración de pesos de los alivianamientos.

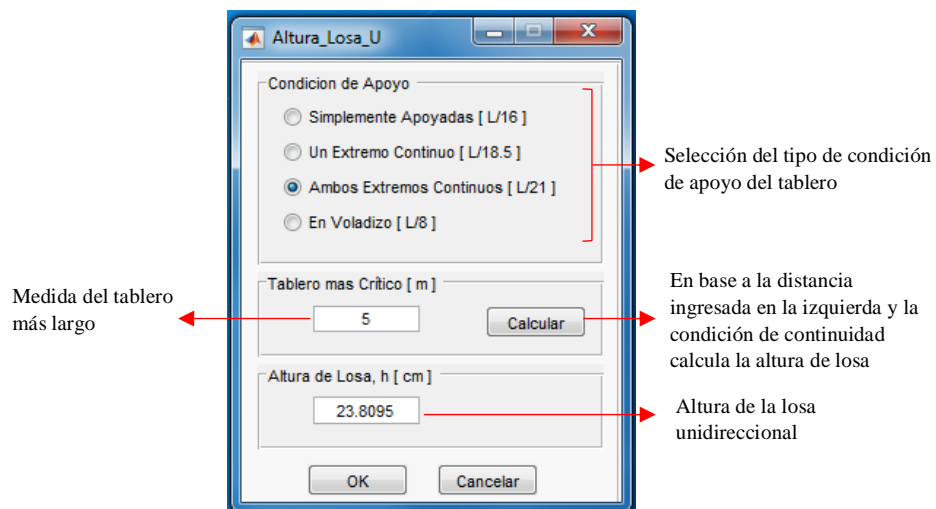


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

3.3. Altura de losa [h]

Dependiendo del tipo de losa se visualizará la ventana de configuración de altura de losa.

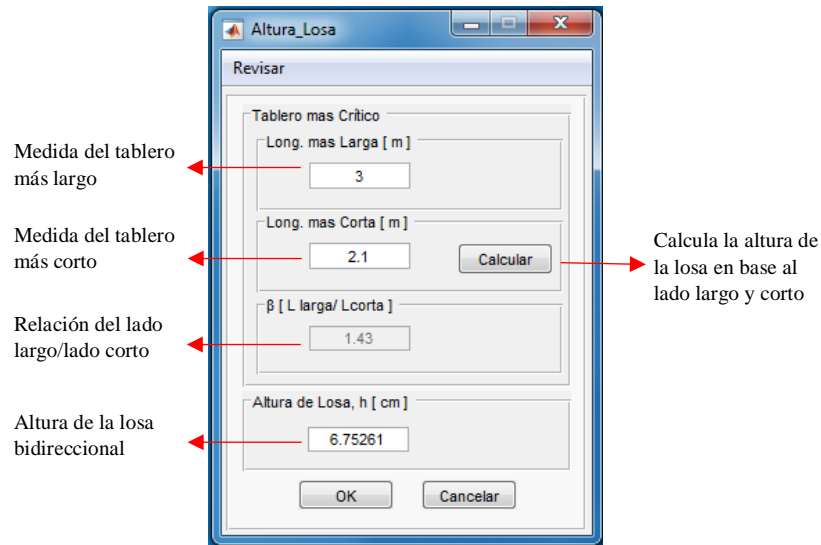
Gráfico 257. Ventana de modificación del espesor de la losa unidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

El programa al determinar que el tipo de losa es unidireccional calcula automáticamente el espesor, primero busca el lado mayor del tablero y con este valor calcula el espesor de losa utilizando las fórmulas que se encuentran en el código ACI para el cálculo de espesor de losas unidireccionales.

Gráfico 258. Ventana de modificación del espesor de la losa bidireccional.



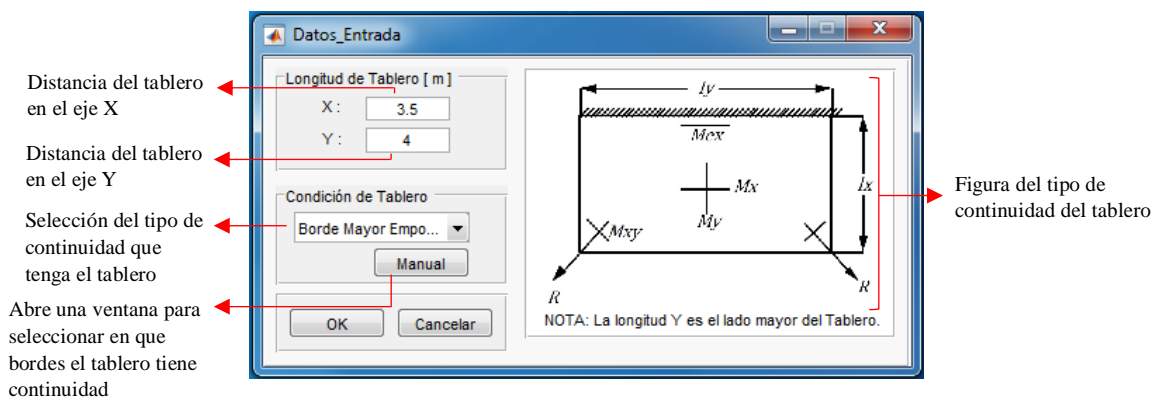
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

El programa al determinar que el tipo de losa es bidireccional calcula automáticamente el espesor, primero busca en el tablero el lado mayor y menor para poder utilizar la fórmula que se encuentran en el código ACI para el cálculo de espesor de losas bidireccionales.

