

IMPACTO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LOS RIESGOS LABORALES DE LA RECOGIDA DE LA ALMENDRA.

ANÁLISIS Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS AL VIBRADOR DE TRONCO.

MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Valencia



Autora: Ester Herrero Tomás

Tutor: Carlos Gracia López

Fecha: Septiembre de 2015



A mi abuelo.

Por todo lo que me has enseñado y porque sin ti, nada de esto hubiera sido posible. Has sido una persona fuerte, luchadora y trabajadora. Me has cuidado y protegido en estos 25 años, y aunque ahora ya no estés físicamente con nosotros, sé que vas a seguir guiándome desde el cielo. Allí todos están felices porque un nuevo ángel ha llegado.

Gracias de corazón.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





ÍNDICE

APARTADO 1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	19
1.1.- OBJETIVOS	21
1.2.- JUSTIFICACIÓN	21
1.3.- ZONA DE ESTUDIO	22
APARTADO 2. PLAN DE TRABAJO.....	27
APARTADO 3. REVISIÓN SOBRE EL SECTOR AGRÍCOLA.....	31
3.1.- EL SECTOR AGRÍCOLA EN ESPAÑA	33
3.2.- ECONOMÍA ACTUAL DE LA ZONA (Comarca del estudio)	34
3.3.- EL ALMENDRO	36
3.3.1.- DESCRIPCIÓN	36
3.3.2.- CULTIVO	39
3.3.3.- RECOLECCIÓN	40
3.3.3.1. EQUIPOS DE RECOLECCIÓN	42
3.3.3.2.- EVOLUCIÓN.....	53
APARTADO 4. REVISIÓN SOBRE NORMATIVA DE SEGURIDAD.....	61
4.1.- TRABAJADORES (AUTÓNOMO)	63
4.2.- MAQUINARIA AGRÍCOLA	66
4.3.- DEFINICIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS	69
APARTADO 5. PARQUE DE MAQUINARIA.....	77
5.1.- CONDICIONES AMBIENTALES.	79
5.2.- DESCRIPCIÓN (ANÁLISIS) PARQUE MAQUINARIA.....	79
5.3.- APLICACIÓN DE LA NORMATIVA AL PARQUE	84
5.4.- ESTUDIO DE LOS RIESGOS MÁS SIGNIFICATIVOS DEL TRACTOR	87
5.5.- FASES DE LOS CULTIVOS QUE SE LLEVAN A CABO EN EL PARQUE.....	98
5.6.- RIESGOS POR FASES EN EL CULTIVO DEL ALMENDRA	105
APARTADO 6. ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS AL VIBRADOR DE TRONCO	109
6.1.- EL VIBRADOR.....	111
6.1.- DESCRIPCIÓN VIBRADOR A ANALIZAR	115
6.2.- ESTUDIO DE RIESGOS.....	121
6.2.1.- Inestabilidad.....	128
6.2.2.- Ruido	130
6.2.3.- Vibraciones.....	133
6.2.4.- Golpeo.....	135



6.2.5.- Atrapamiento	135
APARTADO 7. PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS	139
7.1. MEDIDAS PREVENTIVAS	141
7.1.1. TRACTOR.....	141
7.1.2. INESTABILIDAD	150
7.1.2.1. Opciones a aplicar	150
7.1.2.2. Acción a aplicar	153
7.1.3. RUIDO	153
7.1.3.1. Opciones a aplicar	153
7.1.3.2. Acción a aplicar	156
7.1.4. VIBRACIONES.....	157
7.1.4.1. Opciones a aplicar	157
7.1.4.2. Acción a aplicar	157
7.1.5. GOLPEO	158
7.1.5.1. Opciones a aplicar	158
7.1.5.2. Acción a aplicar	162
7.1.6. ATRAPAMIENTO	163
7.1.6.1. Opciones a aplicar	163
7.1.6.2. Acción a aplicar	167
7.2. PRESUPUESTO.....	167
7.3. IMPLANTACIÓN.....	169
APARTADO 8. CONCLUSIÓN	171
APARTADO 9. BIBLIOGRAFÍA	175
PÁGINAS WEB CONSULTADAS:.....	177
DOCUMENTOS.....	180
NORMATIVA.....	183
ANEXOS	185
ANEXO I: ESTUDIO DE INESTABILIDAD.....	187
1.1.- Introducción	189
1.2.- Descripción del puesto de trabajo	192
1.3.- Mediciones	192
1.4.- Equipo de muestreo.....	196
1.5.- Análisis y cálculo de la muestra	196
1.6- Evaluación	197
ANEXO II: ESTUDIO DE RUIDO	199
II.1.- Introducción	201
II.2.- Normativa a aplicar.....	201



II.3.- Descripción del puesto de trabajo	203
II.4.- Mediciones	203
II.5.- Equipo de muestreo	213
II.6.- Análisis y cálculo de la muestra.....	215
ANEXO III: ESTUDIO DE VIBRACIONES.....	227
III.1.- Introducción.....	229
III.2.- Normativa a aplicar	230
III.3.- Descripción del puesto de trabajo	231
III.4.- Mediciones	231
III.5.- Equipo de muestreo	242
III.6.- Análisis y cálculo de la muestra.....	242
III.7.- ANOVA test.....	248
ANEXO IV: ESTUDIO DE GOLPEO	273
IV.1.- Introducción.....	275
IV.2.- Descripción del puesto de trabajo.....	276
IV.3.- Mediciones	276
IV.4.- Equipo de muestreo	276
IV.5.- Análisis y cálculo de la muestra.....	277
IV.6.- Evaluación	281
IV.7.- Efectos.....	281
ANEXO V: ESTUDIO DE ATRAPAMIENTO	283
V.1.- Introducción	285
V.2.- Descripción del puesto de trabajo.....	286
V.3.- Equipo de muestreo	287
V.4.- Evaluación	287
V.5.- Efectos.....	288



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del parque de maquinaria objeto de estudio.....	22
Figura 2. Ubicación de la explotación agrícola.....	23
Figura 3. Evolución de la población en base a 100 (1900-2010).	23
Figura 4. Pirámide de población de Alpuente (2013).	24
Figura 5. Población en relación a la actividad económica. Alpuente 2013.....	24
Figura 6. Ocupación por sectores. Alpuente 2013.....	25
Figura 7. Distribución de cultivos en la Comunidad Valenciana.	35
Figura 8. Distribución de cultivos en Los Serranos.	35
Figura 9. Distribución de cultivos para el parque de maquinaria a estudiar.	35
Figura 10. Métodos de derribo de frutos.....	40
Figura 11. Métodos de recogida de frutos.....	41
Figura 12. Métodos de pelado de frutos	41
Figura 13. Vibrador manual.	43
Figura 14. Vibrador de tronco.....	43
Figura 15. Órganos principales del vibrador de árboles.	44
Figura 16. Paraguas trasero y delantero.....	44
Figura 17. Pinza de agarre.	45
Figura 18. Vibrador de sirga o maroma.	46
Figura 19. Mecanismo biela-manivela.....	46
Figura 20. Vibrador de sirga o maroma.	46
Figura 21. Carretilla de ruedas.....	47
Figuras 22, 23, 24 y 25. Remolques con plataformas horizontales.....	48
Figura 26. Remolque con toldo autoenrollable.....	49
Figuras 27 y 28. Remolque con toldo autoenrollable.....	50
Figuras 29, 30, 31 y 32. Muelles y latiguillos.....	51
Figuras 33, 34, 35 y 36. Hidráulicamente.....	51
Figura 37. Tendedor en parte trasera y delantera.....	52
Figura 38. Lonas.....	55
Figura 39. Posición de descarga del remolque recolector.....	55
Figuras 40 y 41. Derribo, recogida y pelado.....	58



Figuras 42 y 43. Recogida y pelado	58
Figuras 44, 45 y 46. Derribo, recogida y pelado.....	59
Figura 47. Relación entre producto seguro y seguridad en el producto.....	70
Figura 48. Concepto de condición de trabajo.....	71
Figura 49. Equipos de trabajo.....	72
Figura 50. Situación peligrosa.....	72
Figura 51. Zona peligrosa.....	73
Figura 52. Riesgo.....	74
Figura 53. Evaluación de los riesgos.....	75
Figura 54. Resumen de normativa en máquinas.....	76
Figura 55. Tractor John Deere 2030.....	81
Figura 56. Tractor Landini DT85FP.....	82
Figura 57. Tractor John Deere 6230 4WD.....	83
Figura 58. Cabina Landini.....	84
Figura 59. Cabina John Deere.....	84
Figura 60. Vuelco lateral.....	87
Figura 61. Vuelco longitudinal sin considerar apero.....	88
Figura 62. Vuelco longitudinal considerando apero.....	89
Figura 63. Vuelco tractor en movimiento.....	91
Figura 64. Pendiente.....	92
Figura 65. Borde.....	92
Figura 66. Toma de fuerza.....	93
Figura 67. Altura tractor.....	94
Figura 68. Postura inadecuada.....	95
Figura 69. Riesgo inhalación.....	95
Figuras 70 y 71. Estrechez de la calzada y falta de arcén.....	96
Figura 72. Riesgo accidente de tráfico.....	96
Figuras 73 y 74. Ejemplo deformación (rodera) y Ejemplo rotura (piel de cocodrilo).....	97
Figuras 75 y 76. Ejemplo desprendimientos (árido pulimentado) y (firme brillante).....	97
Figura 77. Prepodadora.....	98
Figura 78. Motosierra telescópica.....	98
Figura 79. Pala cargadora.....	98



Figura 80. Cultivador	98
Figura 81. Turbo	99
Figura 82. Abonadora y cuba de purín	99
Figura 83. Turbo	99
Figura 84. Cultivador	99
Figura 85. Cultivador	100
Figura 86. Vibrador	100
Figura 87. Remolque de rueda simple y remolque de rueda gemela	100
Figura 88. Cultivador	102
Figura 89. Subsolador	102
Figura 90. Cuba	102
Figura 91. Cultivador	102
Figura 92. Sembradora	103
Figura 93. Cuba	103
Figura 94. Pulverizador hidráulico con barra para herbicida	103
Figura 95. Cosechadora	103
Figura 96. Remolque de rueda simple y remolque de rueda gemela	104
Figura 97, 98, 99. Chasis	111
Figura 100. Tolva	114
Figura 101, 102. Tornillo sinfín	114
Figura 103. Paraguas	115
Figura 104. Esquema vibrador a utilizar	115
Figura 105. Cabeza vibratoria	116
Figura 106. Paraguas/abanico	116
Figura 107. Tolva de recepción	117
Figura 108. Sistema de descarga	117
Figura 109. Longitud y altura	118
Figura 110. Anchura	118
Figura 111. Anchura y profundidad	118
Figura 112. Apertura máxima pinza	119
Figura 113. Diámetro y altura	119
Figura 114. Acoplamiento	119



Figura 115. Sistema sinfines.....	120
Figura 116. Acoplamiento y movilidad.	120
Figura 117. Tolva.	120
Figura 118. Peladora incorporada.	121
Figura 119. Joystick.	121
Figura 120. Vibrador.	123
Figura 121. Diagrama de fuerzas.	128
Figura 122. Valor vibración mano-brazo (plena carga).	134
Figura 123. Valor vibración mano-brazo (punto muerto).....	134
Figura 124. Valor vibración cuerpo completo (plena carga).....	135
Figura 125. Valor vibración cuerpo completo (punto muerto).....	135
Figuras 126 y 127. Tornillo sinfín.	136
Figuras 128 y 129. Enganche tripuntal.	136
Figura 130. Toma de fuerza desprotegida.....	137
Figuras 131 y 132. Elementos de protección.	137
Figura 133, 134 y 135. Frenos solidarios.	142
Figura 136. Frenos.	143
Figura 137. Espejos.....	144
Figura 138. Coraza protectora TDF.	145
Figura 139. Calzo.	146
Figura 140. Subir y bajar del tractor	147
Figura 141. Transporte de personas	147
Figura 142. Diagrama de fueras.....	151
Figura 143. Cabina.....	154
Figura 144. Protectores auditivos.....	155
Figuras 145, 146 y 147. Medidas preventivas vibraciones.	157
Figura 148. Elementos elásticos de protección.	162
Figura 149. Casco.....	162
Figuras 150, 151, 152 y 153. Enganche de seguridad.	164
Figura 154. Elementos de protección del eje cardánico (2) y de las tdf (1 y 3).	165
Figura 155. Toma de fuerza del vibrador.	166
Figura 156. Cadena anti-rotación	166



Figura 157. Rejilla protectora	167
Figura 158. Vuelco hacia atrás.	189
Figura 159. Vuelco lateral.....	189
Figura 160. Vuelco lateral con aperos enganchados.	190
Figura 161. Diagrama de fuerzas.....	196
Figura 162. Movimiento entre árboles.	205
Figura 163. Acoplamiento al tronco.	206
Figura 164. Acoplamiento al tronco.	206
Figura 166. Vibrado.....	207
Figura 167. Descarga.	208
Figura 168. Equipo muestreo.....	213
Figura 169. Sonómetro.....	214
Figura 170. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.	232
Figura 171. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.....	233
Figura 172. Frecuencia.	245
Figura 173. Frecuencia.	245
Figura 174. Frecuencia.	246
Figura 175. Frecuencia.	246
Figura 176. Dirección.....	247
Figura 177. Dirección.....	247
Figura 178. Síndrome de Raynaud.	267
Figura 179. Contractura de Dupuytren.....	268
Figura 180. Hernia discal.	270
Figura 182. Momento de inercia.....	278
Figura 183. Momento de inercia.....	279
Figura 184. Varilla.	279
Figura 185. Tornillo sinfín.....	285
Figura 186. Enganche tripuntal.....	286
Figura 187. Toma de fuerza.	286
Figura 190. Tripuntal.....	287



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del sector agrícola en el siglo XX y principios del XXI.....	33
Tabla 2.Principales variedades de la almendra.....	36
Tabla 3. Producción mundial de almendra	38
Tabla 5. Ventajas e inconvenientes del vibrado de tronco.	45
Tabla 6. Ventajas e inconvenientes del vibrador de sirga o maroma	46
Tabla 9. Ventajas e inconvenientes de tendedores.....	52
Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de máquinas barredoras.....	53
Tabla 11. Datos climatológicos.	79
Tabla 12. Características técnicas John Deere 2030.	81
Tabla 13. Características técnicas Landini DT85FP.	82
Tabla 14. Características técnicas John Deere 6230 4WD.....	83
Tabla 15. Aplicación y cumplimiento de la normativa al parque de maquinaria.....	84
Tabla 16. Variables vuelco lateral.	88
Tabla 17. Variables vuelco longitudinal sin considerar apero.....	89
Tabla 18. Variables vuelco longitudinal considerando apero.....	90
Tabla 19. Fases cultivo almendro.....	98
Tabla 20. Fases cultivo cereal.	102
Tabla 21. Riesgos por fases en el cultivo de la almendra.....	105
Tabla 22. Riesgos por fases en el cultivo de la almendra.....	106
Tabla 23. Modelos de pinzas.	111
Tabla 24. Dimensiones.	118
Tabla 25. Evaluación de riesgos.	122
Tabla 26. Criterios para la aceptación de riesgos.....	122
Tabla 27. Riesgos de seguridad.....	124
Tabla 28. Riesgos de higiene.....	126
Tabla 29. Riesgos de ergonomía.	127
Tabla 30. Parámetros.	128
Tabla 31. Datos.....	129
Tabla 32. Cálculo de vuelco en función de la pendiente.....	129
Tabla 33. Nivel de ruido conductor.	130



Tabla 34. Nivel de ruido acompañante a 5 metros.	131
Tabla 35. Nivel de ruido acompañante a 10 metros.	132
Tabla 36. Valores exposición a ruido.	132
Tabla 37. Valores de exposición que fija la normativa.....	133
Tabla 38. Datos.	151
Tabla 39. Condición de vuelco en función del ángulo.	152
Tabla 40. Condición de vuelco en función del ángulo.	152
Tabla 41. Condición de vuelco en función del ángulo.	152
Tabla 42. Condición de vuelco en función del ángulo.	152
Tabla 43. Condición de vuelco en función del ángulo.	153
Tabla 44. Condición de vuelco en función del ángulo.	153
Tabla 45. Medidas preventivas y coste de las mismas.....	155
Tabla 46. Resumen de tiempos por fase.	160
Tabla 47. Resumen de tiempos por fase.	161
Tabla 48. Energía de impacto en función del tiempo de apertura.	162
Tabla 49. Presupuesto medidas preventivas.....	167
Tabla 50. Implantación medidas preventivas.....	169
Tabla 51. Actos inseguros en función del vuelco.	191
Tabla 52. Pendientes según parcela.	193
Tabla 53. Leyenda.....	196
Tabla 54. Datos.	197
Tabla 55. Condición de vuelco en función del ángulo.	197
Tabla 56. Tiempo movimiento entre árboles.	204
Tabla 57. Valores estadísticos.	204
Tabla 58. Tiempos acoplamiento al tronco.	205
Tabla 59. Valores estadísticos.	205
Tabla 60. Tiempo apertura de paraguas.	206
Tabla 61. Valores estadísticos.	206
Tabla 62. Tiempo vibrado.	207
Tabla 63. Valores estadísticos.	207
Tabla 64. Tiempo descarga.	208
Tabla 65. Valores estadísticos.	208



Tabla 66. Mediciones ruido parcela 1.....	209
Tabla 67. Mediciones ruido parcela 2.....	210
Tabla 68. Mediciones ruido parcela 3.....	210
Tabla 69. Ciclo completo.	210
Tabla 70. Valores estadísticos.....	211
Tabla 71. Ciclo completo 10 árboles.....	211
Tabla 72. Valores estadísticos.....	211
Tabla 73. Ciclo 5 minutos.....	212
Tabla 74. Ciclo 5 minutos.....	212
Tabla 75. Trazabilidad.	214
Tabla 76. Nivel de intensidad.	215
Tabla 77. Nivel diario equivalente.	215
Tabla 78. Nivel sonoro continuo equivalente.	216
Tabla 79. Intensidades en función del tiempo.	216
Tabla 80. Aproximación a 4 horas de trabajo.	217
Tabla 81. Nivel de ruido por tarea para el conductor.....	218
Tabla 82. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el conductor.	222
Tabla 83. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el acompañante A.....	223
Tabla 84. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el acompañante B.....	224
Tabla 85. Valores de exposición.....	226
Tabla 86. Mediciones sobre el asiento en punto muerto.	234
Tabla 87. Mediciones sobre el asiento a plena carga.	236
Tabla 88. Mediciones sobre el volante en punto muerto.	238
Tabla 89. Mediciones sobre el volante a plena carga.....	240
Tabla 90. Medidas vibraciones.	242
Tabla 91. Datos.....	248
Tabla 92. Tabla ANOVA para Vibración X por Factor.....	249
Tabla 93. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.	250
Tabla 94. Verificación de varianza.....	251
Tabla 95. Verificación de varianza.....	251
Tabla 96. Tabla ANOVA para la vibración Y por factor.	251
Tabla 97. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.	252



Tabla 98. Verificación de varianza.....	252
Tabla 99. Verificación de varianza.....	253
Tabla 100. Tabla ANOVA para vibración z por factor.....	253
Tabla 101. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	254
Tabla 102. Verificación de Varianza.....	254
Tabla 103. Verificación de Varianza.....	254
Tabla 104. Datos.....	255
Tabla 105. Tabla ANOVA para Vibración X por Factor.	256
Tabla 106. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	257
Tabla 107. Verificación de Varianza.....	258
Tabla 108. Verificación de Varianza.....	258
Tabla 109. Tabla ANOVA para Vibración Y por Factor.	258
Tabla 110. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	259
Tabla 111. Verificación de Varianza.....	259
Tabla 112. Verificación de Varianza.....	259
Tabla 113. Tabla ANOVA para Vibración Z por Factor.....	260
Tabla 114. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.....	261
Tabla 115. Verificación de Varianza.....	261
Tabla 116. Verificación de Varianza.....	261
Tabla 118. Distribución de tiempos.	263
Tabla 120. Resumen de los efectos de las vibraciones en función de su frecuencia.	271
Tabla 121. Efectos.	272
Tabla 122. Mediciones.....	276



APARTADO 1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





1.1.- OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo es analizar la evolución tecnológica en la recogida de la almendra y los riesgos asociados a ella. Para ello, se van a identificar los riesgos de un parque de maquinaria agrícola, centrándose en los relacionados con la recolección de la almendra.

En particular, se realiza un estudio de los riesgos específicos del vibrador de tronco empleado en la recolección de la almendra, que afectan en mayor medida a la salud y seguridad de los trabajadores. Estos son: vuelco, atrapamiento, golpeo, ruido y vibraciones.

Tras dicho estudio, se desarrollará un protocolo de medidas de prevención para uso de los trabajadores empleados en la recolección de la almendra.

1.2.- JUSTIFICACIÓN

La gran variedad de trabajos que se realizan en la agricultura, las duras condiciones en que se realizan éstos y la falta, muchas veces, de conocimientos sobre los riesgos que implican determinadas máquinas, sustancias o modos de realizar ciertos trabajos, hacen de esta actividad, una de las más arriesgadas laboralmente hablando.

Cabe destacar que la mecanización y tecnificación experimentada en los últimos años ha significado una importante mejora en las condiciones laborales de los trabajadores, pero también ha contribuido a aumentar la gravedad de los accidentes relacionados con el manejo de estas máquinas.

El sector agrario minifundista, cuenta en gran parte con una población trabajadora de edad avanzada. Sin embargo, en los últimos años, por la situación económica en la que nos encontramos inmersos, se está revertiendo esta tendencia y está dando paso a personas más jóvenes, que, si bien carecen de la experiencia en las operaciones agrícolas y en el uso de ciertos recursos, como la maquinaria, aportan un carácter más innovador, lo que permite avanzar en las técnicas de cultivo. Se establece así un equilibrio entre las personas de edad más avanzada y las más jóvenes, combinando experiencia y carácter innovador.

La mayoría de las personas que trabajan en las explotaciones lo hacen de manera autónoma y en muchas ocasiones son ayudados por sus familiares para la realización de las tareas, con el consiguiente riesgo de exposición asociado.

Por tanto, la escasa formación de las personas que realizan dichas labores y el aumento de las mismas en los últimos años. Así como, los frecuentes accidentes evitables que se producen, la falta de estudios concretos y la cercanía tanto con dicho parque de maquinaria, como con los trabajadores que realizan las diferentes actividades, me han llevado a realizar este estudio.

1.3.- ZONA DE ESTUDIO

El parque de maquinaria a estudiar se encuentra en la provincia de Valencia, al noroeste de la misma, concretamente en la Comarca de Los Serranos, en un municipio llamado La Yesa. Cabe destacar que aunque el parque objeto de estudio se sitúe en La Yesa, los terrenos a recolectar se encuentran tanto en este municipio como en uno colindante, Alpuente.

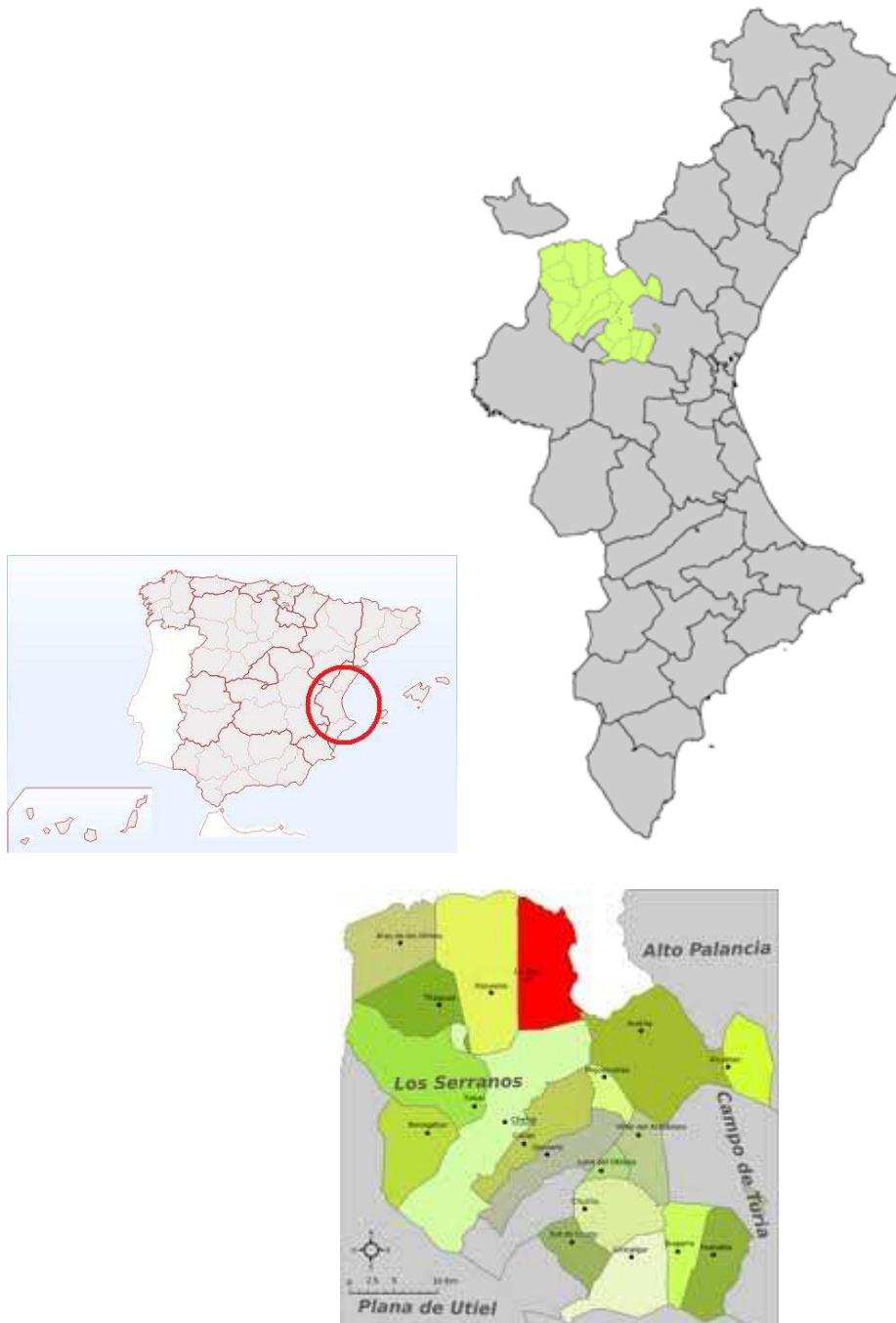


Figura 1. Ubicación del parque de maquinaria objeto de estudio.



Figura 2. Ubicación de la explotación agrícola.

La Comarca de Los Serranos cuenta con una densidad de población de 15 hab/km², mientras que las dos poblaciones objeto de estudio disponen de una densidad muy por debajo a esta. En el caso de Alpuente, éste contiene 894 habitantes y tiene una densidad de población de 6,5 hab/km², mientras que La Yesa cuenta con 252 habitantes y una densidad de población muy similar a la de Alpuente, concretamente de 6 hab/km².

La evolución demográfica de ambos municipios muestra una tendencia claramente regresiva, que le hace perder el 61% de su población durante el último siglo. Durante la última década, esta tendencia se mantiene con un ritmo de crecimiento anual que continua siendo negativo (-2,35%)

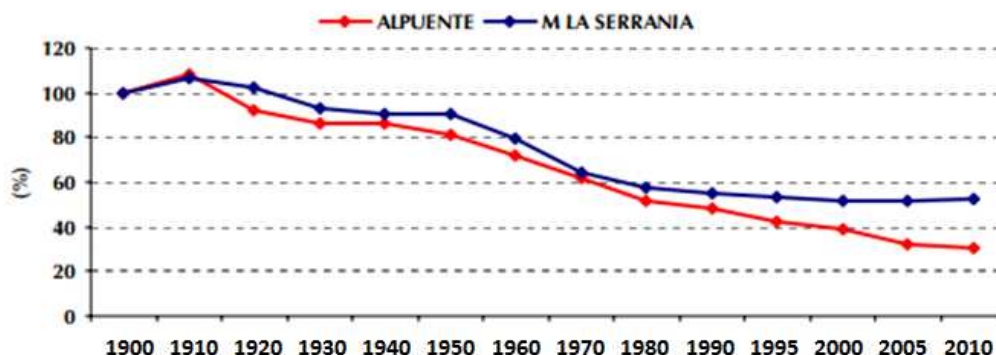


Figura 3. Evolución de la población en base a 100 (1900-2010).

Estos presentan un comprometido escenario demográfico presidido por la pérdida de población y un fuerte proceso de envejecimiento que ha perfilado en el municipio una estructura mucho más envejecida (34%) que el conjunto de la Provincia. Tanto Alpuente como La Yesa, son de los municipios más envejecidos de la Mancomunidad.

El incremento absoluto y relativo de personas mayores de 65 años viene acompañado por la importante pérdida de población joven ocasionada por el descenso de la fecundidad y el éxodo de jóvenes hacia otros municipios por motivos de estudios o en busca de trabajo, aunque en

los últimos años se observa un breve crecimiento de dicha población, debido a la situación económica en la que nos encontramos y la dificultad de obtención de trabajo. Por tanto, la agricultura y ganadería de estos municipios, pasa a ser una alternativa valorable para aquellos jóvenes que no encuentran trabajo en la capital.

La progresiva pérdida de importancia relativa de la población joven suponía una verdadera amenaza para la vitalidad demográfica, social y económica del municipio, pero que con la situación comentada anteriormente, se ha suavizado.

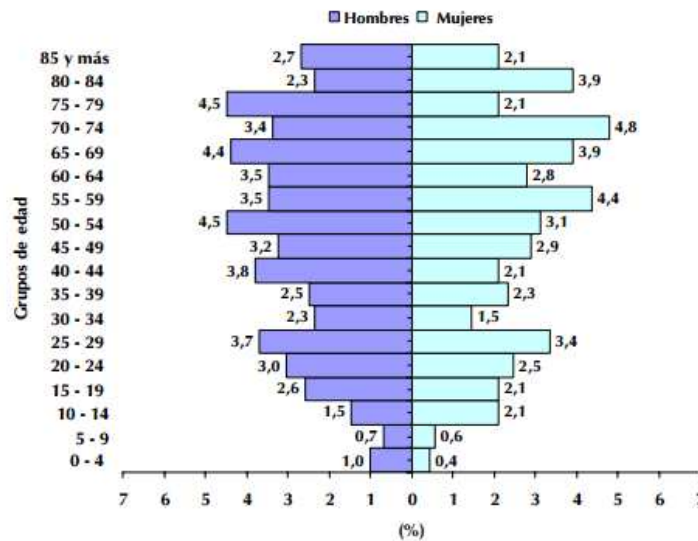


Figura 4. Pirámide de población de Alpuente (2013).

Cabe destacar que aunque cuentan con una población reducida a lo largo del año, ésta se ve notablemente aumentada durante los fines de semana, ya que se trata de municipios que cuentan con un gran número de segundas residencias. En los meses estivales (julio y, en mayor medida, agosto) la población llega a duplicarse e incluso triplicarse en algún caso.

El desarrollo socio-económico del municipio se ve afectado negativamente por la lejanía en relación con Valencia (85 km aproximadamente), la mañana accesibilidad que presentan sus núcleos, una población escasa y un sistema de poblamiento disperso.

Dichos municipios presentan una estructura demográfica dotada de una población activa con una tasa del 42,33 %

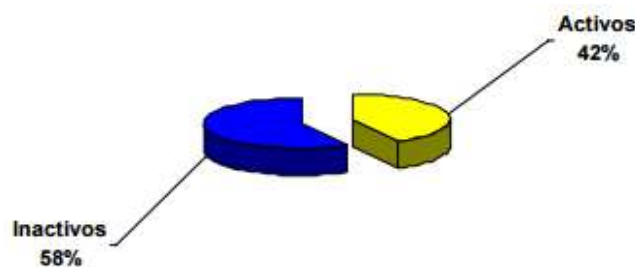


Figura 5. Población en relación a la actividad económica. Alpuente 2013.

Los servicios figuran como el primer sector destinatario de la ocupación (42,5 % del total). El peso de la agricultura es muy elevado (38,53 % de la ocupación)

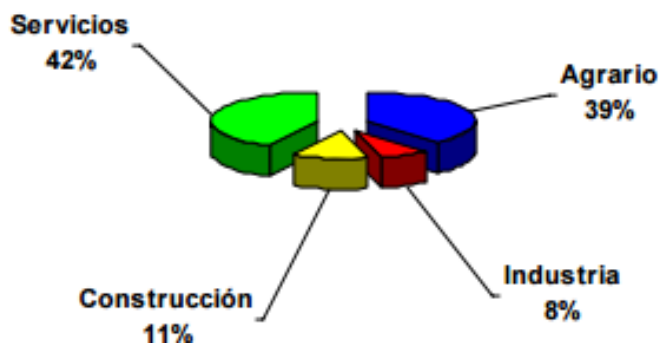


Figura 6. Ocupación por sectores. Alpuente 2013.

Así pues, la economía de la zona está centrada principalmente en la agricultura y ganadería, aunque es importante mencionar el cada vez más consolidado sector de Turismo en su modalidad rural, así como la extracción minera de caolín y la construcción.

Además de todo lo ya mencionado, resulta destacable el clima de la zona. Éste es de tipo continental seco, lo que provoca veranos calurosos e inviernos muy fríos (rebasando el límite de los 0°C) en los que es frecuente la aparición de nieve y de fuertes heladas. Este hecho influirá mucho tanto en las cosechas como en la recolección de las mismas.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





APARTADO 2. PLAN DE TRABAJO



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





El estudio se divide en cinco apartados:

1. En primer lugar, se realiza una revisión sobre el Sector agrícola en España. Se trata de modo particular, la situación actual de la agricultura en la Comarca en estudio.
2. Por otro lado, se ofrece una amplia referencia al cultivo del almendro y su recolección, tratando la evolución de los métodos y equipos de recolección, describiendo características técnicas y circunstancias de su empleo.
3. En segundo lugar, se realiza una revisión de la Normativa sobre seguridad aplicada al sector agrícola, y al trabajador autónomo.
4. A continuación, se aborda el análisis de un parque de maquinaria real de la zona, sobre el que se ha tenido acceso. Se identificarán los riesgos del tractor, las fases de los cultivos que en él se desarrollan y los riesgos en dichas fases.
5. Posteriormente, se procederá a un análisis exhaustivo de riesgos del equipo de vibración, con toma de datos y mediciones de campo durante la campaña de recolección de la máquina perteneciente al Parque de maquinaria citado en el apartado anterior.
6. Como resultado de todo lo anterior, se elaborará un Plan de medidas preventivas relativas a los riesgos laborales que atentan contra la seguridad del personal de campo que interviene en las tareas mecanizadas agrícolas estudiadas.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





APARTADO 3. REVISIÓN SOBRE EL SECTOR AGRÍCOLA



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"



3.1.- EL SECTOR AGRÍCOLA EN ESPAÑA

La aparición de la agricultura es debida al paso del ser humano de nómada a sedentario. Dicho cambio le ocasionó al hombre la necesidad de aprender a sembrar y cosechar, así como la domesticación y cría de animales.

La agricultura fue hasta la década de 1960 el soporte principal de la economía española. En las décadas siguientes, el aumento de los sectores industrial y de servicios, y singularmente por el desarrollo del turismo, ha relegado la participación del sector agrícola en el total del PIB. Al mismo tiempo, disminuía el porcentaje de población activa agraria en el total laboral. A continuación, se muestra un gráfico en el que se observa la tendencia que ha seguido la agricultura en España en el Siglo XX.

Tabla 1. Evolución del sector agrícola en el siglo XX y principios del XXI.

AÑO	% PIB	% EMPLEO	AÑO	% PIB	% EMPLEO
1901	46.4	66.7	1985	6.4	18.1
1930	34.6	47.3	1990	5.5	11.2
1940	31.9	51.9	1995	4.6	9.8
1950	26.5	48.9	2000	4.4	6.6
1960	22.6	41.7	2005	3.1	5.3
1975	9.7	23.4	2010	2.6	4.4
1980	7.2	19.8	2013	2.6	4.7

Se observa en los gráficos, de un lado, la pérdida de importancia de la agricultura dentro de la economía española a lo largo del siglo XX. Y de otro lado, muestra el aumento de la productividad de la mano de obra, al verse disminuido la población agraria empleada. Esta situación, es debida a la mecanización fundamentalmente.

Actualmente, la superficie cultivada en España alcanza un total de alrededor de 24,8 millones de hectáreas, ocupando el segundo lugar de la Unión Europea, por detrás de Francia. Los principales cultivos son el olivo, cebada, trigo, remolacha azucarera, maíz, patatas, centeno, avena, arroz, tomates y cebolla. Así como, extensos viñedos y huertos de cítricos. Cabe



destacar que a lo largo de España se posee gran diversidad productiva, consecuencia de las variadas condiciones climáticas y edáficas imperantes en las distintas zonas del territorio nacional.

Como se acaba de comentar, los factores físicos son los que condicionan la agricultura en España. Entre ellos destacan la altitud, el clima y la erosión. En primer lugar, España tiene una altitud media elevada, considerando que la altitud óptima para el desarrollo de la agricultura es aproximadamente de 200 m, se puede decir que sólo el 11.4% del territorio español presenta esa altitud óptima para su desarrollo. Por lo que se refiere al clima, se recibe una media de 2500 horas de sol, que es elevada, incluso en invierno. Por el contrario, la mayor parte del país sufre frecuentes y acusadas heladas que afectan a muchos cultivos. El reparto de precipitaciones también es muy irregular, sobre todo en las regiones de clima mediterráneo, en los que casi el total de las precipitaciones anuales caen en un periodo corto de tiempo. Por último, en cuanto a la erosión, las fuertes lluvias que se producen sobre todo en las regiones mediterráneas, como se acaba de comentar, arrastran gran cantidad de tierra de las zonas de cultivo elevadas, depositándolas en los embalses, aterrándolos o terminando en el mar.