3.4. Condiciones del tablero

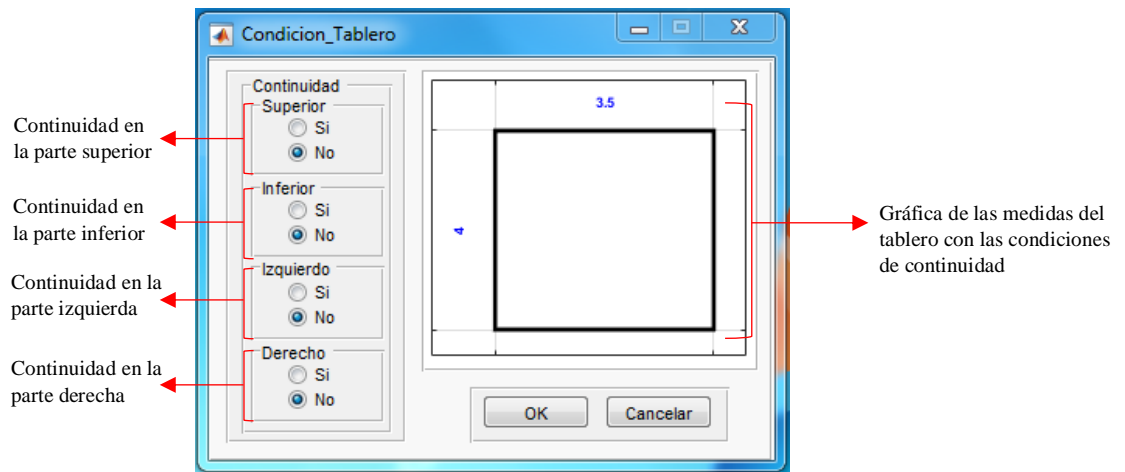
Esta opción se activa únicamente cuando la tipología de losa es Bidireccional, aquí es posible modificar las condiciones de continuidad del tablero las mismas que fueron ya definidas al inicio del programa.

Gráfico 259. Ventana de modificación de medidas de tablero de losa bidireccional.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 260. Ventana de modificación de las condiciones de tablero.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

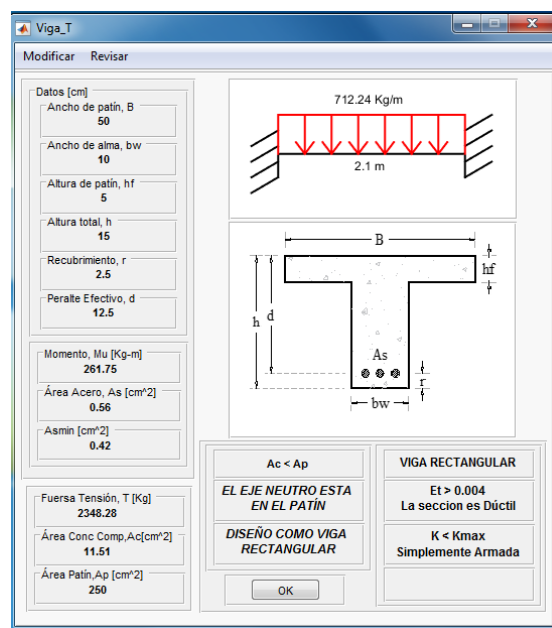
4. Revisar

4.1.Unidireccional

- Análisis de viga T

En esta ventana se puede visualizar los datos de la viga T, que se analizara para determinar la cantidad de acero necesario en la losa unidireccional.

Gráfico 261. Ventana de Análisis de viga T.

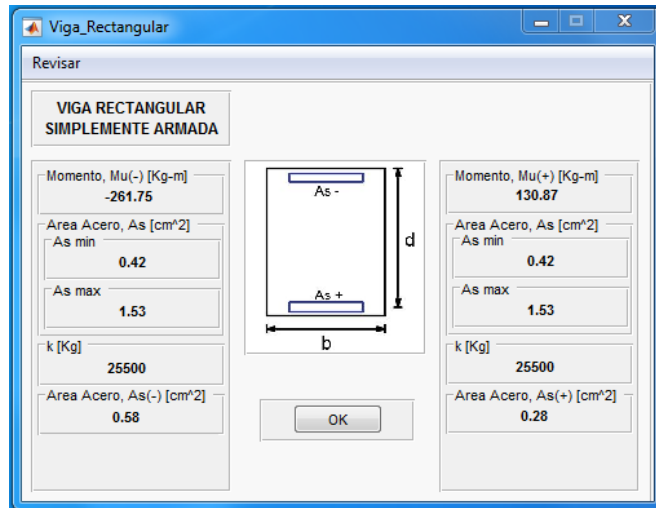


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- **Diseño de viga**

Al dar click en esta opción del menú es posible visualizar los valores de momentos así como la cantidad de acero necesario para los mismos.

Gráfico 262. Ventana con el diseño de viga.



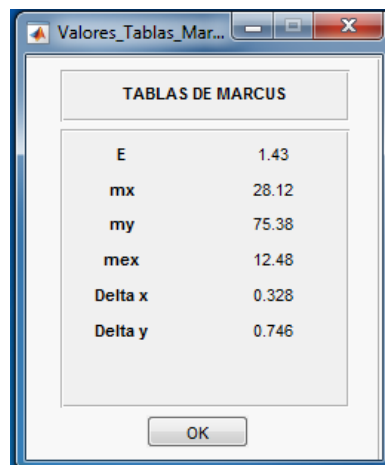
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

4.2. Bidireccional

- **Valores de Marcus**

Esta ventana muestra los valores de las Tablas de Marcus que toma el programa en función de la condición de continuidad del tablero y de β (Longitud larga/ Longitud Corta).