Particularizando para la agricultura valenciana, debido a la considerable diferencia en la disposición de recursos hídricos dependiendo de la zona geográfica, se distinguen claramente los cultivos de secano y los de regadío.

Por un lado, en el cultivo de secano predomina el almendro sobre todo, y también el algarrobo y el olivo. Aunque, en los últimos años, se han ido introduciendo árboles de regadío que se han implantado en determinadas comarcas y entre los cuales están los manzanos o los melocotoneros, entre otros. Además, la vid destaca en muchas comarcas y, desde hace un tiempo, se elaboran vinos de calidad en muchos lugares de la Comunidad, especialmente en la Plana de Utiel, en la comarca del Vinalopó, o en la comarca de Los Serranos.

Por su parte, el regadío está dominado por los cítricos, especialmente la naranja, que supone la mayor parte de la citricultura de España. Además, el arroz, aunque sufre un claro retroceso, también supone gran parte de la producción nacional, así como los cultivos de hortalizas y florales. En los últimos años también está aumentando el cultivo de caquis.

Centrándose en la comarca de los serranos, es un territorio mayoritariamente agrícola, con predominio del secano, distribuido especialmente entre el cultivo del olivo, la almendra, la vid y el cereal, tal y como se va a detallar en el siguiente apartado.

3.2.- ECONOMÍA ACTUAL DE LA ZONA (Comarca del estudio)

Como se ha comentado, la economía de la zona en la que se va a realizar el estudio es básicamente la agricultura. Los cultivos que predominan son el almendro, el olivo, el cereal y la vid.

Haciendo una comparativa del % de estos cultivos en la Comunidad Valenciana, en la comarca de los Serranos y en el propio parque de maquinaria a estudiar, se observa que:

COMUNIDAD VALENCIANA:

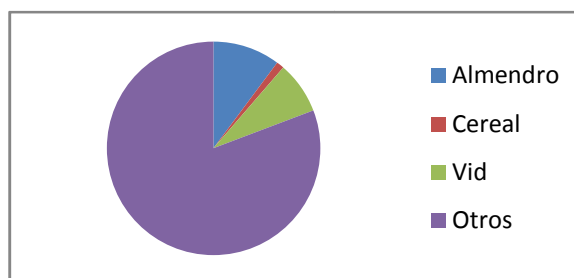
Almendo = 10,17 %

Cereal = 1,13 %

Vid = 7,91 %

Otros = 80,79 %

- Cítricos = 53,1 %
- Aceituna = 18,08 %
- Hortalizas, melones y fresas = 3,95 %
- Arroz = 3,40 %
- Huerto = 2,26 %

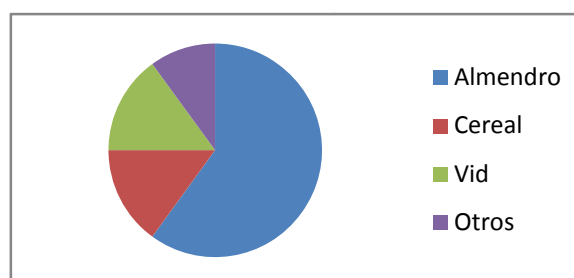
**Figura 7.** Distribución de cultivos en la Comunidad Valenciana.**LOS SERRANOS:**

Almendo = 60 %

Cereal = 15 %

Vid = 15 %

Otros = 10 %

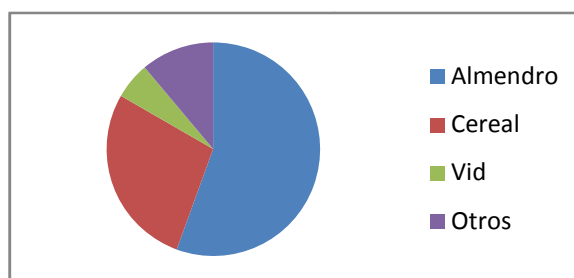
**Figura 8.** Distribución de cultivos en Los Serranos.**PARQUE MAQUINARIA:**

Almendo = 55,56 %

Cereal = 27,78 %

Vid = 5,56 %

Otros = 11,11 %

**Figura 9.** Distribución de cultivos para el parque de maquinaria a estudiar.

Por su parte, el parque de maquinaria a analizar se dedica únicamente al cultivo y recolección de la almendra, vid y cereal. Éste, como se comentará posteriormente, cuenta con tres tractores, es decir, tres vehículos porta-útiles a los cuales se les va a añadir una serie de aperos para realizar las labores de cultivo y recolección. Cabe destacar que todos ellos están relacionados mayoritariamente con el almendo y el cereal, dado que el cultivo y sobre todo, la recolección de la vid, está muy poco mecanizado en dicha zona.

Centrándose en dicho parque, éste cuenta con 20 hectáreas de almendros, 10 hectáreas de cereal y 2 hectáreas de vid. Además de 2 hectáreas repartidas entre otro tipo de cultivos, como son el olivo, el nogal, el manzano y el cerezo. Particularizándolo para el almendo, que es el cultivo objeto de nuestro estudio y la actividad prioritaria en el parque a analizar, las 20 hectáreas están divididas en 20 parcelas, alrededor de los dos municipios mencionados en el

ámbito de estudio, La Yesa y Alpuente. De todos ellos, para realizar el estudio de riesgos laborales en la recolección, se cogerá una muestra aleatoria de ellas, para poder extrapolar los datos y sobre todo, las conclusiones, a la totalidad de las parcelas.

3.3.- EL ALMENDRO

3.3.1.- DESCRIPCIÓN

El almendro pertenece a la familia botánica de las Rosáceas (Rosaceae) y su nombre científico es *Prunus amygdalus* Basch.

Es un árbol perenne de hasta 10 metros de altura que está formado por tronco, corteza, hojas, flor, fruto y semilla. Así pues, posee **tallos** erectos de corteza oscura y agrietada. **Hojas** puntiagudas, óvalo lanceoladas, de contorno dentado. **Flores** agrupadas normalmente en parejas, de color blanco rosadas, rosado, o más raramente blanco. **Frutos** en drupa con el mesocarpo inicialmente blando pero que se va endureciendo a medida que madura. Por su parte, la **semilla** es la parte comestible de la almendra.

Además, requiere una polinización cruzada. Es decir, demanda un largo período para la maduración del fruto, de forma que la floración tiene lugar en enero y hasta nueve meses después no se recolecta.

Son muchas las variedades cultivadas, no obstante, las almendras dulces pueden clasificarse en dos grupos, las de cáscara blanda llamadas 'mollares' y las de cáscara dura.

A continuación se citan las principales variedades y características de las mismas:

Tabla 2. Principales variedades de la almendra

	CÁSCARA	OTRAS CARACTERÍSTICAS	USOS
MARCONA	Dura	- Maduración tardía - Polinización cruzada - Variedad de mayor calidad a nivel mundial	Mazapán y turrón
LARGUETA	Dura	- Semilla alargada - Floración precoz - Maduración semitardía - Polinización cruzada.	Chocolates y almendras tostadas con piel
PLANETA	Dura	Algo menos alargada que la largueta	Almendras garrapiñadas con azúcar

MALLORCA	Dura	Es realmente un conglomerado de variedades	Turrón y mazapán. Leche de almendras
VALENCIAS (COMUNAS)	Dura	Otro conglomerado de variedades	Pastelería (bastones, trozos, láminas, granillo, harina...).
MOLLARES	Blanda	-La principal variedad es Mollar de Tarragona -Peligro de ataques de insectos y de hongos	Se vende con la cáscara para consumo directo
GUARA	Dura	-Floración tardía -Maduración temprana -Semilla alargada	
FITAS	Semiblanda	-Almendras de Ibiza, mezcla de variedades -Desmayo rojo. -Fruto grueso, alargado y rosado -Floración tardía	
FERRADUEL	Dura	-Floración tardía -Muy productiva y recolección de media estación tardía -Semilla elíptica, plana y ancha	
ATOCHA	Muy dura	-Muy productiva y con almendra de calidad -Floración de temprana a media estación -Semilla elíptica de color crema	
AYLES	Dura	-Floración tardía y maduración de media estación. -Semilla acorazonada de alto rendimiento.	

CRISTOMORTO	Dura	-Floración tardía y maduración media. -Semilla elipsoidal aplastada, con aparición de bastantes semillas dobles.	
FERRAGNÉS	Blanda	- Variedad francesa muy vigorosa y productiva de floración a media estación. - Semilla alargada y abultada centralmente.	
GARRIGUES		-Fruto pequeño redondeado. - Semilla pequeña con alguna estría profunda.	
MONCAYO	Dura	- Floración tardía. - Semilla amigdalóide alargada.	
NON PARELI	Blanda	- Floración semiprecoz. - Semilla elíptica redondeada.	
TUONO		- Floración tardía. - Fruto grande.	
OTRAS (Antoñeta, Atocha, Ayles, Bertina, Blanquerna, Cambra, Cristomorto, Esperanza, Ferragnes, Garrigues, Jordana, Moncayo, Non pareil, Tuono)			

La producción mundial de almendra, ha crecido paulatinamente en los últimos años y actualmente Estados Unidos es el principal país productor de almendras, seguido de España e Italia. Tal y como se muestra en la tabla adjunta:

Tabla 3. Producción mundial de almendra

PAÍSES	PRODUCCIÓN DE ALMENDRA (TONELADAS)
Estados Unidos	385.550
España	257.000
Italia	105.000



Rep. Islámica Irán	87.000
Marruecos	65.000
Túnez	60.000
República Árabe Siria	47.487
Grecia	47.000
Turquía	45.000
Pakistán	32.000
Argelia	26.000
China	20.000
Australia	18.000
Chile	9.360
Portugal	8.000
Francia	4.500

3.3.2.- CULTIVO

El almendro es una especie muy rústica, por lo que sobrevive en condiciones muy complicadas, aunque disminuye su rentabilidad. Además, es muy tolerable a la sequía y le perjudica el exceso de agua.

Demanda un largo período para la maduración del fruto, de forma que la floración tiene lugar en enero y hasta nueve meses después no se recolecta. La época de floración en el almendro tiene una gran importancia porque influye directamente en las posibilidades de obtención de una buena cosecha, debido a la incidencia de tres factores: la polinización, las lluvias y las heladas.

Debido a que el producto comercial del almendro es la semilla, esta cosecha solo se puede obtener si los procesos de polinización y fecundación tienen lugar de manera correcta. Las lluvias durante la floración impiden el vuelo de las abejas, que son los agentes transportadores de polen más efectivos desde una variedad a otra con el fin de conseguir una efectiva polinización. Las abejas desarrollan mayor actividad cuando la temperatura ambiente oscila entre 15-16°C.

Las heladas son un grave problema, ya que si se presentan en el momento de la floración o inmediatamente después, puede anular totalmente la cosecha. Para superar dicho problema, se han buscado variedades de floración tardía, además se recomienda el cultivo en laderas soleadas, ya que permite escapar a las heladas y potenciar la actividad de las abejas.

La poda se realiza en vaso, es decir, de manera que el ramaje y el tronco concedan al árbol una apariencia de copa de vino, para la cual al plantar se despunta el joven ejemplar a unos 80 cm-1 metro de altura.

3.3.3.- RECOLECCIÓN

En la recolección de la almendra, se sigue un proceso que consta de 3 fases. Dicho proceso se inicia en el momento en que se ha producido la dehiscencia y desecación del mesocarpio antes verde, y termina una vez que se ha separado éste del endocarpio, dando lugar al fruto en cáscara, que es el que normalmente se pone a la venta por el productor.

Estas 3 fases en la recolección son:

- Derribo de frutos
- Recogida de frutos
- Pelado de frutos

Cada una de las fases admite distintas variantes, y la combinación de ellas da lugar a distintos tipos de recolección. Así pues, haciendo una revisión de los posibles métodos de recolección existentes a lo largo del tiempo, se obtienen los siguientes:

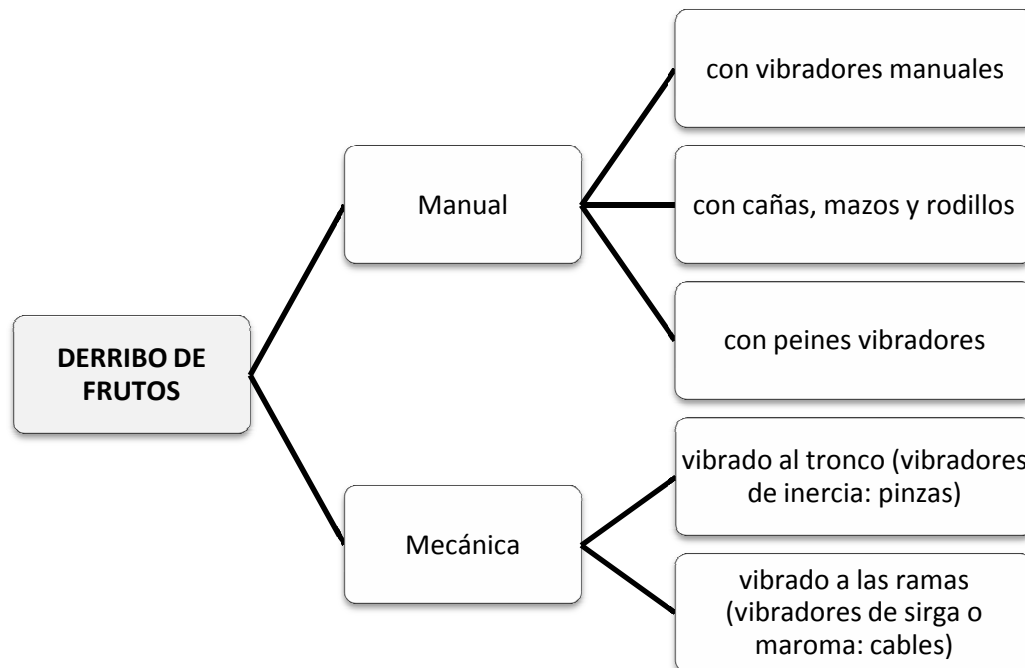


Figura 10. Métodos de derribo de frutos

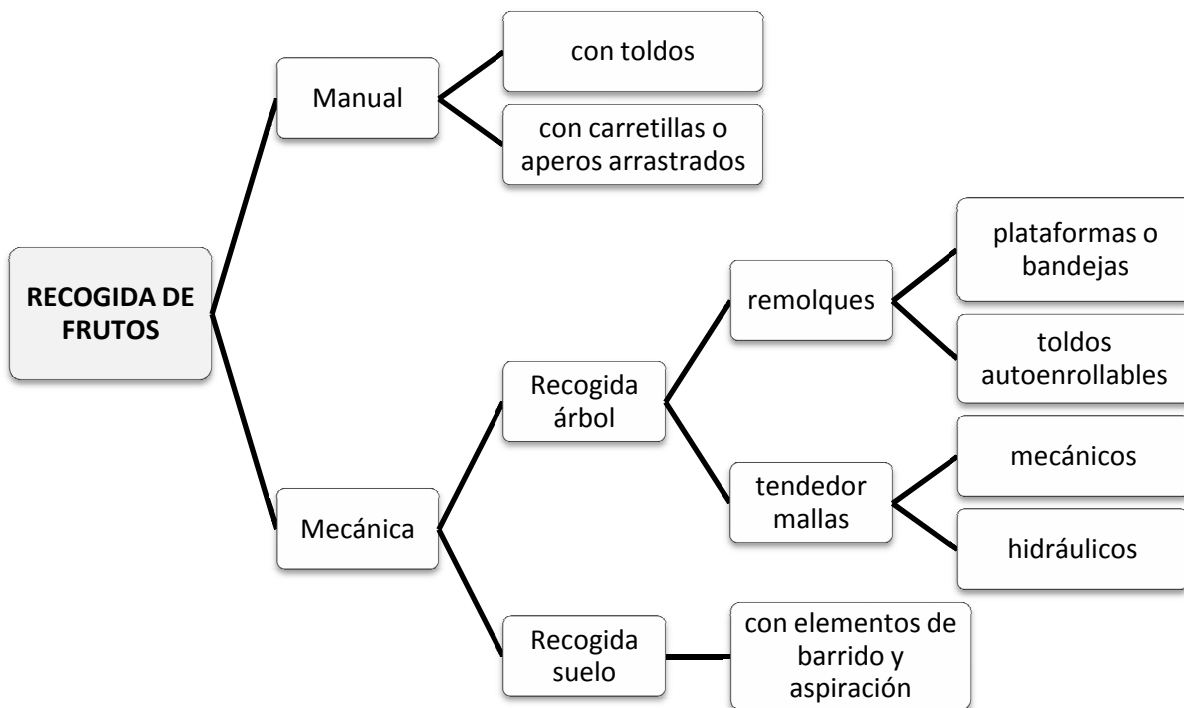


Figura 11. Métodos de recogida de frutos

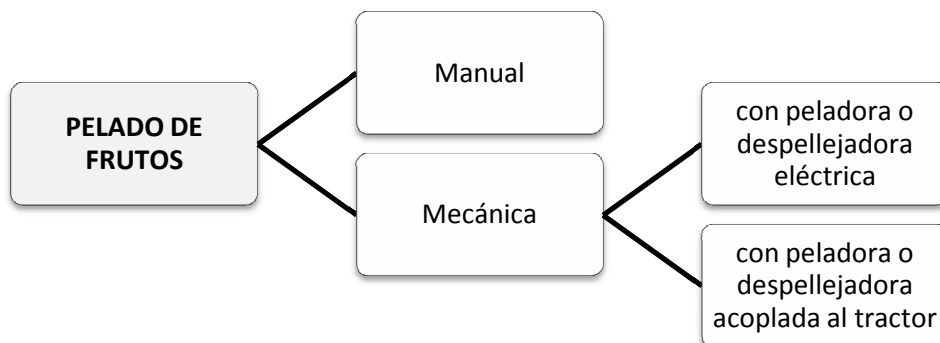


Figura 12. Métodos de pelado de frutos

Cabe destacar que hay unas limitaciones para la mecanización de la recolección de la almendra, éstas son:

Para el **derribo de frutos**, la principal limitación es la edad de la plantación. La mecanización no es posible en plantaciones muy jóvenes y es posible, pero con ciertas limitaciones, en las muy viejas. Además, otros inconvenientes que se dan son:

- La variedad: algunas variedades tienen el inconveniente de su gran resistencia al desprendimiento
- Posibles daños al esqueleto del árbol, principalmente en los puntos de injerto.
- Inaccesibilidad de los equipos mecánicos debido a la configuración del terreno.



- Carestía de los equipos más eficaces.

En cuanto a la **recogida de frutos**:

- Inaccessibilidad de los equipos mecánicos por la configuración del terreno e irregularidad de los marcos de plantación
- Carestía de los equipos con mecanismos hidráulicos, tanto por su coste inicial como por su mantenimiento.
- Limitaciones al barrido y aspirado por la configuración y pedregosidad del terreno.