Gráfico 263. Ventana con los valores de tablas de Marcus.



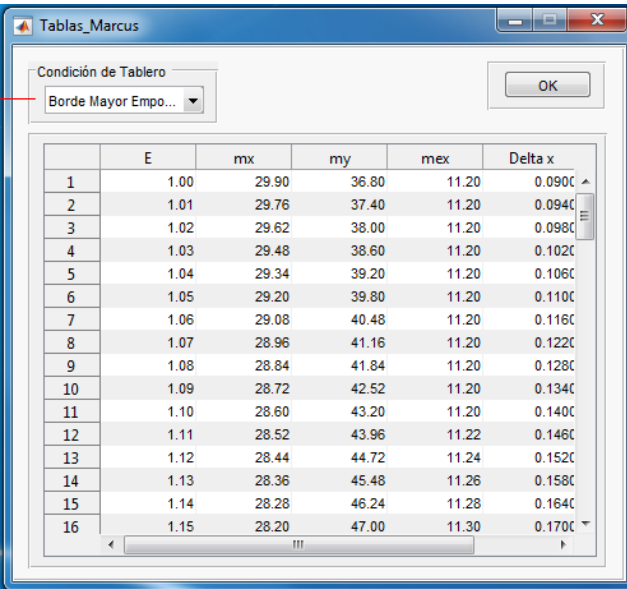
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Tablas de Marcus

Al entrar en esta ventana se puede observar los valores de las Tablas de Marcus que son utilizados por el programa para los diferentes cálculos que realiza.

Gráfico 264. Ventana con las tablas de Marcus.

Selección de las tablas de Marcus



Condición de Tablero: Borde Mayor Empo...

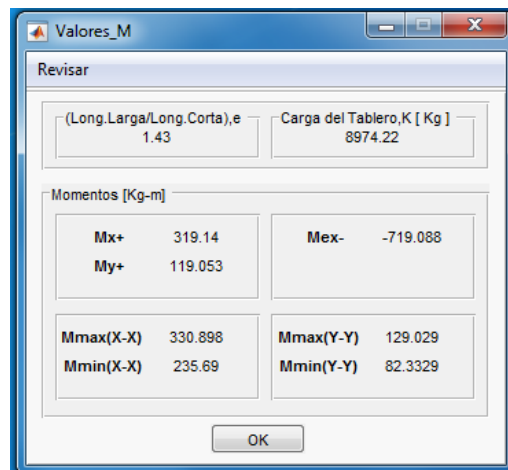
	E	mx	my	mex	Delta x
1	1.00	29.90	36.80	11.20	0.0900
2	1.01	29.76	37.40	11.20	0.0940
3	1.02	29.62	38.00	11.20	0.0980
4	1.03	29.48	38.60	11.20	0.1020
5	1.04	29.34	39.20	11.20	0.1060
6	1.05	29.20	39.80	11.20	0.1100
7	1.06	29.08	40.48	11.20	0.1160
8	1.07	28.96	41.16	11.20	0.1220
9	1.08	28.84	41.84	11.20	0.1280
10	1.09	28.72	42.52	11.20	0.1340
11	1.10	28.60	43.20	11.20	0.1400
12	1.11	28.52	43.96	11.22	0.1460
13	1.12	28.44	44.72	11.24	0.1520
14	1.13	28.36	45.48	11.26	0.1580
15	1.14	28.28	46.24	11.28	0.1640
16	1.15	28.20	47.00	11.30	0.1700

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Valores de Momentos

Esta ventana permite observar los valores de momentos calculados con las fórmulas de las Tablas de Marcus.

Gráfico 265. Ventana con valores de momentos.



Revisar

(Long.Larga/Long.Corta),e: 1.43

Carga del Tablero,K [Kg]: 8974.22

Momentos [Kg-m]

Mx+	319.14	Mex-	-719.088
My+	119.053		
Mmax(X-X)	330.898	Mmax(Y-Y)	129.029
Mmin(X-X)	235.69	Mmin(Y-Y)	82.3329