Por último, por lo que se refiere al **pelado**, el mayor inconveniente proviene de las variedades de cáscara blanda (mollares y semimollares y algunas semiduras: Ferragnes), ya que la maquinaria de uso común no está preparada para el pelado de estas variedades.

Salvando estos inconvenientes específicos para casos concretos, la mecanización debe llevar consigo una mayor facilidad y eficacia en la recolección, por lo que es deseable en todos aquellos casos en que la explotación agraria pueda absorber los costes de adquisición y mantenimiento.

3.3.3.1. EQUIPOS DE RECOLECCIÓN

Seguidamente, una vez estudiadas las limitaciones de la mecanización, se analizan los distintos equipos existentes para la realización de las distintas fases (derribo, recogida y pelado de frutos), que ya se han citado al comienzo de dicho apartado:

A. DERRIBO DE FRUTOS:

MANUAL:

- Vibradores manuales
- Cañas, mazos y rodillos
- Peines vibradores

MECÁNICO:

- Vibrador al tronco (vibradores de inercia: pinzas)
- Vibrado a las ramas (vibradores de sirga o maroma: cables)

- **MANUAL:**

Para el derribo de los frutos los operarios llevan distintos aperos o utensilios que fuerzan la caída de los frutos.

- Tradicionalmente eran cañas, con las que se realizaba el típico vareo. Su principal **✗** inconveniente es el gran uso de mano de obra. Las cañas se sustituyen o complementan en la actualidad con mazos o rodillos de goma de unos 2kg de peso, para golpear las ramas principales del árbol. Son elementos muy sencillos, pero que muestran **✓** gran eficacia.

- Vibradores manuales: son unos equipos portátiles diseñados para el derribo de frutos de forma selectiva. Constan de dos elementos, un motor de dos tiempos que proporciona por medio de un mecanismo un movimiento de vaivén, y una pértiga flexible de 2m de longitud que transmite el movimiento a la rama que se pretende vibrar. Las máquinas de este tipo pesan unos 10kg.



Figura 13. Vibrador manual.

Tabla 4. Ventajas e inconvenientes de los vibradores manuales

✓ VENTAJAS	✗ INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Coste moderado - Versatilidad (se puede adaptar a otros cultivos) - Accesibilidad (se puede utilizar en toda clase de terrenos y densidades de plantación) 	<ul style="list-style-type: none"> - No es una máquina muy efectiva y rápida - Requiere un operario para realizar una faena que precisa una mayor eficacia

• **MECÁNICA:**

- Vibrado de tronco: se utilizan los vibradores de inercia de masas excéntricas. Estos funcionan hidráulicamente produciendo una vibración multidireccional. Su acoplamiento al tractor puede ser trasero o delantero, aunque el segundo parece más eficaz para asegurar el enganche al árbol, el cual se consigue por medio de unas pinzas cubiertas de caucho al objeto de evitar daños al tronco.

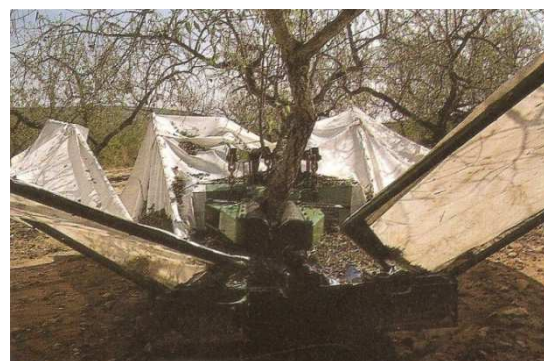


Figura 14. Vibrador de tronco.

A continuación se muestra un esquema en el que se sitúan los órganos principales del vibrador de árboles de árboles

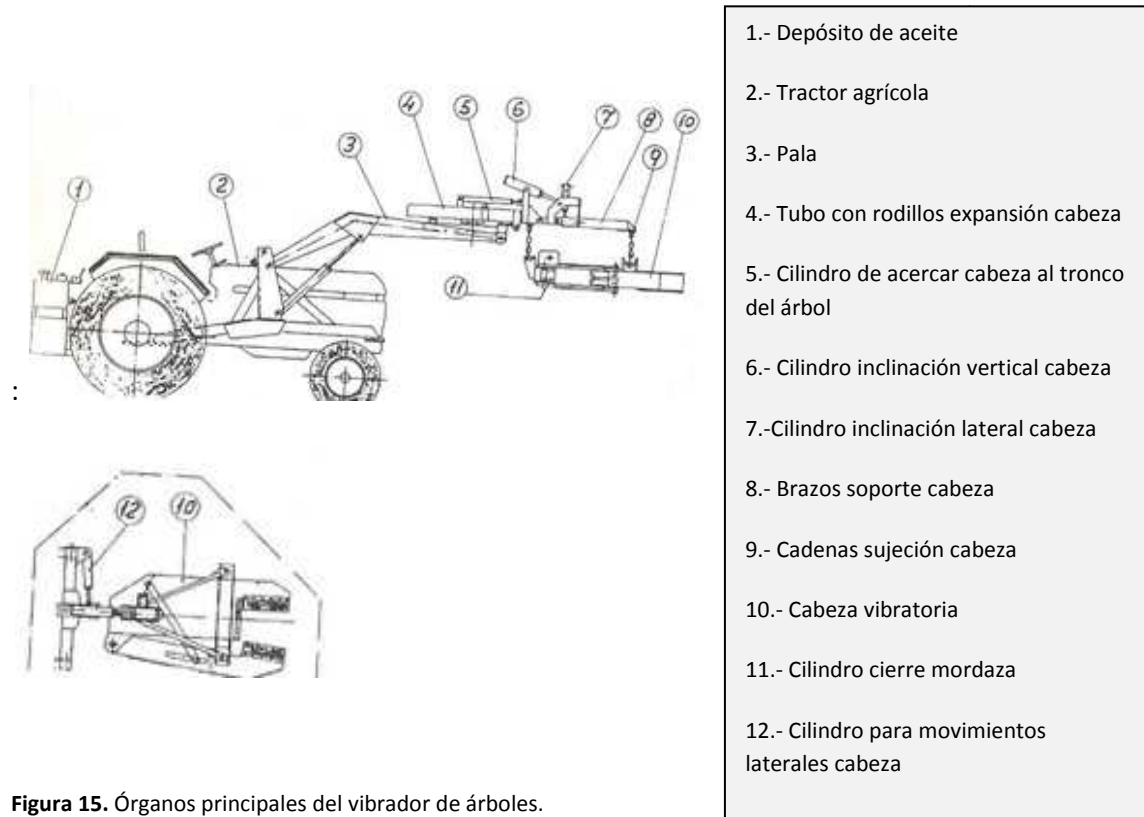


Figura 15. Órganos principales del vibrador de árboles.

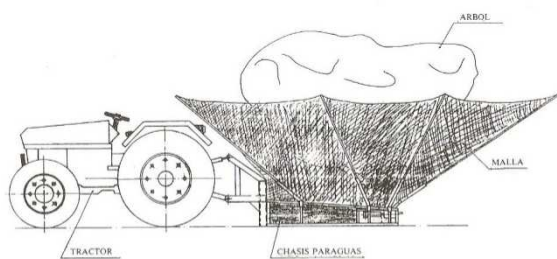


Figura 2. ESQUEMA DEL PARAGUAS DETRAS DEL TRACTOR

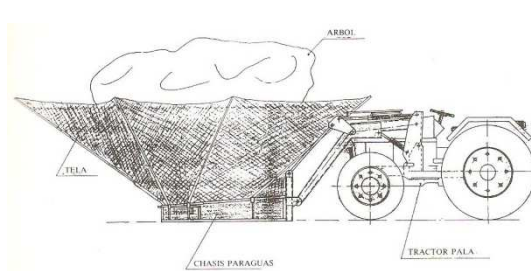


Figura 3. ESQUEMA DEL PARAGUAS DELANTE DEL TRACTOR

Figura 16. Paraguas trasero y delantero.

Tabla 5. Ventajas e inconvenientes del vibrado de tronco.

✔ VENTAJAS	✘ INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Estas máquinas son muy efectivas si se aplica la adecuada vibración que necesita cada especie, proporcionando un desprendimiento de frutos muy elevado sin que se produzcan daños - Los daños del descortezado que se observan en ocasiones no tienen excesiva importancia y se producen más por la impericia de agarrar el árbol que por la vibración en sí (*) 	<ul style="list-style-type: none"> - Necesitan una gran potencia del tractor debido a su peso elevado (aproximadamente 500 kg), siendo adecuada una tracción mínima de 70 CV y tracción en las cuatro ruedas - Tienen un coste muy elevado.

(*)Para disminuir la posibilidad de daños, es preciso elegir una pinza de agarre bien diseñada. En este sentido hay que señalar que son mejores las pinzas que generan fuerzas de agarre radiales (pinzas de 3 puntos equidistantes), que las que generan fuerzas tangenciales (pinzas de dos puntos)



Figura 17. Pinza de agarre.

- Vibrador de sirga o maroma: Consiste en cable de acero o nylon, recubierto en la parte de enganche al árbol, a quien le transmite el movimiento un vibrador



Figura 18. Vibrador de sirga o maroma.

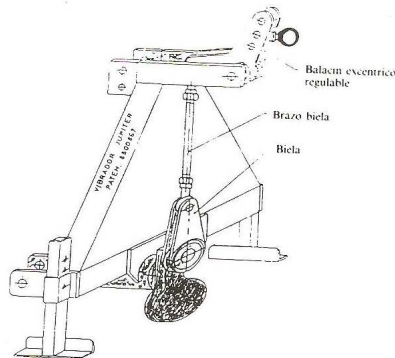


Figura 19. Mecanismo biela-manivela.

Producen la vibración por medio de un mecanismo de biela-manivela que transforma el movimiento circular de la toma de fuerza del tracto, en rectilíneo.

El vibrador que va suspendido al tractor por el tercer punto y la toma de fuerza precisando una serie de poleas y mecanismos para pasar por debajo del tractor, en el caso de que en la parte delantera vaya un tendedor.



Figura 20. Vibrador de sirga o maroma.

Tabla 6. Ventajas e inconvenientes del vibrador de sirga o maroma

✔ VENTAJAS	✘ INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Mayor economía - Requieren un tractor de menor potencia 	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor complejidad de funcionamiento, lo que provoca una merma de rendimiento y la posibilidad de mayores averías - el vibrado no es excesivamente efectivo y puede causar mayores daños en los árboles que el vibrado de inercia

B. RECOGIDA DE FRUTOS

MANUAL:

- Con toldos
- Con carretillas o aperos arrastrados

MECÁNICA:


- Recogida del árbol
 - Remolques
 - Plataformas o bandejas
 - Toldos autoenrollables
 - Tendedor mallas
 - Mecánicos
 - Hidráulicos
- Recogida del suelo
 - Elementos de barrido y aspiración

- **MANUAL:**

Originariamente, los frutos vareados caían a mantas o toldos, situadas a cada lado del árbol y que debían ser trasladados a un nuevo árbol por varios operarios. Una vez acumulado el fruto en los toldos debían vaciarse éstos en sacos.



Figura 21. Carretilla de ruedas.

Un sistema más avanzado por la mayor comodidad que proporciona la constituyen las carretillas de ruedas o tendedores arrastrados manualmente. Las carretillas  se mueven y vacían más cómodamente y con mayor rapidez que los clásicos toldos.

De características similares, aunque usando mecanismos de apertura de abanico o paraguas, son los tendedores manuales tipo Gelabert (utilizados en Mallorca). Los tendedores van arrastrados por ruedas con la fuerza del operario, y abiertos y cerrados por el mismo.

- **MECÁNICA:**

- **Recogida del árbol:**

Dentro de los equipos que se acoplan al tractor y recogen la almendra del árbol, tenemos dos sistemas: los remolques y los tendedores.

- Dentro de los remolques también hay dos sistemas, los que llevan bandejas o plataformas metálicas y los que llevan toldos de plástico. En primer lugar, Los remolques con plataformas horizontales para la recolección tienen una longitud de 6 m. Llevan una plataforma extensible a uno de los lados del mismo, la cual se despliega por medios y cadenas. La plataforma va partida en el centro donde se acopla el tronco del árbol, y cuando está extendida cubre una superficie de 6.45 x 6 m², pudiéndose extender por los lados con bandejas de 1.20 m de longitud, aunque la superficie cubierta puede quedar corta en árboles de grandes dimensiones.

Las almendras derribadas son conducidas al centro de la plataforma, y por medio de un sinfín llevadas a una despellejadora, entrando limpia en el remolque con ayuda de otro sinfín.



Figuras 22, 23, 24 y 25. Remolques con plataformas horizontales.

Tabla 7. Ventajas e inconvenientes de remolques con plataformas horizontales.

✔ VENTAJAS	✘ INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de almacenamiento (cerca de 5m³), pudiendo albergar más de 1500 kg de almendra en cáscara - una vez las plataformas desplegadas permiten sustentar con comodidad a los operarios que tienen que efectuar el derribo de frutos - El equipo no emplea más mano de obra en la recogida que el tractorista 	<ul style="list-style-type: none"> - El equipo pesa unos 2800 kg y con la carga pueden estar cerca de los 5000 kg. Por tanto, se necesita una fuerza mínima de tracción de arrastre de unos 55 o 60 CV

Los remolques con toldo autoenrollable se fabrican de 6 u 8 metros. Llevan dos rodillos a cada lado donde se enrollan las mallas que posteriormente recogerán la almendra. Para desplegarlos se precisan 4 operarios (2 por toldo)



Figura 26. Remolque con toldo autoenrollable.

Una vez la almendra en ellos, se enrollan solos, ya que el rodillo está conectado a la toma de fuerza del tractor, subiéndose en esta operación las almendras al remolque, si bien es verdad que es preciso mantener los toldos en alto cuando suben para que la almendra no caiga al suelo.



Figuras 27 y 28. Remolque con toldo autoenrollable.

El coste se incrementa si lleva incluida la despellejadora.

Tabla 8. Ventajas e inconvenientes de remolques con toldo autoenrollable.

✔ VENTAJAS	✘ INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Alta capacidad de almacenamiento, ya que tienen una cabida de 3m³, con lo que pueden albergar unos 2000-3000 kg de almendra en sucio, equivalente a algo menos de 1000 kg de almendra en cáscara 	<ul style="list-style-type: none"> - Gran empleo de mano de obra - Relativa lentitud

- Los tendedores de mallas, paraguas invertidos o abanicos, pueden desplegarse mecánicamente por medio de muelles y latiguillos o hidráulicamente.

Muelles y latiguillos





Figuras 29, 30, 31 y 32. Muelles y latiguillos.

Hidráulicamente



Figuras 33, 34, 35 y 36. Hidráulicamente.

Cualquiera que sea el procedimiento de apertura o cierre, el sistema consiste en desplegar unas mallas de nylon montadas sobre un bastidor debajo del árbol a recolectar. La almendra recogida resbala por las lonas hacia una tolva central con una capacidad limitada de unos 300 kg de almendra sucia, que luego debe ser depositada en un remolque recolector. El tendedor

puede ir montado en la parte trasera o delantera del tractor. Algunos modelos llevan acoplada una despellejadora.

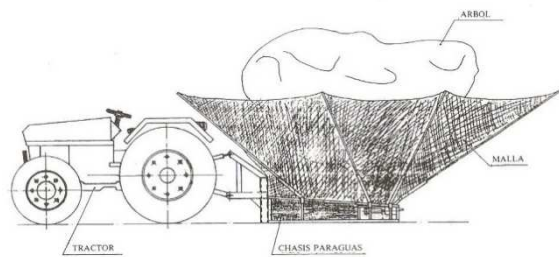


Figura 2. ESQUEMA DEL PARAGUAS DETRAS DEL TRACTOR

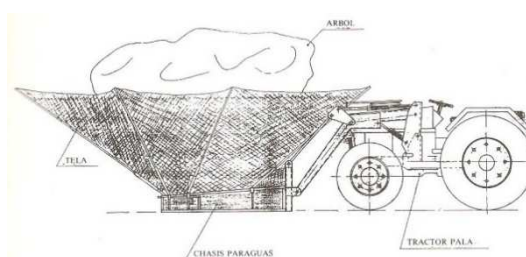


Figura 3. ESQUEMA DEL PARAGUAS DELANTE DEL TRACTOR

Figura 37. Tendedor en parte trasera y delantera.

Tabla 9. Ventajas e inconvenientes de tendedores.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Rapidez - Eficacia - No emplea mano de obra (sólo el tractorista) - Se presentan en el mercado con precios muy variables. Los hidráulicos son de mayor coste que los mecánicos 	<ul style="list-style-type: none"> - Baja capacidad de almacenamiento - Incomodidad para el personal que tiene que varear, inconveniente mermado en el caso de árboles pequeños e inconveniente inexistente en el caso de que el derribo de frutos de haga por medio de vibradores.

▪ **Recogida del suelo:**

Para recoger la almendra del suelo se emplean máquinas barredoras e hileradoras con recogedoras. Una vez caídas las almendras al suelo se hileran o amontonan generalmente con rastrillos hileradores. Una vez agrupados los frutos se recogen con turbo recogedoras o aspiradores, que en esencia son mangueras de material ligero que aspira el fruto hacia una cámara de descompresión donde se hace una primera limpia (hojas y polvo). De ahí pasa a unas cribas donde se separan otros materiales (piedras y terrones) por rotación y ventilación. Luego un segundo ventilador aspira el producto limpio y listo para ensacar.

Tabla 10. Ventajas e inconvenientes de máquinas barredoras.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">- Alto rendimiento	<ul style="list-style-type: none">- Requieren una gran preparación del suelo (rulado, despedregado y tratamiento herbicida)- Sólo es aplicable en terrenos llanos y homogéneos- Eficacia en función de la abundancia de frutos

C. PELADO O DESPELEJADO DE FRUTOS

MANUAL

MECÁNICA:

- Peladora o despellejadora eléctrica
- Peladora o despellejadora acoplada al tractor

En primer lugar, el pelado de frutos de forma manual solo es viable para almendros mollares.

Por lo que se refiere al despellejado mecánico de la almendra, éste está resuelto en la actualidad, por la simplicidad, eficacia y economía de las máquinas existentes. Su uso está ampliamente generalizado por la mayor economía y rapidez que presenta frente al pelado manual. Únicamente el pelado presenta dificultades con las máquinas existentes en el mercado, con las variedades de almendra mollares o semimollares, donde se puede romper la cáscara. En los demás casos, el pelado mecánico es hasta 5 veces más económico que el manual.

3.3.3.2.- EVOLUCIÓN

A. EVOLUCIÓN GENERAL DE LA RECOLECCIÓN

Una de las operaciones del almendro que mayores riesgos conlleva es la recolección. Ésta ha evolucionado notoriamente con el paso del tiempo, sobre todo en los últimos años, dada la mecanización de la misma.