OK

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

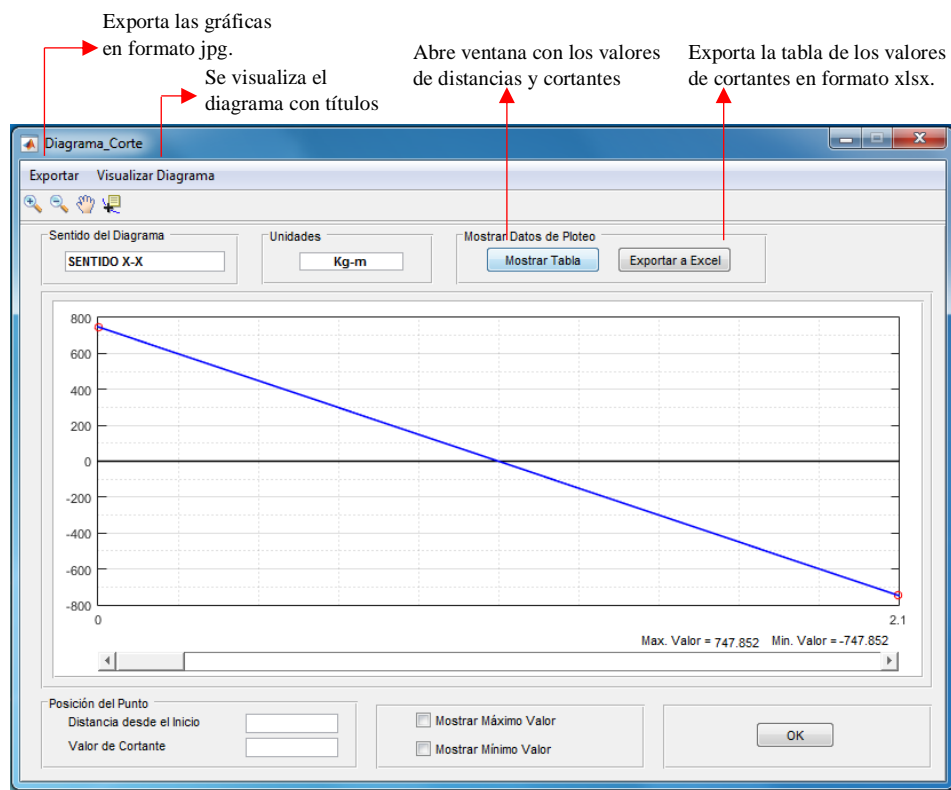
5. Diagramas

5.1. Unidireccional

- Corte

En esta ventana se puede visualizar el diagrama de corte que se produce en la losa Unidireccional.

Gráfico 266. Diagramas de corte.

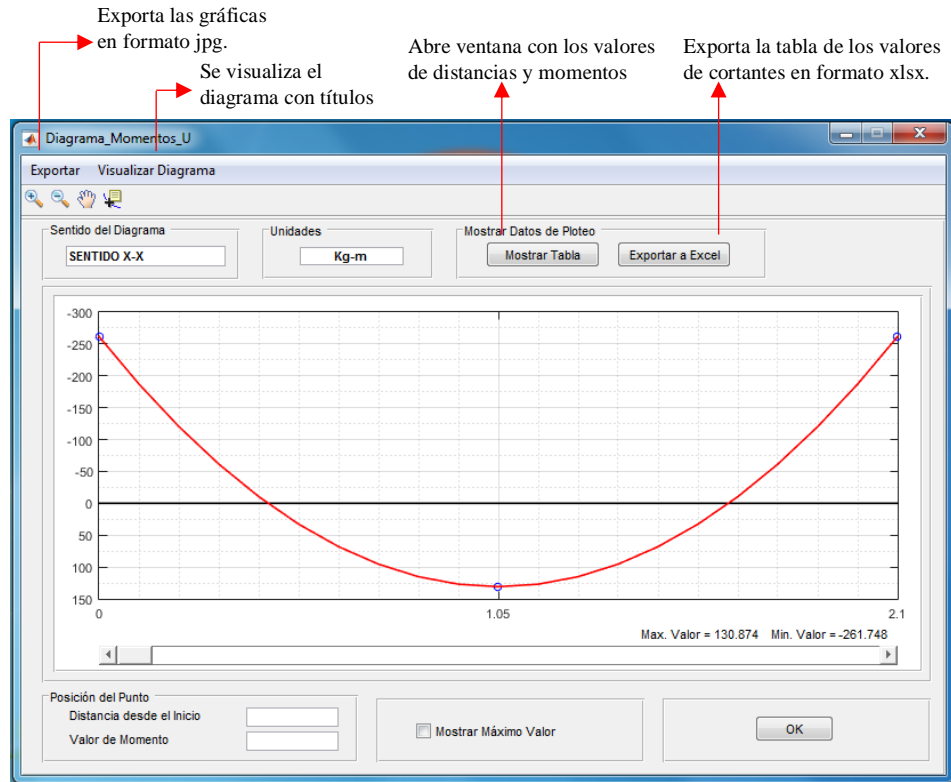


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Momento

En esta ventana es posible visualizar el diagrama de momentos que se produce en la losa Unidireccional.

Gráfico 267. Diagramas de Momentos.