De un lado, la recolección tradicional se realizaba con el derribo mediante mazos y/o cañas y la recogida de frutos con toldos. Para ello era preciso un equipo formado por un peón que lleva el mazo y realiza el derribo y varios peones más que trasladan cada una de las 2 mantas por sus extremos de un árbol a otro. Lo recogido en las mantas se pasaba a sacos en donde se transporta. También era preciso disponer de un remolque que realizara el transporte, y su correspondiente tracción.

Con el paso de los años, la recolección ha pasado a ser mecanizada. A continuación se muestran los posibles sistemas de recogida al árbol y los de recogida al suelo.

Recolección mecanizada. Sistemas de recogida del árbol:

- Derribo manual y recogía con tendedor de mallas de 8x8 automático.

Es un equipo muy sencillo, utilizable fundamentalmente en árboles no muy grandes.

El tendedor es completamente automático, logrando la apertura por un mecanismo muy sencillo consistente en un latiguillo que al ser presionados por el tronco del árbol accionan el muelle que lo mantiene en posición. El equipo va montado en la parte trasera del tractor, el cual se recomienda que tenga cierta potencia.

Se requiere además una persona que vibre con mazo el árbol, el cual va dentro de la plataforma del tendedor. Si los árboles son grandes serían precisas más personas para el vareao del árbol.

En función del tamaño de los árboles es preciso descargar los frutos recogidos en un remolque, operación que se realiza elevando el tendedor y soltando la trampilla que hay por debajo del recipiente.

- Derribo manual y recogía con tendedor hidráulico de mallas de 9x9 con mando a distancia.

En esencia es igual que el anterior, aunque el tendedor aquí no es mecánico, sino hidráulico y la malla tiene un poco más de dimensiones (9x9). Es más aconsejable para árboles mayores.

Aquí el cierre y apertura del tendedor se efectúan desde el tractor con un mando a distancia. La trampilla de descarga se abre con un pistón hidráulico.

- Derribo manual y recogida en remolque recolector de 8 m con toldos autoenrollables.

El derribo es manual y la recogida de frutos en toldos solidarios a un remolque.

El remolque lleva 4 mantas de 4x8 m², dos a cada lado, por lo que en teoría se pueden recolectar 2 árboles a la vez. En la práctica esto es difícil, pues los marcos de plantación si no estaban diseñados a tal fin, no permitían que esto se hiciera conjuntamente. Por ello, se considera que la recolección se hace por un solo lado del remolque.

A continuación se muestra un esquema del mismo:

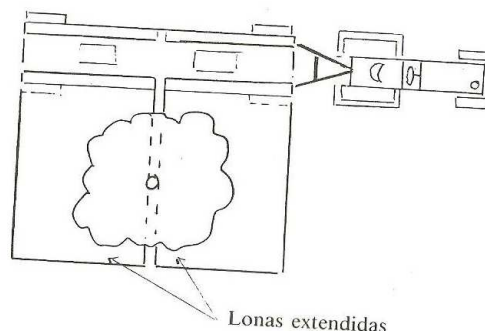


Figura 38. Lonas

Se precisa de un tractor que arrastra el remolque y de varios peones que extienden las mantas y vanean o vibran el árbol.

La subida de las mantas con el fruto al remolque se hace por medio de la toma de fuerza del tractor que acciona el rodillo donde se enrolla la manta.

El remolque tiene una trampilla en la parte baja que sirve para descargarlo, tal y como se muestra en la figura adjunta:

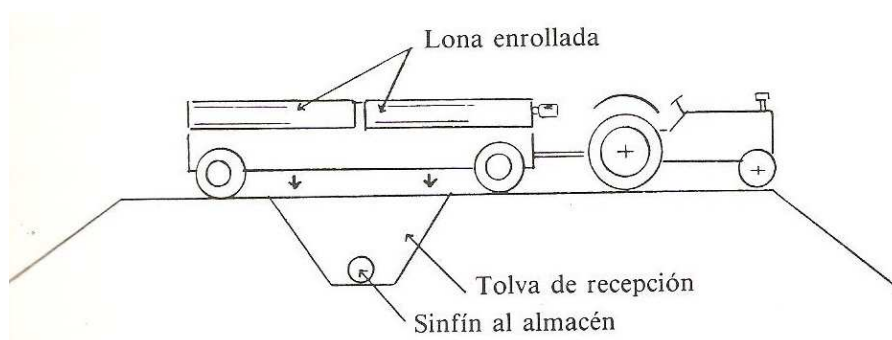


Figura 39. Posición de descarga del remolque recolector.

- **Tendedor automático de mallas de 9 m y vibrador de cable.**

Aquí el derribo se realiza por medio de un cable al cual le transmite el movimiento un vibrador.

Estos equipos deben llevar el tendedor en la parte delantera del tractor sobre los brazos de una pala cargadora y el vibrador suspendido en la parte trasera.

El cable del vibrador pasa por medio de unas poleas por debajo del tractor. Dicho cable puede ser de acero o de nylon.

Se requiere una persona dentro del tendedor para coger la rama, ramas, o el tronco con la abrazadera del cable.



Se pueden conseguir con este equipo unos rendimientos más satisfactorios que en los casos anteriores. También es necesario un remolque.

- **Vibrador de alta presión de 400 mm de abertura y tendedor hidráulico de mallas de 9 m.**

Es un equipo integral de recolección, si bien la almendra recolectada lo es sin despellejar. Por tanto se requiere solamente de una persona, el tractorista.

La maquinaria debe ir acoplada sobre los brazos de una pala cargadora en un tractor de doble tracción y con una potencia mínima de 70 CV.

Tanto el vibrador de pinzas como el tendedor de lonas son hidráulicos.

La almendra recogida en las lonas resbala hacia un cajón central con una capacidad para unos 300 kg de almendra sin pelar. Por medio de una trampilla y en posición elevada, la almendra recogida puede ser depositada en un remolque.

El sistema es muy apropiado para árboles grandes, en los que los rendimientos son prácticamente iguales a los obtenidos en pequeños.

- **Derribo manual y recogía en remolque recolector de 6 m con plataformas metálicas y peladoras.**

El derribo es manual, haciéndose la recogida en las plataformas del rendimiento del remolque recolector.

El remolque lleva una plataforma lateral de 6x6.45 m², donde se recoge la almendra.

Se precisa de un tractor de 70 CV para arrastrar al equipo, y al menos un operario para realizar el vareo del árbol.

El fruto recogido se pela en la despellejadora que lleva incorporada el equipo, y seguidamente cae al remolque. Por lo tanto, no hay tiempos muertos de descarga.

Indistintamente puede utilizarse en árboles grandes y pequeños, aunque en el primer caso habría que considerar más mano de obra para el vibrado o derribo, y tener en cuenta que la plataforma puede quedar muy justa con árboles de grandes dimensiones.

- **Tendedor hidráulico de mallas con vibrador y peladora.**

Es un equipo de recolección integral de la almendra, incluido el pelado.

Va montado a la parte trasera del tractor, suspendido en los 3 puntos del elevador.

Incluye una máquina despellejadora entre la parte central del tendedor y el cajón recolector.



La incorporación de la despellejadora le da una mayor autonomía, a la vez que realiza una recolección más completa.

Recolección Mecanizada. Sistemas de recogida del suelo

Este sistema se utiliza para la recolección de la siguiente manera:

El cultivo se efectúa en llano y sin piedras, efectuándose la recolección en suelo tratado con herbicidas y rulado para conseguir una superficie completamente limpia, compacta y homogénea.

Unos 10 días antes de la recolección se realiza un riego al objeto de facilitar la dehiscencia del fruto.

La recolección comienza con la vibración de los árboles, generalmente al tronco (shaker) o a las ramas (knocker). Las almendras caídas al suelo permanecen ahí unos 8-10 días donde se secan.

Seguidamente, se procede al hilerado de las almendras (sweeper) que comprende las operaciones de barrido y amontonado.

Finalmente se procede al aspirado de las mismas (pick up) con su depósito en containers.

Como se ve, en este sistema es fundamental el acondicionamiento del suelo, cambiando totalmente los hábitos de cultivos de la especie. Ello requiere el despedregado, aplanado y compactado del suelo, que a su vez debe tratarse con herbicidas.

En este sentido parece ser que está dando buenos resultados el glisofato, herbicida de postemergencia no residual y no selectivo, caracterizado por su alta actividad, amplio campo de acción y capacidad de control de órganos de reproducción subterránea. Su selectividad se consigue con su ampliación localizada.

En la actualidad, estos equipos no están difundidos para la recolección del almendro, por lo que no se puede evaluar su eficacia.

B. EVOLUCIÓN RECOLECCIÓN PARQUE MAQUINARIA

Al principio, la técnica de derribo de la almendra era manual mediante vareo con cañas. La recolección se realizaba de manera manual también, en este caso mediante lonas que iban almacenando la almendra para, posteriormente, descargarlas al remolque. El traslado de las lonas hasta el remolque se ejecutaba mediante el arrastre de las mismas. Por lo que se refiere al pelado del fruto, éste se realizaba de forma mecánica mediante despellejadora eléctrica. Las almendras que se encontraban en el remolque se introducen en esta máquina para extraer la piel y dejarla únicamente con la corteza para su posterior venta.



Figuras 40 y 41. Derribo, recogida y pelado

Con el paso del tiempo, la mecanización iba introduciéndose en la agricultura también, y empezaron a surgir los primeros paraguas, los cuales se acoplaban al tractor y manualmente se abrían para abarcar el tronco y cubrir la zona de caída de la almendra, que caía mediante vareo, como en el caso anterior. Una vez recolectadas, la almendra quedaba almacenada en dicho paraguas para, posteriormente, introducirlas en la máquina peladora, del mismo modo que en el procedimiento anterior. Así pues, realizando un resumen de dicho proceso: el derribo era manual mediante vareo, la recogida era manual mediante paraguas que se abrían y cerraban por el propio operario y el pelado era mecánico mediante despellejadora eléctrica.



Figuras 42 y 43. Recogida y pelado

Actualmente, el método de recolección de almendra, se realiza mediante un vibrador de tronco trasero, que abarca el tronco del árbol y cubre la zona de caída de la almendra. Así pues, el derribo es mecánico mediante vibrado, y la recogida también es mecánica mediante la apertura automática de un abanico. Además, incorpora la máquina peladora en el sistema, que automáticamente permite que la almendra se recoja preparada para su venta.



Figuras 44, 45 y 46. Derribo, recogida y pelado

B.1. EVOLUCIÓN DE RIESGOS

Los riesgos más relevantes del **derribo manual mediante vareo** eran los sobreesfuerzos por la robustez y peso de la vara, las posturas inadecuadas del cuello y la zona lumbar y los movimientos repetitivos al varear; así como el golpeo en zonas sensibles como la cabeza o los ojos por las almendras desprendidas o con la propia vara.

En cuanto a **la recogida manual mediante lonas**, los riesgos más relevantes eran los sobreesfuerzos, ya que había que arrastrar las lonas cargadas de almendras y transvasarlas a sacos, para posteriormente cargarlas en un remolque y transportarlas; así como las caídas al mismo nivel, por tener que caminar con la carga en terrenos poco estables.

Por lo que se refiere al **pelado mecánico mediante despellejadora eléctrica**, los riesgos más significativos eran el sobreesfuerzo, como en los dos casos anteriores, por tener que descargar los sacos en la misma; así como el atrapamiento de miembros del cuerpo con los rodillos mediante el cual ésta funciona al realizarse operaciones de desatasque, ya que son muy frecuentes los atascos en el mismo por ramas o piedras que se encuentran en los sacos de almendras al recolectarse.

Con el paso del tiempo, como se ha comentado anteriormente, la mecanización ha ido introduciéndose en la agricultura. Así pues, en el caso del derribo manual mediante vareo, la **recogida manual mediante paraguas** y el pelado mecánico mediante despellejadora eléctrica; la única fase que cambia con respecto a la anterior es la de recogida, ya que en lugar de ser mediante lonas, se realiza con un abanico accionado por el propio operario. Esto mejora las condiciones ergonómicas, ya que los sobreesfuerzos que conllevaban las lonas se evitan mediante este sistema, que directamente caen las almendras al abanico y de éste se descargan al remolque.

El método de recolección actual, que es el que se va a analizar en este estudio, es mediante **vibrador de tronco trasero y pelado incorporado en el mismo sistema**. Éste ha significado una importante mejora en las condiciones laborales de los trabajadores, ya que se eliminan todos los riesgos por sobreesfuerzos; pero también ha contribuido a aumentar la gravedad de los accidentes relacionados con el manejo de estas máquinas, tal y como se estudiará más adelante.



B.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA MECANIZACIÓN

La aparición del vibrador, ha incorporado numerosas ventajas para la recolección de la almendra. Las más destacables son la disminución del número de personas y el ahorro de tiempo.

De un lado, la disminución del número de personas para realizar dicha labor, conlleva a un decrecimiento del número de personas expuestas a los riesgos que ésta recolección conlleva. Al realizarse la tarea desde el propio tractor, sin necesidad de bajar de él, se mejoran las posturas y se disminuyen los esfuerzos y, si el tractor está dotado de cabina, se disminuye el riesgo que ocasionan las condiciones climáticas adversas.

Por el contrario, aparecen nuevos riesgos, como es el incremento del nivel de ruido y la aparición de vibraciones, que aumentarán o disminuirán en función del tractor que se utilice.

Además, se mantiene el riesgo de atrapamiento y se aumenta el riesgo de vuelco, dado que el llevar un lastre, incrementa la probabilidad de que el tractor se desestabilice.

De otro lado, el ahorro del tiempo para realizar la recolección es claro, ya que es capaz de recolectar hasta 100 árboles en 1 hora.

En cambio, además del inconveniente de la aparición de nuevos riesgos, está el elevado coste de adquisición de las mismas. Además de la necesidad de una gran potencia del tractor, debido a su peso tan elevado.



APARTADO 4. REVISIÓN SOBRE NORMATIVA DE SEGURIDAD



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"





El marco normativo aplicable, de forma específica a la seguridad de las máquinas, se desarrolla en tres niveles:

- **Normativa de carácter internacional**
- **Normativa de la Unión Europea**
- **Normativa nacional**

Los tres niveles no tienen la misma importancia. Por un lado, la normativa de carácter internacional se presenta para poner de manifiesto que se trata de un problema global por el que deben preocuparse todos los estados. En cambio, el nivel más importante es el que desarrolla la normativa de la Unión Europea, ya que, por una parte trata de establecer las condiciones para lograr que el mercado único no se traduzca en un descenso del nivel de seguridad ofrecido por los productos y, por otra, establece unas medidas de carácter mínimo que deben cumplirse en todos los estados de la Unión Europea, garantizando que el progreso social no se realiza a costa de la salud de los trabajadores. Por último, la normativa de carácter nacional transpone al derecho interno los principios recogidos en la normativa Europea, si bien en el ámbito industrial de las instalaciones aún se mantiene una cierta independencia, por lo que es importante prestar atención al desarrollo de esta normativa, dado que establece los principios para la instalación, condiciones de puesta en marcha, inspecciones y revisiones que deben pasar aquellos equipos y/o instalaciones sujetas a control reglamentario.

4.1.- TRABAJADORES (AUTÓNOMO)

La mayoría de los trabajadores que dedican su actividad laboral a la agricultura son autónomos. Se entiende por trabajador autónomo o por cuenta propia a aquél que realiza de forma habitual, personal y directa una actividad económica a título lucrativo, sin sujeción por ella a contrato de trabajo y aunque utilice el servicio remunerado de otras personas.

La aprobación de la Ley de prevención de riesgos laborales, supuso un antes y un después en la forma de plantearse la protección de la salud de los trabajadores. Antes de la aprobación, la prevención de riesgos laborales consistía una actuación una vez se había producido el daño a la salud del trabajador. Sin embargo, tras la aprobación de la Ley de Prevención de riesgos laborales la prevención se plantea, de una forma más amplia, y no se limita a reparar el daño causado. Pretende controlar los factores de riesgos presentes en el entorno de trabajo, ya desde diseño del proyecto, antes de materializarse los daños a la salud, y por supuesto en todo el proceso productivo, consiguiendo que la prevención sea integral e integrada en todas las actividades y niveles jerárquicos de la empresa.

En cambio, la situación del trabajador autónomo en relación con la prevención de riesgos laborales sigue suscitando muchas dudas. Además, el trabajador autónomo, acumula otras preocupaciones en materia de prevención de riesgos laborales, entre ellas, las prestaciones sociales que percibe y que aseguren su supervivencia y la de su trabajo, en caso de sufrir un accidente de trabajo o enfermedad laboral. Así pues, hoy por hoy, el trabajador por cuenta propia o autónomo sin asalariados, se encuentra excluido de la Ley de Prevención de Riesgos



Laborales (salvo caso de coordinación de actividades empresariales) y por tanto, no dispone de derechos y obligaciones en materia de prevención de riesgos, desarrollando su actividad profesional sin una evaluación de riesgos de sus puestos de trabajo, formación en prevención, ni reconocimientos básicos de salud, etc...

Es importante que se realice un cambio en este aspecto ya que, atendiendo a datos objetivos, publicados por Eurostat para el IV trimestre del año 2014, refleja como España sigue siendo el quinto país europeo en número de autónomos sin asalariados, con 2.025.800, solo por detrás de Italia (3.739.300), Reino Unido (3.495.200), Alemania (2.431.000) y Polonia (2.239.400).

A continuación, se expone la normativa aplicable, de un lado al trabajador autónomo tras materializarse un accidente de trabajo (AT) o enfermedad profesional (EP) y de otro lado al trabajador autónomo antes de materializarse un accidente de trabajo o enfermedad profesional.

NORMATIVA POST-ACCIDENTE:

Decreto 2530/1970, de 20 de agosto, por el que se regula el régimen especial de la Seguridad Social de los trabajadores por cuenta propia o autónomos (RETA).

Real Decreto 43/1984, de 4 de enero, por el que se amplía la acción protectora de cobertura obligatoria en el RETA.

Pacto de Toledo, 6 abril 1995

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).

La LPRL sólo menciona de manera general al trabajador autónomo.

Artículo 3, establece el ámbito de aplicación. Puede concluirse que quedan incluidos dentro del ámbito de aplicación de la LPRL:

- El trabajador autónomo con asalariados o microempresa.
- El trabajador autónomo económicamente dependiente, si tenemos en cuenta la legislación básica vigente y normas de desarrollo como el RD 171/2004, sobre coordinación de actividades empresariales.
- El trabajador autónomo independiente con centro de trabajo permanente o sin él de forma indirecta, ya que del cumplimiento de la Ley pueden derivarse derechos y obligaciones para el citado autónomo independiente, tal como especifica el art 3 de la LPRL.

Art 24, obligaciones de prevención de riesgos laborales en materia de Coordinación de actividades empresariales. (Ver en el apartado A.3 "Supuestos en que los autónomos son objeto de medidas de prevención", situaciones en las que se puede encontrar un trabajador



autónomo, desde el punto de vista del cumplimiento de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.)

Real Decreto 1132/2002, de 31 de octubre, de desarrollo de determinados preceptos de la Ley 35/2002, de jubilación parcial.

Ley 53/2002, de 31 de diciembre.

Art 40.4, introduce las contingencias profesionales en el RETA

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

Ley 18/2007, de 4 de julio, por la que se procede a la integración de los trabajadores por cuenta propia del Régimen Especial Agrario de la Seguridad Social en el Régimen Especial de la Seguridad Social de los Trabajadores por Cuenta Propia o Autónomos.

Ley 20/2007, de 11 julio, Estatuto del Trabajo Autónomo.

El Estatuto del Trabajo Autónomo ha fijado las reglas para lograr la equiparación efectiva del trabajo autónomo respecto del trabajo por cuenta ajena, en materia de protección social.

Ley 32/2010, de 5 de agosto, por la que se establece un sistema específico de protección por cese de actividad de los trabajadores autónomos.

Real Decreto 1541/2011, de 31 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 32/2010, de 5 de agosto, por la que se establece un sistema específico de protección por cese de actividad de los trabajadores autónomos

Ley 27/2011, de 1 de agosto, sobre actualización, adecuación y modernización del sistema de Seguridad Social.

Real Decreto-ley 4/2013, de 22 de febrero, de medidas de apoyo al emprendedor y de estímulo del crecimiento y de la creación de empleo.

Real Decreto-ley 5/2013, de 15 de marzo, de medidas para favorecer la continuidad de la vida laboral de los trabajadores de mayor edad y promover el envejecimiento activo.

NORMATIVA PRE-ACCIDENTE:

Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Sólo menciona de manera general al trabajador autónomo. En realidad sólo aparece en los artículos donde se habla de la concertación de operaciones de seguro y la coordinación de actividades empresariales.

Ley 20/2007, de 11 julio, Estatuto del Trabajo Autónomo.

Artículo 8. Prevención de riesgos laborales



Se observa que la normativa existente para prevenir el accidente es mucho más escasa que la que se encuentra una vez producido el mismo. Así pues, se demuestra lo mencionado anteriormente, que la situación es similar a la existente antes de la entrada en vigor de la Ley de PRL

4.2.- MAQUINARIA AGRÍCOLA

A. CLASIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y REGISTRO:

Directiva 2003/37/CE, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas y forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos, por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE.

Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. Establece las definiciones y categorías de los vehículos, entre los que se incluyen los especiales agrícolas y regula el procedimiento para su matriculación, exigiendo la inscripción previa en el Registro Oficial de Maquinaria Agrícola (ROMA), regulado mediante la **Orden del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de 28 de mayo de 1987**, sobre inscripción de Máquinas Agrícolas en los Registros Oficiales.

Real Decreto 1013/2009, de 19 de junio, sobre caracterización y registro de maquinaria agrícola. Establece la normativa para caracterizar la maquinaria agrícola, especialmente en cuanto a la acreditación de su potencia y al equipamiento de dispositivos de seguridad, así como para regular las condiciones básicas para la inscripción de esta maquinaria en los Registros Oficiales de las Comunidades Autónomas. El Real Decreto es aplicable a los tractores agrícolas y otras máquinas, tal como se definen en el Reglamento General de Vehículos, Real Decreto 2822/1998.

Real Decreto 346/2012, de 10 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1013/2009, de 19 de junio, sobre caracterización y registro de la maquinaria agrícola.

B. HOMOLOGACIÓN (COMERCIALIZACIÓN):

Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, y sus modificaciones posteriores (que traspone al derecho interno español la Directiva 2003/37CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de mayo de 2003) por el que se dictan normas para la aplicación de determinadas directivas de la CEE, relativas a la homologación de tipos de vehículos automóviles, remolques y semirremolques, así como de partes y piezas de dichos vehículos.

Orden CTE/2780/2003, de 8 de octubre, por la que se actualizan los anexos I y II del Real Decreto 2028/1986 sobre las normas para la aplicación de determinadas directivas de la CE, relativas a la homologación de tipo de vehículos automóviles, remolques, semirremolques, motocicletas, ciclomotores y vehículos agrícolas, así como de partes y piezas de dichos vehículos.



Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.

Orden de 27 de julio de 1979 por la que se regula, técnicamente, el equipamiento de los tractores agrícolas con bastidores o cabinas oficialmente homologadas.

Resolución de 9 de Diciembre de 1983, de la Dirección General de Producción Agraria, que modifica la Orden 27-VII 1979

Resolución de 15 de enero de 1981 de la Dirección General de la Producción Agraria, por la que se desarrolla la Orden de 27 de julio de 1979.

Resolución de 21 de marzo de 1997, de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrícolas, por la que se actualiza el anexo 1 de la norma que establece la obligatoriedad de equipamiento de “estructuras de protección” en los tractores agrícolas.

Orden de 28 de enero de 1981 sobre la protección de los tractores con cabinas o bastidores de seguridad para caso de vuelco.

Resolución de 11 de Julio de 1984, de la Dirección General de Producción Agraria, sobre tipo de estructuras de protección de los tractores de cadenas y espacio mínimo de supervivencia (B.O.E. Nº 172).

Orden de 11 de Junio de 1984, de Presidencia, sobre homologación del sistema de frenado de los tractores.

Orden de 9 de Septiembre de 1993, del Ministerio de Interior, que determina la señalización luminosa de los tractores, maquinaria agrícola y demás vehículos especiales o de transportes especiales en circulación urbana e interurbana (B.O.E. Nº 223).

Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001, relativa a la seguridad general de los productos

RD 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

RD 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el RD 1435/1992, de 27 de noviembre.

C. SEGURIDAD VIAL:

Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

Real Decreto 2042/1994, de 14 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnicas de Vehículos.



Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación.

Orden CTE/3191/2002, de 5 de diciembre, por la que se tipifican nuevas reformas de importancia y se modifican los anexos I y II del Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación.

Arts. 106, 209, 232 y 308 del Código de Circulación (Mención explícita al tractor agrícola. Implícitamente, la totalidad del código).

D. SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO:

Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, junto con su modificación recogida en la Ley 54/2003, que establecen el marco normativo.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Transpone las Directivas 89/655/CEE y 95/63/CEE.

RD 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el RD 1215/1992, de 18 de julio.

Directiva 2001/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización de los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo.

E. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Real decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo (Directiva Marco). Establece las disposiciones que en todo caso se han de aplicar con fines fundamentalmente de prevención y protección, cualquiera que sea la actividad que se desarrolle.



4.3.- DEFINICIONES EN MATERIA DE SEGURIDAD EN MÁQUINAS

MÁQUINA:

- **Según la R.A.E:** conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía, transformarla y restituirla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado. Así pues, las dos características que sirven para identificar una máquina son, por un lado, la transformación de la energía recibida en otra que resulte útil para la aplicación prevista, y por otro, la utilidad del efecto producido. En relación con estos últimos, los que resultan útiles son:
 - La modificación de la intensidad, dirección o sentido de las fuerzas.
 - La modificación, deformación o transformación de los materiales sobre los que actúa la máquina.
 - La manipulación, elevación o transporte de objetos.

- **Según RD 56/1995:** Un conjunto de piezas u órganos unidos entre sí, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, u otros, asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento y acondicionamiento de un material.

También se considerará como máquina un conjunto de máquinas que, para llegar a un mismo resultado, estén dispuestas y accionadas para funcionar solidariamente.

Se considerará igualmente como máquina un equipo intercambiable que modifique la función de una máquina, que se ponga en el mercado con objeto de que el operador lo acople a una máquina, a una serie de máquinas diferentes o a un tractor, siempre que este equipo no sea una pieza de recambio o una herramienta.

SEGURIDAD DE UNA MÁQUINA:

Aptitud de la misma para desempeñar su función, para ser transportada, instalada, ajustada, mantenida, reparada, desmantelada y retirada en las condiciones de uso previsto, especificadas en el manual de instrucciones sin causar lesiones o daños a la salud. Cabe destacar que las condiciones de seguridad deben tenerse en cuenta en todas las fases de la vida de una máquina. Es decir, durante la fabricación, el transporte y la puesta en servicio (tanto el montaje y la instalación, como el ajuste de la misma), la utilización (éste incluye la programación, funcionamiento, limpieza, localización de averías y mantenimiento) y la puesta fuera de servicio, desmontaje y retirada.

Es importante tener en cuenta que las máquinas deben usarse siempre según su uso previsto, es decir, según el uso para el que está destinada dicha máquina, de acuerdo con las indicaciones dadas por el fabricante o el que se considere usual de acuerdo con su diseño, su ejecución y su modo de funcionamiento. Dichas indicaciones que proporciona el fabricante, se

recogen en el manual de instrucciones. Este documento juega un papel primordial en la seguridad ofrecida por las máquinas.

PRODUCTO SEGURO:

Tal y como indica la Directiva 2001/95/CE, por producto seguro se entiende por cualquier producto que, en condiciones de utilización normales, no presente riesgo alguno o, únicamente riesgos mínimos, compatibles con el uso del producto y considerados admisibles dentro del respeto de un nivel elevado de protección de la salud y de la seguridad de las personas.

SEGURIDAD EN EL PRODUCTO:

Según la Directiva 2001/95/CE, la seguridad en el producto se extiende para abarcar los procedimientos necesarios que garantizan la puesta en el mercado únicamente de productos seguros. Entre estos procedimientos se encuentran tanto la declaración de conformidad, como el marcado CE.

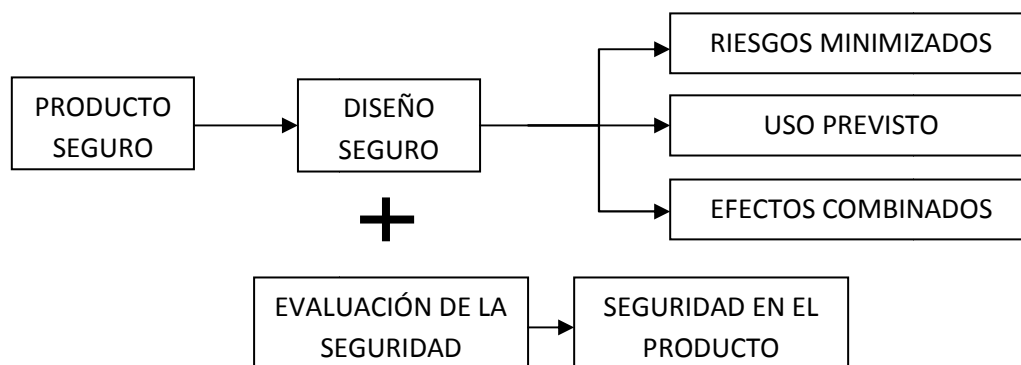


Figura 47. Relación entre producto seguro y seguridad en el producto.

DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD:

Es el documento, logrado mediante la aplicación de los procedimientos establecidos en las Directivas aplicables al producto, que acredita que el producto satisface los requisitos esenciales de las Directivas aplicables.

MARCADO CE:

Representa la conformidad del producto con todas las obligaciones que incumben a los fabricantes, en relación con el cumplimiento de todas las disposiciones aplicables y, que ha sido objeto de los procedimientos pertinentes de evaluación de la conformidad.

CONDICIÓN DE TRABAJO:

Cualquier característica del trabajo que pueda tener una influencia significativa en la generación del riesgo para la seguridad y la salud del trabajador. Siendo las condiciones de

trabajo, los factores que influyen en la generación de riesgos en los puestos de trabajo. Así pues, este concepto se podría resumir:

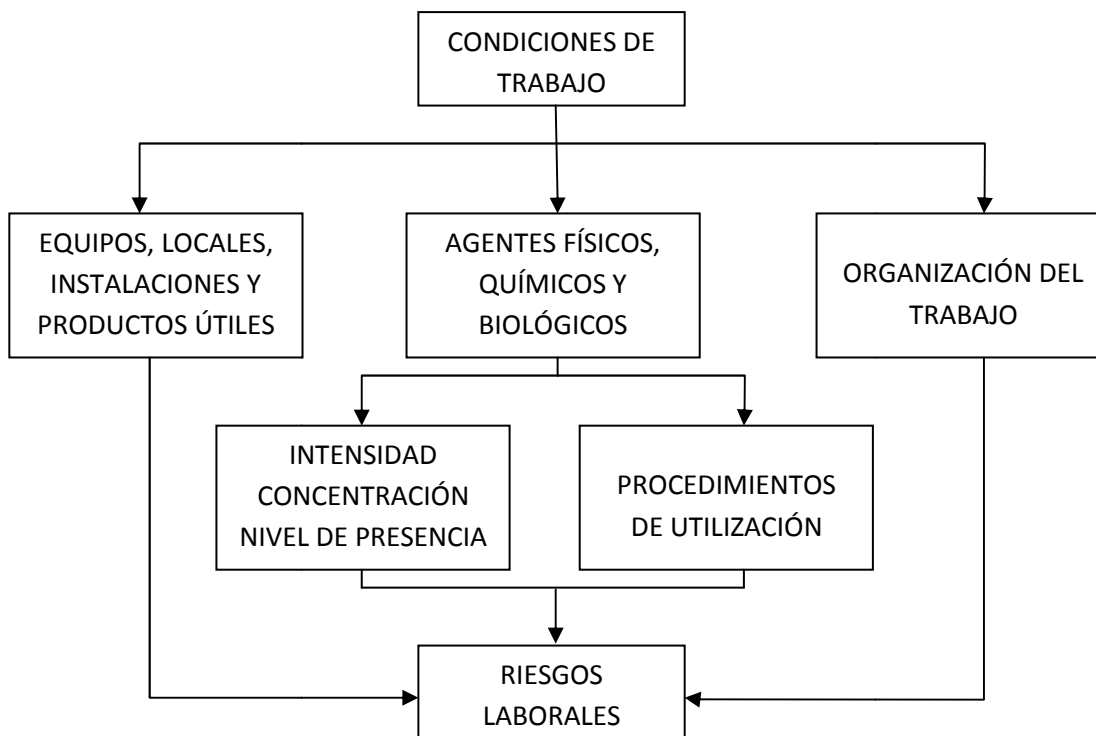


Figura 48. Concepto de condición de trabajo.

Hay dos condiciones básicas que deben cumplir los equipos de trabajo, éstas son la de adecuación y adaptación.

ADECUACIÓN:

Que el equipo de trabajo sea apropiado para las condiciones, circunstancias y objeto del trabajo a realizar.

ADAPTACIÓN:

Que el equipo de trabajo pueda realizar el trabajo según el uso previsto por parte del fabricante del mismo. Así pues:

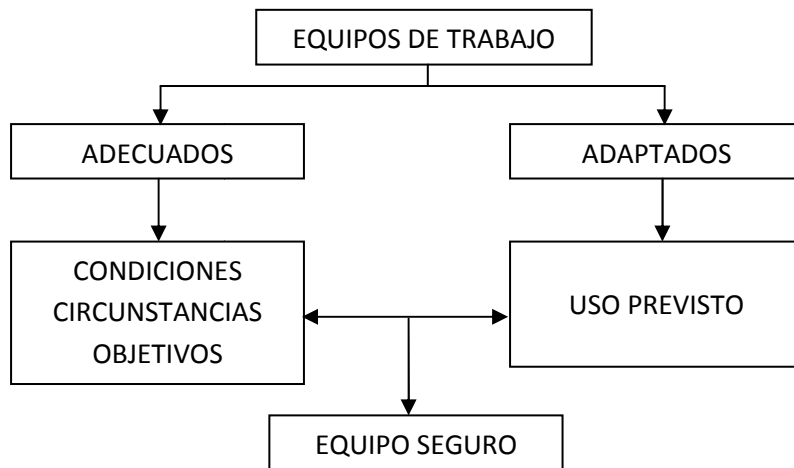


Figura 49. Equipos de trabajo.

SITUACIÓN PELIGROSA:

Toda circunstancia en la que una o varias personas están expuestas al menos a un peligro. La exposición a dicha situación puede dar lugar a un daño de forma inmediata o después de un período de tiempo. Particularizándose en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, el primero de ellos tiene relación con el concepto técnico de accidente de trabajo. Del mismo modo el segundo de ellos, hace referencia a al concepto de enfermedad derivada del trabajo.

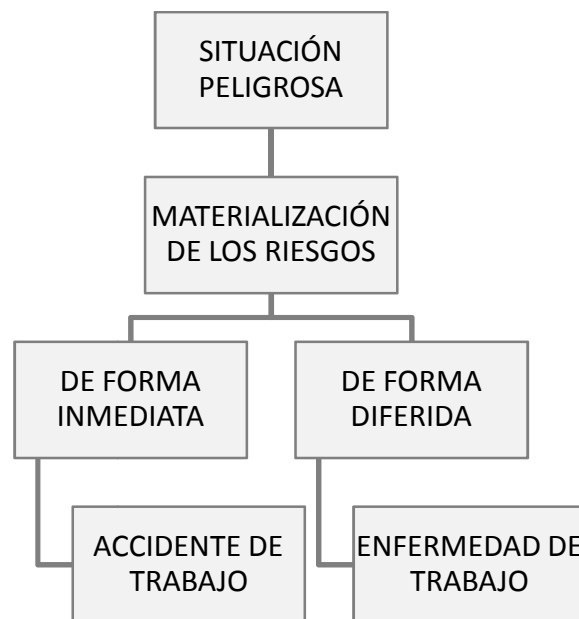


Figura 50. Situación peligrosa.

ZONA PELIGROSA:

Todo espacio dentro y/o alrededor de una máquina en el cual una persona puede estar expuesta a un peligro. Es decir, todo usuario que se encuentre en una zona peligrosa, origina una situación peligrosa. Añadiendo este concepto al esquema anterior, quedaría de la siguiente forma:

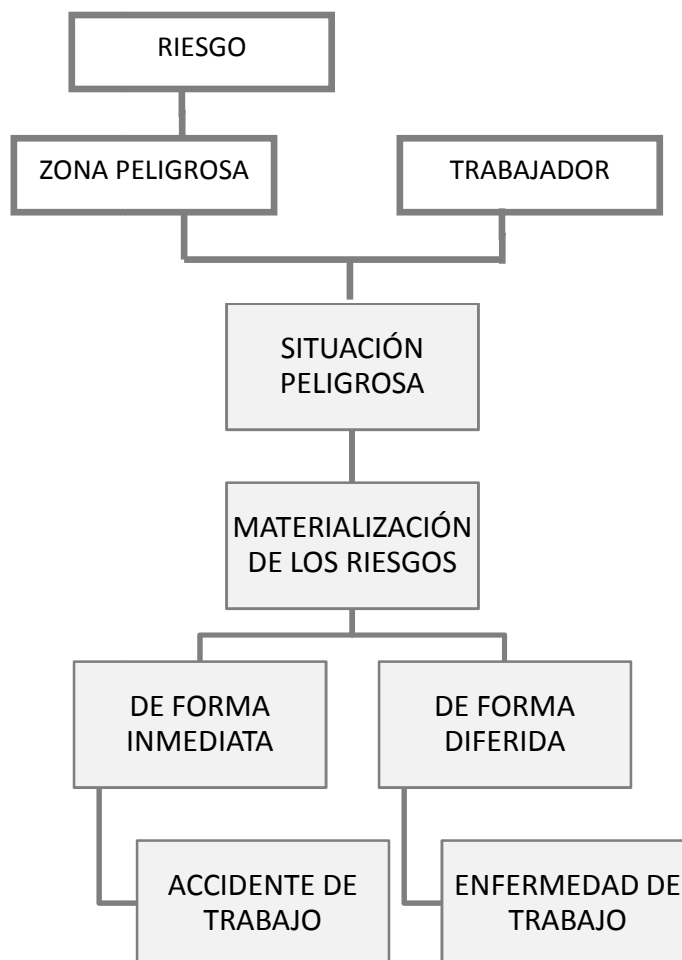


Figura 51. Zona peligrosa.