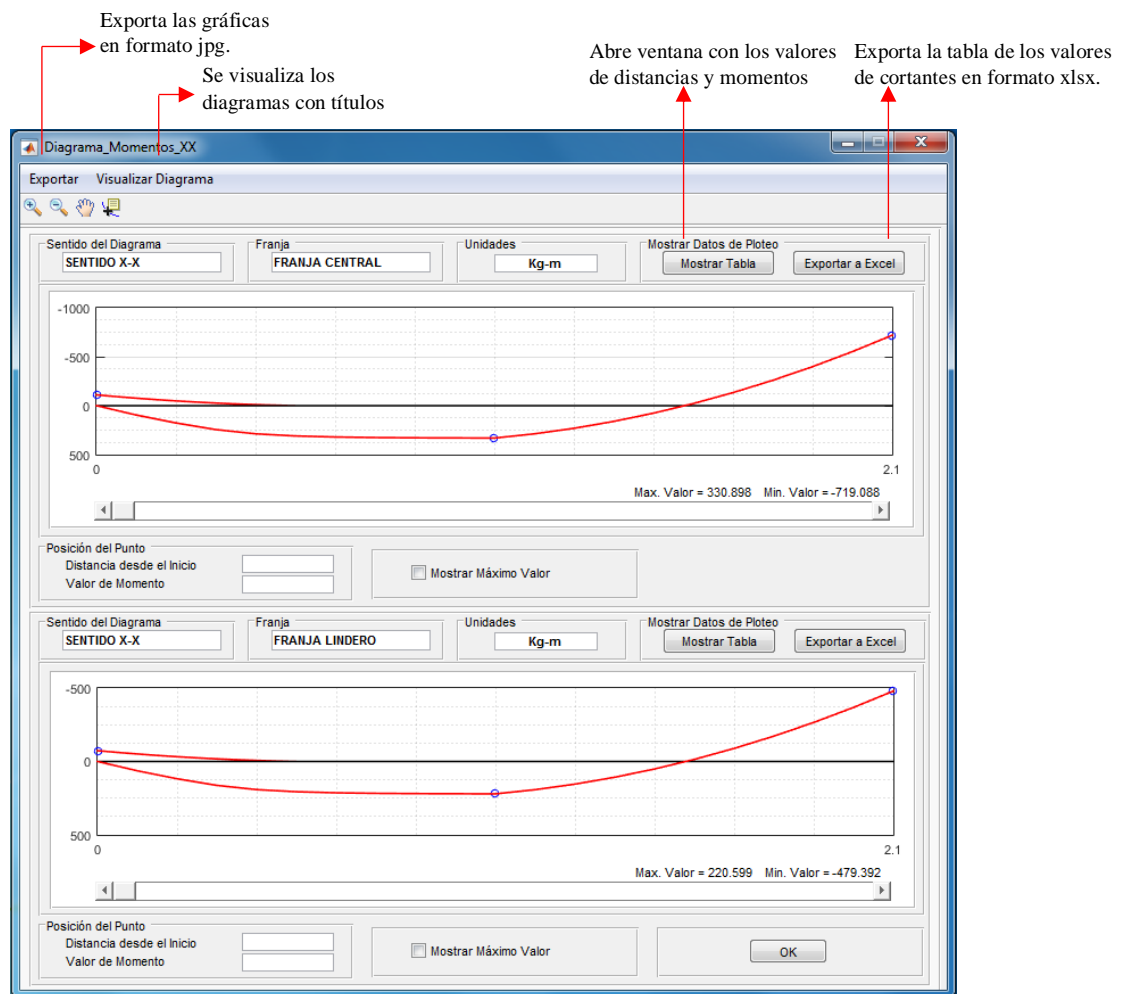
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

5.2. Bidireccional

- Momentos Sentido X-X

Esta ventana permite visualizar el diagrama de momentos que se produce en la losa Bidireccional en el sentido X-X.

Gráfico 268. Diagramas de Momentos.

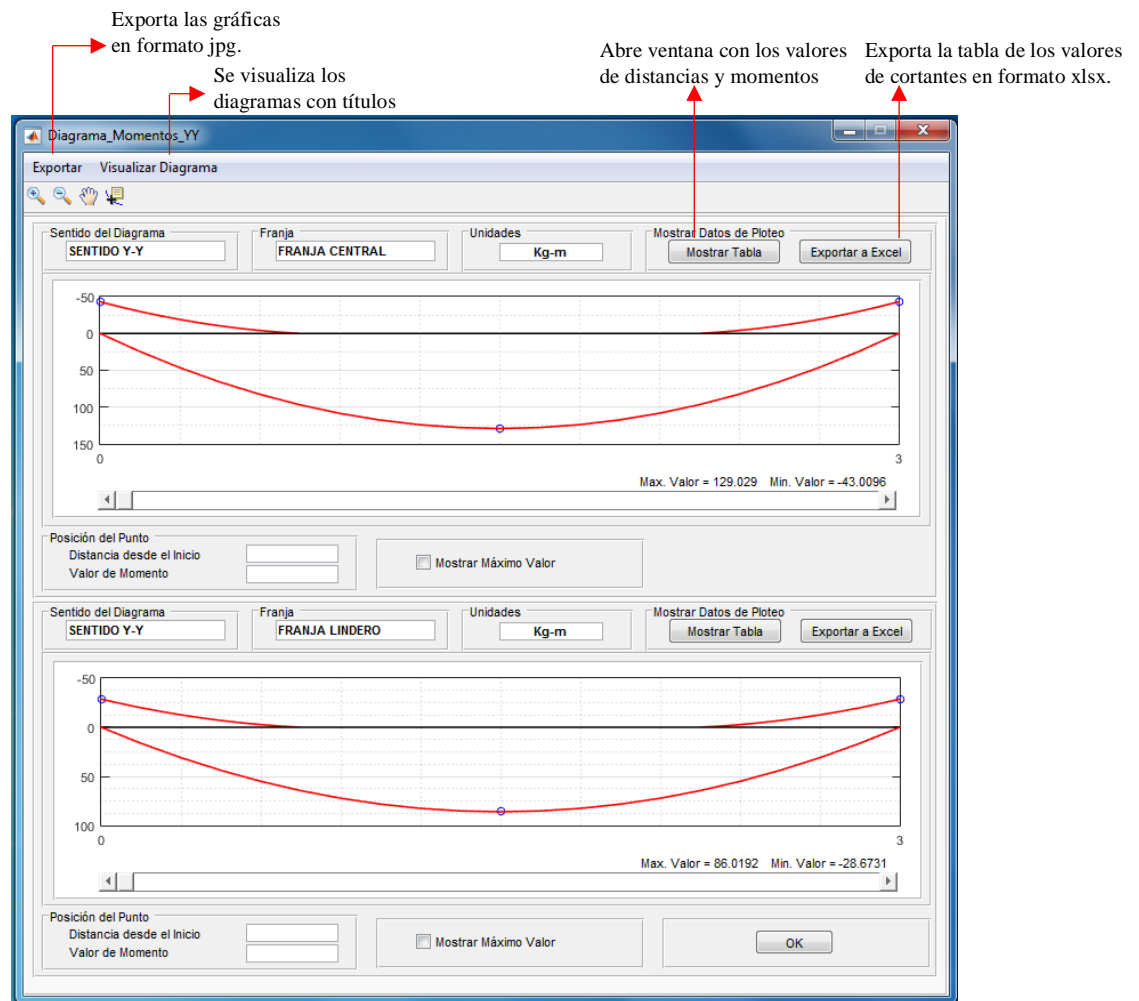


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Momentos Sentido Y-Y

Esta ventana permite visualizar el diagrama de momentos que se produce en la losa Bidireccional en el sentido Y-Y.

Gráfico 269. Diagramas de Momentos.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

6. Chequeos

6.1.Corte

Al hacer click en esta opción del menú aparecerá una ventana donde el programa mostrará si el modelo es capaz de pasar el chequeo a corte con los datos ingresados.

Gráfico 270. Chequeo a corte.

The screenshot shows a window titled 'Chequeo_Corte' with a 'Revisar' (Review) tab. It displays the 'CHEQUEO A CORTE' (Shear Check) section. The condition is $V_u \leq \Phi \cdot V_n$ and $\Phi \cdot V_n = \Phi \cdot V_c$. The 'Sentido del Chequeo' (Direction of Check) is 'Sentido Y-Y'. The 'Cortante Máx, Vu [Kg]' (Maximum Shear, Vu [Kg]) is 972.21, and the 'Cortante Concreto, Vc [Kg]' (Concrete Shear, Vc [Kg]) is 2052.68. The comparison shows 972.21 Kg <= 1744.78 Kg. The result is 'CUMPLE CHEQUEO A CORTE' (Meets Shear Check) with an 'OK' button at the bottom.

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

6.2.Flexión

Al dar click en esta opción del menú aparecerá una ventana donde el programa indicara si el modelo es capaz de pasar el chequeo a flexión con los datos ingresados.

Gráfico 271. Chequeo a flexión.

The screenshot shows a window titled 'Chequeo_Flexion' with a 'Revisar' (Review) tab. It displays the 'CHEQUEO A FLEXIÓN' (Moment Check) section. The condition is $d_{cal} < d_{asum}$. The 'Sentido del Chequeo' (Direction of Check) is 'Sentido X-X'. The 'Momento Máx, Mu [Kg-m]' (Maximum Moment, Mu [Kg-m]) is 719.088, and the 'Peralte asumido, dasum [cm]' (Assumed effective depth, dasum [cm]) is 12.5. The comparison shows 9.43 cm < 12.5 cm. The result is 'CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN' (Meets Moment Check). Below this, the 'Sentido del Chequeo' is 'Sentido Y-Y'. The 'Momento Máx, Mu [Kg-m]' is 129.029, and the 'Peralte asumido, dasum [cm]' is 12.5. The comparison shows 3.99 cm < 12.5 cm. The result is 'CUMPLE CHEQUEO A FLEXIÓN' (Meets Moment Check) with an 'OK' button at the bottom.

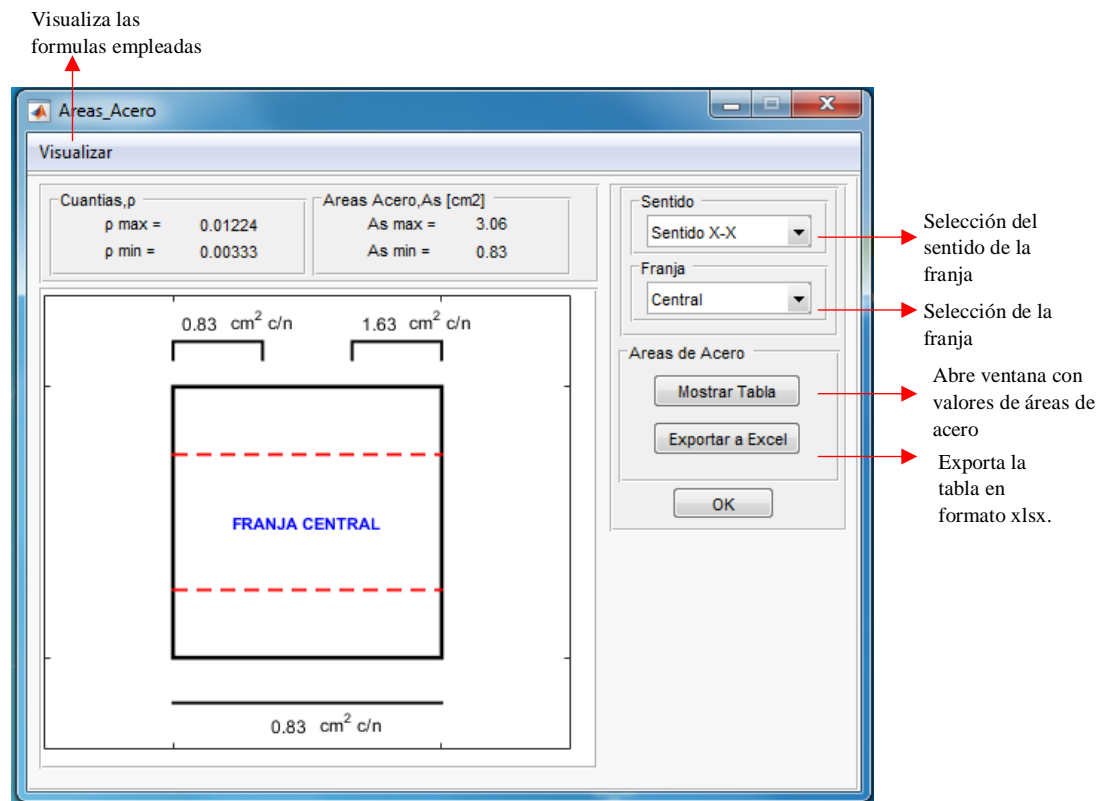
Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