PELIGRO:

- Según Ley 21/1992, de 16 de julio, Ley de Industria. Peligro es toda condición intrínseca de instalaciones, equipos, materiales, procesos de trabajo, organización o circunstancias que encierran un potencial de daño.
- Según Norma UNE EN ISO 12100-1:2003, se define peligro como toda fuente posible de daño. Dicha situación peligrosa puede ser permanente durante el uso previsto de la máquina o imprevisto, como consecuencia de un fenómeno inesperado.

RIESGO:

Según la norma UNE EN 12100-1:2003, riesgo es la combinación de probabilidad de que se produzca un daño y de la gravedad de dicho daño. Esto podría resumirse de la siguiente manera:

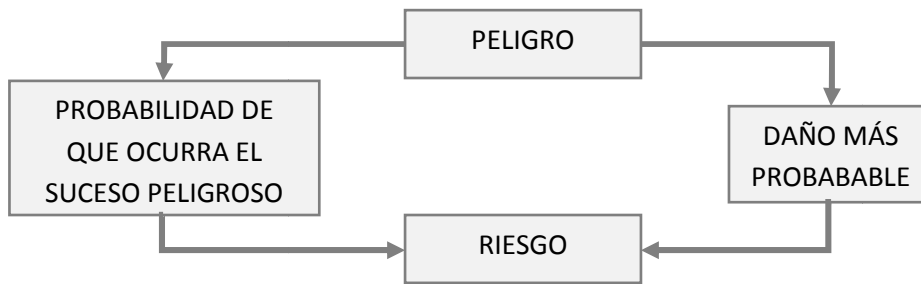


Figura 52. Riesgo.

EVALUACIÓN DE RIESGOS:

Análisis de las situaciones que pueden dar lugar a daños a los trabajadores. Es el proceso más importante que debe realizarse para garantizar la seguridad de las máquinas. Hace referencia tanto al fabricante (referente a la comercialización del producto), como al empresario (referente a la seguridad en el uso).

Teniendo en cuenta las definiciones de peligro y riesgos, se define evaluación del riesgo, según la norma **UNE EN 12100-1:2003**, como todo proceso que comprende el análisis y la valoración de los riesgos. Siendo el análisis del riesgo, la combinación de la especificación de los límites de la máquina, la identificación del peligro y la estimación del riesgo. La valoración del riesgo sería juzgar, conforme al resultado del análisis, si los objetivos de reducción del riesgo se han alcanzado.

Según el **RD 39/1997**, evaluación de riesgos sería el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

Así pues, para la evaluación de los riesgos se sigue el proceso que se muestra a continuación: Se debe realizar un análisis del riesgo mediante el cual se identifica el peligro y se estima el riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro. A modo resumen del procedimiento, se muestra el siguiente esquema:

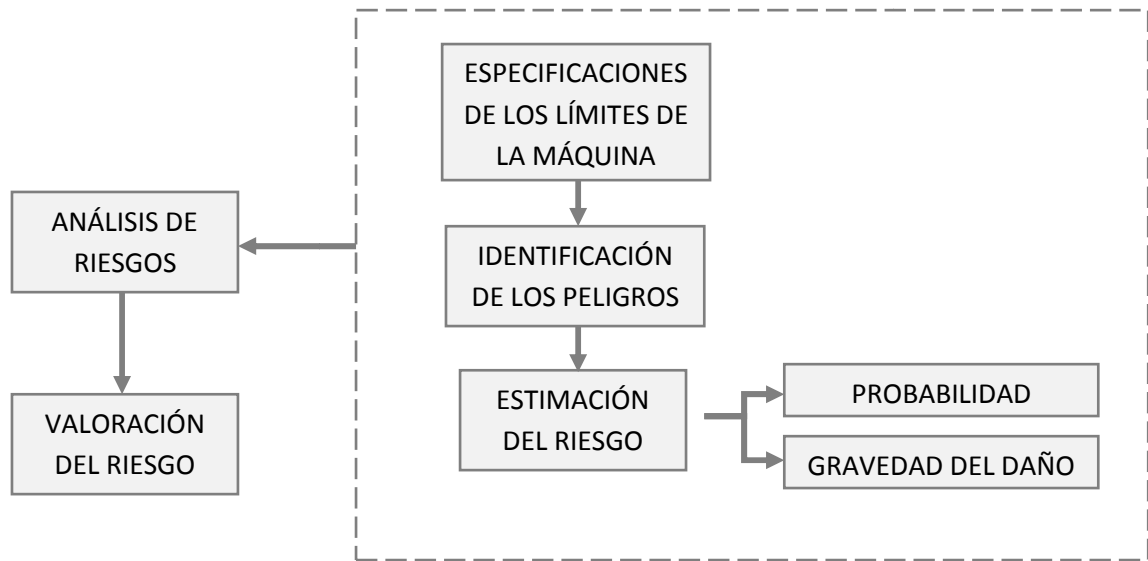


Figura 53. Evaluación de los riesgos.

Para conseguir que una máquina sea segura, se puede actuar de tres formas:

- Eliminación.
- Aplicación de medidas de prevención intrínsecas.
- Incorporación de medidas de protección.

Tras todo lo mencionado hasta ahora, a modo de resumen de la normativa aplicable a las máquinas se tiene:

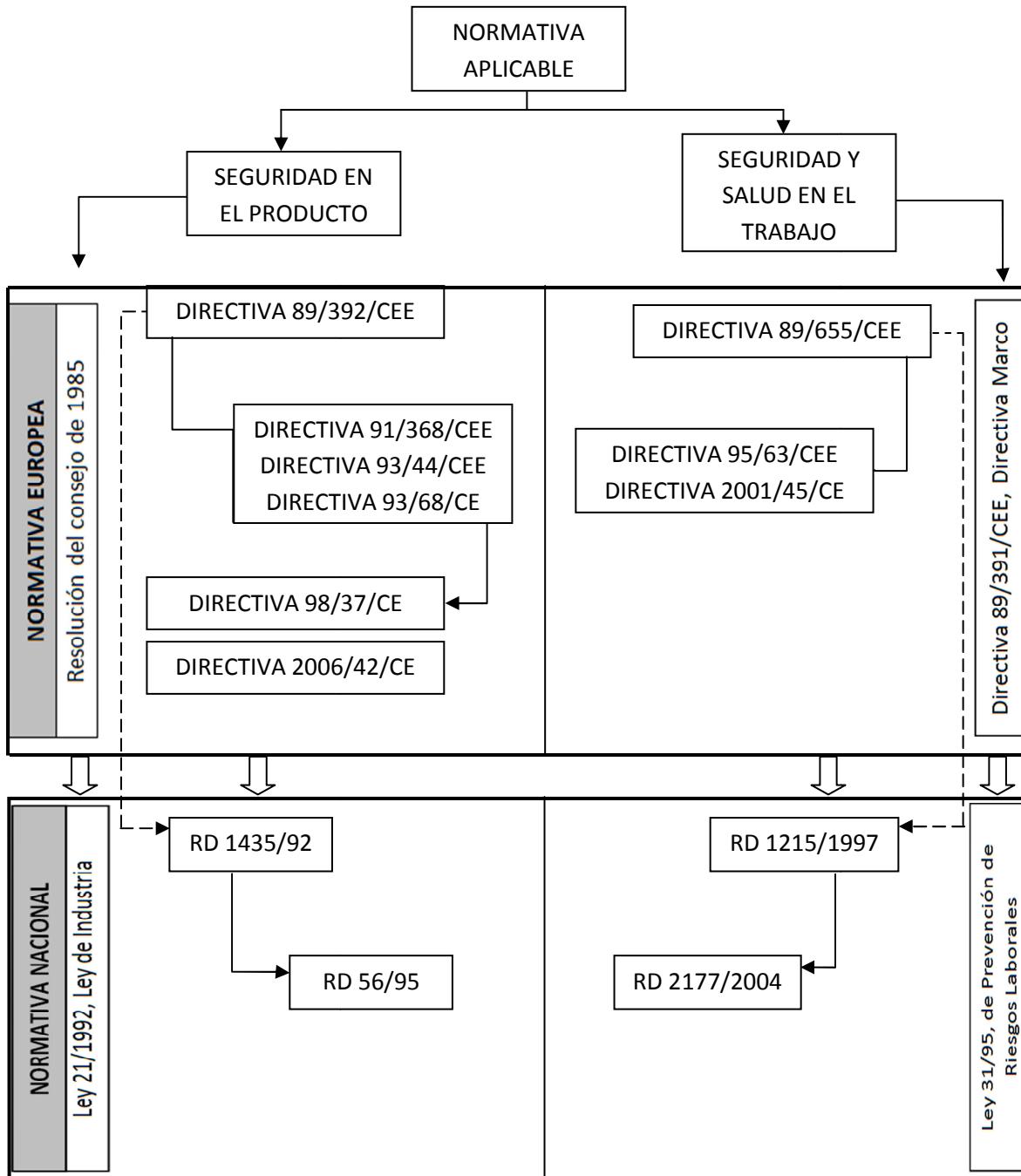


Figura 54. Resumen de normativa en máquinas.



APARTADO 5. PARQUE DE MAQUINARIA



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
"Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra.
Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco"



5.1.- CONDICIONES AMBIENTALES.

La Mancomunidad de La Serranía posee un clima mediterráneo, con influencias continentales. La temperatura se reduce notablemente con respecto a la franja litoral, aumenta la oscilación térmica y la formación de heladas invernales y disminuye la sequía estival. Por tanto, el clima se caracteriza por ser moderadamente cálido, seco y de inviernos fríos (rebasando el límite de los 0°C)

Algunos datos climatológicos importantes son los que se citan a continuación:

Tabla 11. Datos climatológicos.

Temperatura media (°C)	12
Precipitación anual (mm)	577
Vientos dominantes	NW en otoño-invierno y SE en verano-primavera
Período de heladas probables	Octubre-Mayo
Período de heladas segura	Diciembre-Enero
Período sequía	Mitad de Junio a mitad de Septiembre

Analizando la base de datos de precipitaciones del Instituto Nacional de Meteorología, se observa que en los últimos diez años, la precipitación se ha reducido un 10 % aproximadamente.

Tanto la escasez de lluvia, como las fuertes heladas, son hechos que influirán notoriamente en las cosechas y en la recolección de las mismas.

5.2.- DESCRIPCIÓN (ANÁLISIS) PARQUE MAQUINARIA.

En primer lugar, hay que destacar que los agricultores no son monocultivistas; es decir, no se dedican a la explotación de un solo cultivo y por tanto, el parque de maquinaria que se va a analizar, se dedica al cultivo y recolección del almendro, así como también al de la vid y el cereal.

Dicho parque cuenta con 3 tres tractores, es decir, 3 vehículos porta-útiles a los cuales se les va a añadir una numerosa cantidad de aperos que se van a ir estudiando a continuación. Todos ellos están relacionados mayormente con el cultivo y recolección del almendro y el cereal (la cebada), ya que la vid está muy poco mecanizada en dicha zona, y se disponen de pocas parcelas de cultivo de la misma.



La maquinaria a estudiar a lo largo de todo este estudio es para tratar la tierra que se posee, en concreto, 20 hectáreas de almendros, 10 hectáreas de cereal y tan solo 2 hectáreas de vid.

Así pues, se va a comenzar a describir el tipo de tractores que se encuentran en el parque objeto de estudio.

Por definición, tractor es la máquina automotriz de ruedas, cadenas, bandas de goma o mixta, construida especialmente para arrastrar, empujar, llevar y accionar cualquier máquina o apero destinado a los trabajos agrícolas. Es decir, el tractor es la unidad motriz que se encarga de suministrar potencia a los aperos y máquinas agrícolas accionados. Dicha potencia mecánica generada en el motor del tractor, se transmite a la máquina arrastrada mediante un esfuerzo de tracción que le permite desplazarse a una determinada velocidad, por un eje en rotación normalizado (toma de fuerza), o mediante un caudal de aceite para accionamiento de receptores (motores y cilindros hidráulicos) instalados en las máquinas (potencia hidráulica).

Dado que las explotaciones agrarias presentan tipologías radicalmente diferentes, existen una amplia variedad de tractores distintos para atender a las diversas necesidades. En el caso objeto de estudio, se trata de tractores de neumáticos agrícolas típicos.

A continuación, se van a detallar las características técnicas y de seguridad de los tres tractores, así como los principales riesgos de los mismos. Tras esto, se pasarán a estudiar los aperos utilizados tanto para la producción de la almendra como la del cereal, que son las principales actividades en el parque a estudiar.

Se cuentan con dos tractores de la marca John Deere (modelo 2030 y modelo 6230 4WD) y uno de la marca Landini. Las características técnicas de los mismos son:



Figura 55. Tractor John Deere 2030.

Tabla 12. Características técnicas John Deere 2030.

MODELO	2030		
SERIE	043786CE		
MARCA	JOHN DEERE		
AÑO FABRICACIÓN	1981		
MOTOR			
MARCA	JOHN DEERE		
TIPO	D/4219		
NÚMERO CILINDROS/CILINDRADA	4/3593.54		
POTENCIA FISCAL	18.93 CV		
POTENCIA NOMINAL	50.05/68		
NEUMÁTICOS			
DELANTEROS		TRASEROS	
Nº	2	Nº	2
MÍN.	7, 5-16	MÍN.	16, 9-30
MÁX.	7, 5-16	MÁX.	16, 9-38
PESO		DIMENSIONES	
PESO EN VACÍO	2540 kg	ACHURA MÁXIMA	2350 mm
PMA	4840 kg	LONGITUD MÁXIMA	3856 mm
PMA 1º E	1180 kg	ALTURA MÁXIMA	2260 mm
PMA 2º E	3660 kg		
OTRAS CARACTERÍSTICAS			
PLAZAS	1		
VELOCIDAD MÁXIMA	32.5 km/h		



Figura 56. Tractor Landini DT85FP.

Tabla 13. Características técnicas Landini DT85FP.

MODELO		DT85FP	
SERIE		7100F19313	
MARCA		LANDINI	
AÑO FABRICACIÓN		1997	
MOTOR			
MARCA		PERKINS	
TIPO		LF 31240	
NÚMERO CILINDROS/CILINDRADA		4/4078CC	
POTENCIA FISCAL		19.77 CV	
POTENCIA NOMINAL		55/75	
NEUMÁTICOS			
DELANTEROS		TRASEROS	
Nº	2	Nº	2
MÍN.	6, 50-16	MÍN.	14,9R24
MÁX.	9, 50-20	MÁX.	420/70R28
PESO		DIMENSIONES	
PESO EN VACÍO	2800 kg	ACHURA MÁXIMA	2128mm
PMA	5328 kg	LONGITUD MÁXIMA	3910mm
PMA 1º E	2448 kg	ALTURA MÁXIMA	2275mm
PMA 2º E	2880 kg		
OTRAS CARACTERÍSTICAS			
PLAZAS		1	
VELOCIDAD MÁXIMA		39.47 km/h	



Figura 57. Tractor John Deere 6230 4WD.

Tabla 14. Características técnicas John Deere 6230 4WD.

MODELO		6230 4WD	
SERIE		L06230G660027	
MARCA		JOHN DEERE	
AÑO FABRICACIÓN		2011	
MOTOR			
MARCA		JOHN DEERE	
TIPO		(D)4045HL287	
NÚMERO CILINDROS/CILINDRADA		4/4525	
POTENCIA FISCAL		21.74 CV	
POTENCIA NOMINAL		70 KW/95 CV	
NEUMÁTICOS			
DELANTEROS		TRASEROS	
Nº	2	Nº	2
MÍN.	14,9R24	MÍN.	18,4R34
MÁX.	380/85R24	MÁX.	460/85R34
PESO		DIMENSIONES	
PESO EN VACÍO	5200 kg	ACHURA MÁXIMA	2550 mm
PMA	7600 kg	LONGITUD MÁXIMA	4725 mm
PMA 1º E	3700 kg	ALTURA MÁXIMA	2735 mm
PMA 2º E	5600 kg		
OTRAS CARACTERÍSTICAS			
PLAZAS		2	
VELOCIDAD MÁXIMA		40 km/h	

5.3.- APLICACIÓN DE LA NORMATIVA AL PARQUE

Tabla 15. Aplicación y cumplimiento de la normativa al parque de maquinaria.