7. Diseñar

7.1.Losa

Al seleccionar esta opción se abrirá una ventana donde se puede visualizar las áreas de acero necesarias para el modelo de losa

Gráfico 272. Áreas de acero de la losa.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

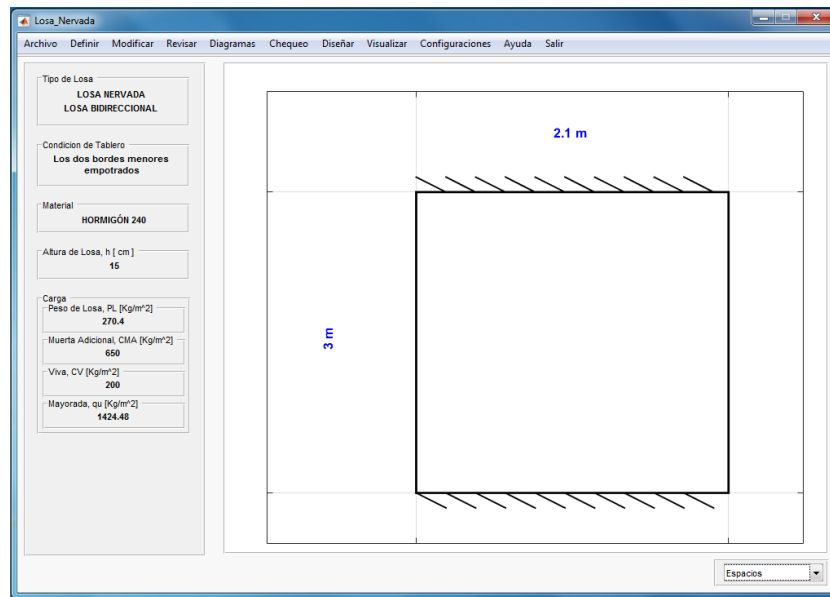
8. Visualizar

8.1.Bidireccional

- Condiciones de tablero

Esta ventana permite visualizar las condiciones de continuidad que hemos definido en el tablero.

Gráfico 273. Venta del programa, con las condiciones de continuidad del tablero.

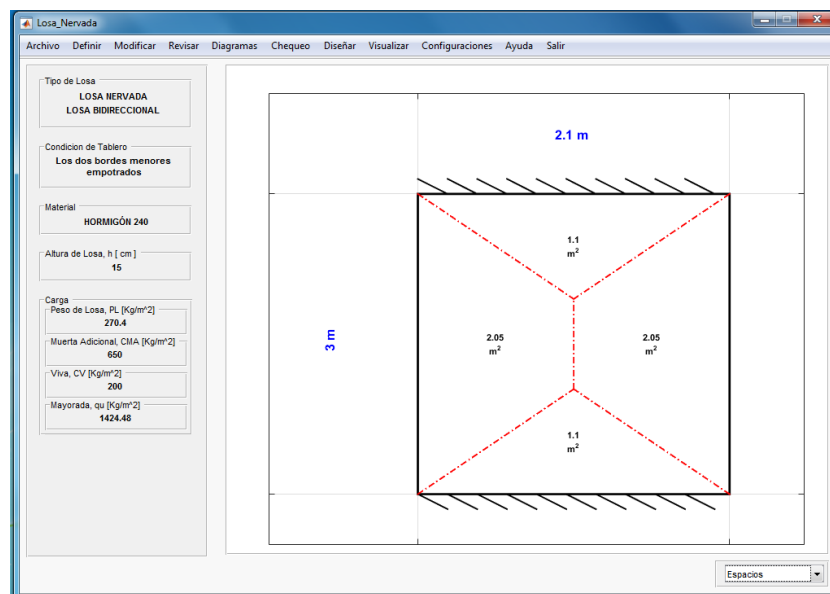


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Mosaico de cargas

Esta ventana permite observar los valores de las áreas que se forman en el mosaico de cargas.

Gráfico 274. Venta principal del programa, con el mosaico de cargas del tablero.

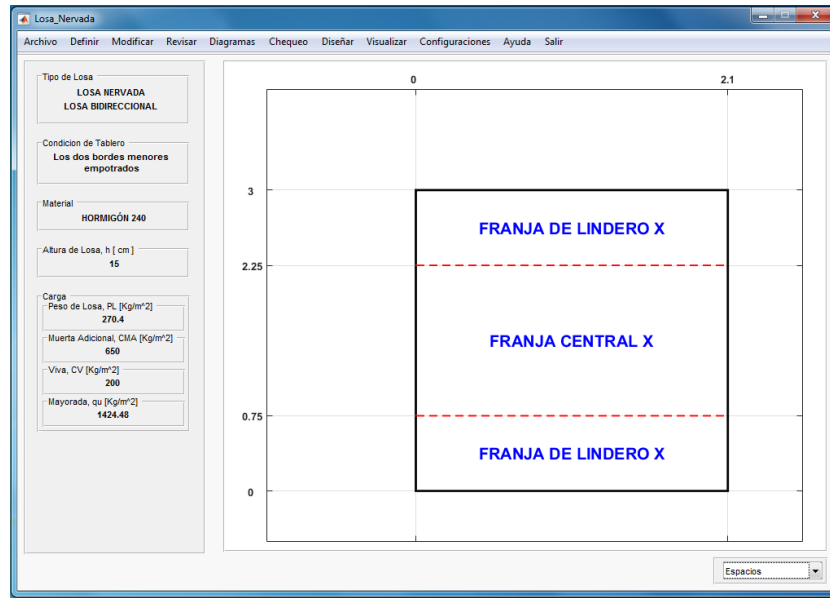


Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

- Franjas

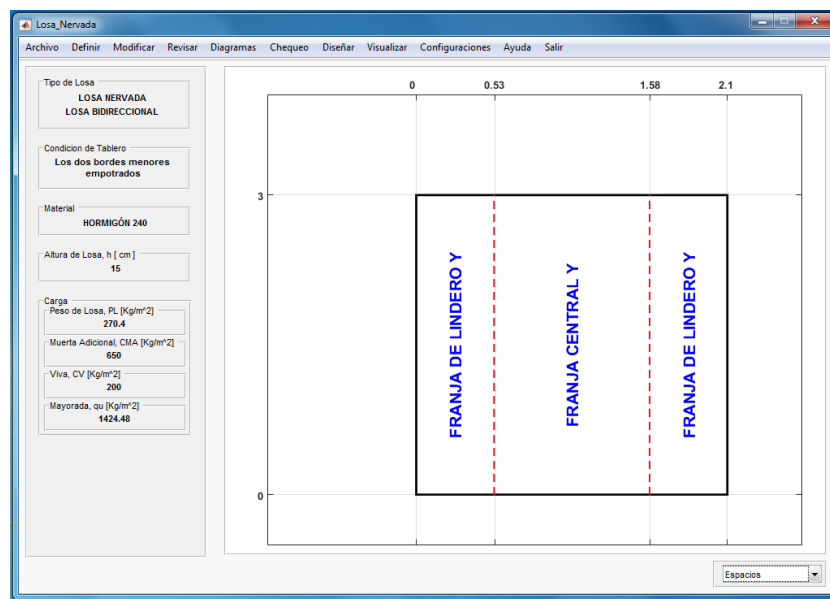
En esta ventana se puede visualizar las franjas de lindero así como las centrales en los sentidos “X-X” y “Y-Y”.

Gráfico 275. Venta principal del programa, con franjas en sentido x-x.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

Gráfico 276. Venta principal del programa, con franjas en sentido y-y.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9. Configuraciones

En estas ventanas se puede configurar algunos de los valores con los que trabaja el programa.

9.1.Cuantías

Gráfico 277. Venta de configuración de cuantías de acero.

ConfigCuantias

Cuantias de Acero (p)

β_1 (175kg/cm² <= f_c <= 280kg/cm²)

β_1 = 0.85

β_1 (280kg/cm² < f_c < 560kg/cm²)

β_1 = 0.85 - $\frac{0.05 (f_c - 280)}{70}$

β_1 (f_c >= 560kg/cm²)

β_1 = 0.65

Cuantia Balanceada (pb)

$p_b = \frac{0.85 \beta_1 f_c}{6120 + f_y}$

Cuantia Máxima (pmax)

p max = 0.5 pb

Cuantia minima (pmin)

p min = $\frac{14}{f_y}$

OK Cancel

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.2.Chequeos

Gráfico 278. Venta de configuración de chequeos.

Confi...

Chequeos

Corte

ϕ = 0.85

$V_u \leq \phi * V_n$

Flexión

ϕ = 0.9

$q = \rho * \frac{f_y}{f_c}$

$k = q - 0.59 q^2$

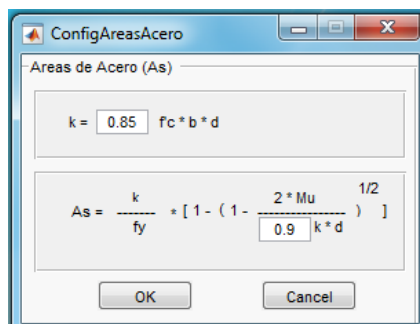
$d = \sqrt{\frac{M_u}{\phi * f_c * k * b}}$

OK Cancel

Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.3. Áreas acero

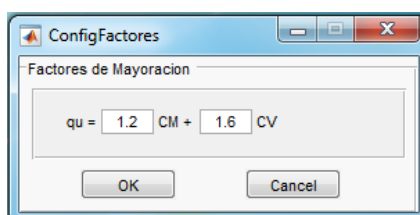
Gráfico 279. Venta de configuración de fórmulas de áreas de acero.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

9.4. Factores de carga

Gráfico 280. Venta de configuración de factores de carga.



Fuente: Impresión de pantalla del software desarrollado.

10. Ayuda

10.1. Manual

Esta opción permite abrir el manual de usuario en formato pdf.

11. Salir

11.1. Finalizar

Al dar click en esta opción el programa se cerrara y todos los datos que se encuentren en la memoria del programa se borrarán.

11.2. Limpiar memoria

Esta opción permite borrar los datos de la memoria del programa pero sin que este se cierre, es decir el programa regresa al punto de inicio.