	JOHN DEERE (AÑO 1981)	LANDINI (AÑO 1997)	JOHN DEERE (AÑO 2011)
CABINA	<p>El Real Decreto 1013/2009 establece que los tractores de más de 600 kg de masa en vacío deben disponer de un bastidor o cabina oficialmente homologados para reducir los daños al conductor en caso de vuelco, de acuerdo con la Directiva 2003/37/CE. Además, el equipamiento de estas estructuras de seguridad se realizará de acuerdo con la Orden de 27 de julio de 1979 por la que se regula, técnicamente, el equipamiento de los tractores agrícolas con bastidores o cabinas oficialmente homologadas. En el anexo I del Real Decreto 1013/2010 se indican los códigos OCDE y las directivas en las que se establecen los ensayos preferentes a los que han de ser sometidas las estructuras de protección homologadas.</p>		
	<p>NO DISPONE DE CABINA NI BASTIDOR</p>	<p>DISPONE DE CABINA MÓVIL Y BASTIDOR</p> <p>Marca: Landini Modelo: ARS 5/A Nº Serie: F19313</p>  <p>Figura 58. Cabina Landini.</p>	<p>DISPONE DE CABINA FIJA</p> <p>Marca: John Deere Modelo: CG-018 Nº Serie: CGCG18725012</p>  <p>Figura 59. Cabina John Deere.</p>



ITV	<p>Tal como establece el artículo 6 del Real Decreto 2042/1994, de 14 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos, la inspección técnica de los tractores agrícolas se hará de acuerdo con la siguiente frecuencia según la antigüedad del vehículo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasta ocho años: exento - De ocho a dieciséis años: bienal - De más de dieciséis años: anual 		
	ANUAL	ANUAL	EXENTO
CINTURÓN DE SEGURIDAD	<p>Respecto a los cinturones de seguridad, en la Directiva 2003/37/CE existen requisitos de homologación para los anclajes de los cinturones y para el propio cinturón de seguridad.</p> <p>En lo que se refiere a los anclajes, para los tractores de las categorías T1, T2, T3, el número mínimo de puntos de anclaje requerido es de dos, tal como se establece en el anexo I, apéndice I, de la Directiva 76/115/CEE para los asientos centrales orientados en sentido de la marcha.</p> <p>En cuanto al cinturón de seguridad en sí mismo, a fecha actual, la Directiva 2003/37/CE únicamente determina directivas parciales para algunas categorías de tractores, pero no para todas, en cuyo caso no es obligatorio para la homologación que el tractor disponga de cinturón de seguridad, aunque sí de los mencionados puntos de anclaje.</p>		
	NO DISPONE DE CINTURÓN DE SEGURIDAD	NO DISPONE DE CINTURÓN DE SEGURIDAD	DISPONE DE CINTURÓN DE SEGURIDAD
REGISTRO	<p>En el capítulo III del Real Decreto 1013/2009 se establece que todos los tractores se deben inscribir en los Registros Oficiales de Maquinaria Agrícola (ROMA) de las comunidades autónomas a fin de disponer, al menos, de la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificación y características de los titulares de las - máquinas - Identificación, tipología y características de la maquinaria - Localidad donde radica la parte principal de la explotación 		



<p style="text-align: center;">SEGURIDAD VIAL</p>	<p>Para que los tractores agrícolas de ruedas puedan circular por vías públicas, en principio bastaría con que dispongan de la homologación de tipo nacional o CE, estén inscritos en los Registros Oficiales de Maquinaria Agrícolas y estén matriculados. Además, existe la obligación de cumplir el código de Circulación al pie de la letra en todos sus mandatos siempre que el tractor circule por viales rodados.</p>		
<p style="text-align: center;">HOMOLOGACIÓN CE</p>	<p>En cuanto a los aspectos técnicos que han de cumplir los tractores para obtener la homologación de tipo CE, en el del anexo I del Real Decreto 2028/1986 se indican las directivas que se aplican a los distintos aspectos o elementos de los tractores agrícolas. En concreto, en dicho anexo se indica que para la obtención de la homologación de tipo CE será necesario cumplir con toda la reglamentación parcial indicada en el capítulo B del anexo II de la Directiva 2003/37/CE. Los requisitos establecidos por dichas directivas parciales están relacionados, entre otros, con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Masa máxima en carga - Placa de matrícula - Depósito de carburante - Masas de lastre - Avisador acústico - Nivel sonoro (externo) - Velocidad máxima - Retrovisores - Campo de visión y limpiaparabrisas - Frenado - Asientos de acompañantes - Protección en caso de vuelco - Asiento del conductor - Etc. 		
	<p style="text-align: center;">NO POSEE HOMOLOGACIÓN CE</p>	<p style="text-align: center;">NO POSEE HOMOLOGACIÓN CE</p>	<p style="text-align: center;">POSEE HOMOLOGACIÓN CE</p>

5.4.- ESTUDIO DE LOS RIESGOS MÁS SIGNIFICATIVOS DEL TRACTOR

Tras ésta breve introducción, se va a proceder a mencionar los riesgos más significativos de dichas máquinas porta-útiles:

- a) Riesgo de vuelco.
- b) Riesgo de atrapamiento.
- c) Riesgos derivados del mantenimiento del tractor.
- d) Riesgo de caídas.
- e) Proyección de fragmentos y partículas.
- f) Riesgo de choque y atropello.
- g) Riesgo de ruido, vibraciones y posturas inadecuadas.
- h) Riesgo de quemaduras e incendios.
- i) Riesgo de inhalación de sustancias tóxicas, polvo y sustancia alergénicas
- j) Riesgo de accidente de tráfico

A continuación, se va a explicar con más detalle cada uno de ellos:

A. RIESGO DE VUELCO:

Debido a que el tractor va a desarrollar la mayoría de su trabajo en acciones de tracción fuera de rutas asfaltadas, en un medio tan heterogéneo como es el campo, la pérdida de estabilidad es el principal riesgo y el más importante por la gravedad de las lesiones que puede suponer.

- VUELCO LATERAL:

El vuelco lateral supone casi el 90% de los casos de vuelco. Este se produce debido a que la estabilidad del tractor depende de la posición de su centro de gravedad. Esta estabilidad es mayor cuando la distancia del centro de gravedad al suelo es menor y, cuanto mayor sea la distancia entre las ruedas de un mismo eje. El vuelco se origina por un desplazamiento de la proyección del centro de gravedad que provoca la pérdida de estabilidad y como consecuencia, el vuelco.

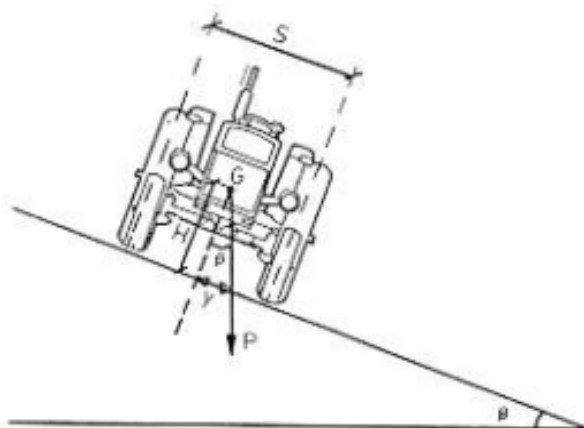


Figura 60. Vuelco lateral.

El vuelco lateral se produce cuando:

$$H \cdot P \cdot \sin \beta - S/2 \cdot P \cdot \cos \beta \geq 0$$

Es decir, $\tan \beta \geq S/2H$

Tabla 16. Variables vuelco lateral.

VARIABLES ENDÓGENAS	
S	Ancho de vía
H	Altura del centro de gravedad
P	Masa del tractor
β	Pendiente del terreno
Y	Distancia definida sobre la superficie de rodadura por el ángulo que forman la perpendicular a la superficie sobre la que se desplaza el tractor y la línea vertical que atraviese el centro de gravedad del tractor

Así pues, para mejorar la estabilidad lateral del tractor se debe:

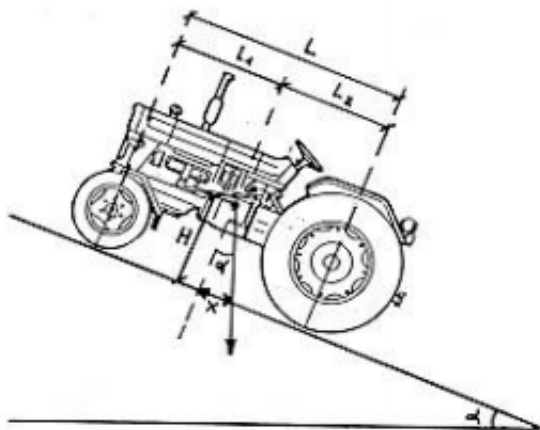
- Aumentar la anchura de vía (S)
- Disminuir la altura del c.d.g (H)

- VUELCO LONGITUDINAL:

El vuelco hacia atrás (empinamiento o encabritamiento), es un accidente mucho menos frecuente que el vuelco lateral, pero suele poseer un mayor porcentaje de consecuencias fatales, dado que el ángulo final de giro es, normalmente, mayor.

Este tipo de vuelco se produce al realizar trabajos de tracción. Una fuerza excesiva de tracción o aplicada sobre un punto de enganche mal colocado, determina un momento de vuelco con riesgo de accidente por “encabritamiento” del tractor. En otras ocasiones, este vuelco se produce por un ataque de frente de pendientes pronunciadas, que desplaza la proyección del centro de gravedad hacia atrás y como consecuencia el levantamiento de la parte anterior del tractor.

- Sin considerar el apero:



El vuelco hacia atrás se produce cuando:

$$H \cdot P \cdot \sin \alpha - L_2 \cdot P \cdot \cos \alpha \geq 0$$

Es decir, $\tan \alpha \geq L_2/H$

Figura 61. Vuelco longitudinal sin considerar apero.

Tabla 17. Variables vuelco longitudinal sin considerar apero.

VARIABLES	
L	Batalla
H	Altura del centro de gravedad
L ₂	Distancia del punto de apoyo de la rueda trasera a la proyección del cdg
P	Masa del tractor
α	Pendiente del terreno = Ángulo que forman la perpendicular a la superficie sobre la que se desplaza el tractor y la línea vertical que atraviese el centro de gravedad del tractor
X	Distancia definida sobre la superficie de rodadura por el ángulo que forman la perpendicular a la superficie sobre la que se desplaza el tractor y la línea vertical que atraviese el centro de gravedad del tractor

Así pues, la estabilidad depende de la posición del cdg (H y L₂). Ésta mejorará cuanto mayor sea el valor de L₂ y menor el de H

- **Considerando el apero:**

El tractor, como su nombre indica, realiza fundamentalmente trabajos de tracción (traslado y arrastre) y en este sentido hay que señalar que una fuerza de tracción excesiva o aplicada sobre un punto de enganche mal colocado, determina un momento de vuelco con riesgo de accidente por "encabritamiento" del tractor

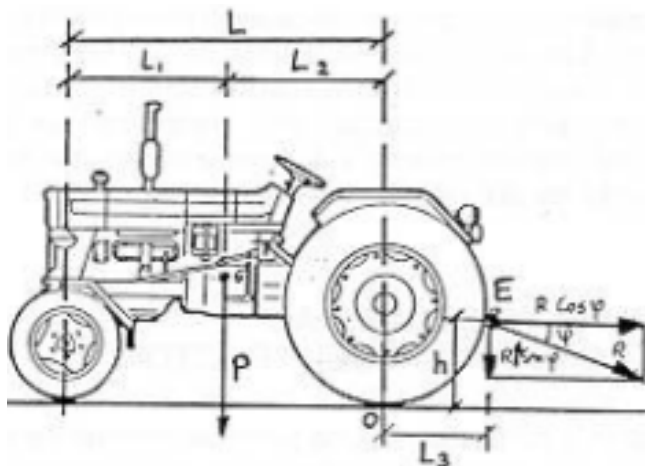


Figura 62. Vuelco longitudinal considerando apero.

El momento de vuelco hacia atrás con apero enganchado, se ve incrementado con

$$M_o = h R \cos \phi + L_3 R \sin \phi$$

Siendo, M_o el momento de vuelco que se origina respecto al punto de apoyo de las ruedas traseras (O), mediante la reacción R del apero aplicada al punto de enganche (E)

Tabla 18. Variables vuelco longitudinal considerando apero.

VARIABLES	
L	Batalla
L ₂	Distancia del punto de apoyo de la rueda trasera a la proyección del cdg
L ₃	Distancia del punto de apoyo de la rueda trasera al punto de enganche del apero
P	Masa del tractor
h	Altura del enganche del apero
E	Punto de enganche del apero
R	Esfuerzo de tiro
γ	Ángulo que forman la paralela a la superficie desde el punto de enganche y el esfuerzo de tiro

El riesgo de vuelco será menor al disminuir los valores de h, L₃ y R

Hasta ahora, las tres situaciones de vuelco que se han analizado hacen referencia a las condiciones estáticas de vuelco, es decir, cuando el tractor se halla parado. Si se analiza cuando el tractor se encuentra trabajando, a los procesos de vuelco con el tractor en movimiento, se añaden dos elementos a los ya citados. El deslizamiento y la fuerza de inercia. Los aspectos más relevantes que se derivan de ambos factores son los siguientes:

- Las condiciones de estabilidad disminuyen de manera significativa cuando una máquina está en movimiento.
- A igualdad de condiciones, a mayor velocidad, mayor riesgo de vuelco, tanto lateral como hacia atrás.
- A mayor rugosidad del terreno, y mejor agarre del sistema de rodaje, mayor estabilidad y menor riesgo de vuelco.
- A mayor número de puntos de tracción, mayor estabilidad. Por eso, un tractor trabajará siempre más seguro en ladera con las tracciones conectadas.

En todo proceso de vuelco intervienen diferentes elementos, como son el tractor, el conjunto tractor-apero y el tajo. Es la interacción del conjunto de dichos elementos la que determina que el vuelco se desencadene.

En primer lugar, en cuanto a los factores asociados al tractor, estos dependen del tipo de tractor. Existen modelos que, por diseño, son más inestables que otros. Además, los tractores de ruedas antiguas tienen menor anchura de eje, y son más inestables.

A la tipología del tractor, hay que añadirle la conducción del mismo y, cabe destacar que los giros bruscos de volante del tractor pueden provocar la pérdida de control sobre el mismo en trabajos en ladera, al pasar de estar en equilibrio estable a equilibrio inestable.



Figura 63. Vuelco tractor en movimiento.

En resumen, los factores propios del tractor que influyen en el vuelco son:

- Un ancho de vía de las ruedas estrecho.
- Una falta de lastrado en las ruedas.
- Un deficiente estado de las ruedas que le hagan perder adherencia al terreno y su capacidad de tracción.
- Deficiente estado de mantenimiento del tractor.

Por lo que se refiere a los factores asociados al conjunto tractor-apero, influyen la naturaleza de los aperos que porte y/o arrastre el tractor, la potencia y peso del modelo de tractor, y, sobre todo, la falta de proporcionalidad entre ambos elementos. Cuando en situaciones exigentes de trabajo, el apero es desproporcionado a la capacidad del tractor, éste provoca la pérdida de control del tractorista sobre el conjunto, que en la mayoría de los casos termina volcando.

Es decir, resumiendo los factores que influyen en el vuelco, relativos al conjunto tractor-apero, podrían ser:

- Colocación de aperos suspendidos al tractor.
- Falta de lastre o contrapesos delanteros ante la colocación de aperos.
- Enganche al tractor de la lanza del remolque en punto demasiado alto.

Por último, en cuanto a los factores asociados al tajo, entendiéndose por tajo al conjunto de características que definen la labor, o sea, la interacción entre la parcela (su pendiente, sinuosidad, pedregosidad, tipo de suelo) y el cultivo que soporta (tipo, vigor, estado fenológico...), los diferentes elementos de riesgo son los siguientes:

- La pendiente.

Es el principal elemento de riesgo, dado que en terreno llano no se produce vuelco. Al respecto, cabe destacar lo siguiente:

- A mayor pendiente, mayor riesgo de vuelco.

- Por encima del 20% el riesgo de vuelco en trabajos por curva de nivel es muy elevado para los tractores agrícolas.
 - Por encima del 45% el riesgo de deslizamiento, pérdida de control y vuelco es muy elevado para los tractores agrícolas trabajando por líneas de máxima pendiente.
 - Cuanto más irregular sea una parcela, mayor riesgo de vuelco.
- Bordes y lindes.



Figura 64. Pendiente.

Los accidentes topográficos que circunvalan la parcela o las irregularidades existentes en el seno de la misma, son agentes causantes de un elevado porcentaje de vuelcos. Hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Las paredes de las zanjas que drenan los laterales de las parcelas son inestables y poco consistentes. Con el peso del tractor se puede provocar su hundimiento y el consiguiente vuelco del mismo.
 - Los regachos que circulan por las zanjas van descalzando progresivamente los taludes, incrementando el riesgo de hundimiento.
 - Las zanjas pueden presentar un abundante recubrimiento de vegetación que impide observar las características del suelo en sus lindes, pudiendo ocultar irregularidades y oquedades.
- La morfología de la parcela



Figura 65. Borde.

Se hace referencia más que al perímetro de la parcela a otros aspectos relevantes de la misma. En situaciones de trabajo límite, pequeñas irregularidades como trancos o piedras pueden generar accidentes por vuelco.

Además, las parcelas de morfología convexa son más peligrosas que las cóncavas para los trabajos por curvas de nivel.

Del mismo modo, el estado de humedad del terreno posee una importancia decisiva en el agarre de las ruedas, y, en consecuencia, en el riesgo de vuelco. Es decir, cuanto más

húmedo esté el suelo menor adherencia, menor control sobre el vehículo y mayor riesgo de vuelco.

El tipo de cultivo también debe ser tenido en cuenta. A mayor recubrimiento del suelo por el cultivo, más riesgo de vuelco.

B. RIESGO DE ATRAPAMIENTO:

Los atrapamientos pueden ser producidos por la toma de fuerza, los ejes de transmisión o durante el enganche del remolque o de los aperos.

Cabe destacar que la toma de fuerza es un eje en rotación que transmite energía para el accionamiento de las máquinas acopladas al tractor, situado normalmente en la parte posterior del mismo. Además de este eje constituyen los componentes necesarios para dicho accionamiento, un árbol de transmisión articulado mediante juntas "cardan" para permitir el cambio de dirección y, un eje telescópico, denominado eje cardánico.



Figura 66. Toma de fuerza.

Centrándose en los aperos accionados por la toma de fuerza del tractor, se pueden producir contacto con los elementos móviles de la transmisión de potencia o con los elementos de trabajo. Los ejes acanalados y las juntas cardan pueden enganchar la ropa y atraer a la persona contra el eje, que gira a gran velocidad, causando graves heridas e incluso la muerte. Este atrapamiento puede producirse, siempre que la toma de fuerza esté accionada:

- Al subir o bajar del tractor por la parte posterior del mismo.
- Al pasar por encima de los elementos de la toma de fuerza.
- En las labores de mantenimiento de la toma de fuerza o próximo a ella.
- Cualquier otra operación que se realice próxima a la toma de fuerza.

C. RIESGOS DERIVADOS DEL MANTENIMIENTO DEL TRACTOR

Muchos accidentes se producen al efectuar reparaciones rápidas y durante el mantenimiento.

D. RIESGO DE CAÍDAS

Se suelen producir al subir, y sobre todo al bajar del tractor. Es el segundo accidente en importancia, por el número y la gravedad de los mismos.

Por sus características, el tractor agrícola es un vehículo alto con un desnivel considerable hasta el suelo. Suficiente para que en caso de caída se produzcan lesiones, torceduras y esguinces.



Figura 67. Altura tractor.

E. PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTICULAS

Proyección de elementos de trabajo, o por choque de estos con objetos duros del suelo (piedras, ramas, etc.), especialmente si se está situado en la parte trasera de la máquina.

F. RIESGO DE ATROPELLOS

El riesgo de atropello consiste en el paso del vehículo, o apero que arrastra, por encima de alguna parte del individuo durante el desplazamiento de la máquina.

En los casos en los que el tractor atropella a su propio conductor se habla de autoatropello. Éste está asociado siempre a paradas, estacionamientos defectuosos, o al enganche de los aperos (sin freno de estacionamiento, o con el motor en marcha). Casi siempre el tractorista está solo, y por tanto, si surge algún imprevisto éste baja a revisar la máquina o el apero, y el tractor le pasa por encima.

G. RIESGO DE EXPOSICIÓN A RUIDO, VIBRACIONES Y POSTURAS INADECUADAS

El manejo de tractores puede suponer, si no está bien aislado, la exposición del conductor a un nivel de ruido que puede ser perjudicial para su salud, ya que pueden provocar un accidente laboral o daños de diferente consideración como pérdida de audición, alteraciones del ritmo cardiaco, efectos sobre la tensión arterial, reducción del rendimiento o ansiedad. Además, el cuerpo está sometido constantemente a vibraciones ocasionadas por el motor del tractor y las irregularidades del terreno.

Ambas exposiciones están muy ligadas al tipo de tractor, y en especial a la antigüedad del mismo. Los tractores modernos poseen diseños respaldados por minuciosos estudios de ergonomía que, afortunadamente, han disminuido de manera significativa el ruido y las vibraciones, y, en paralelo, las lesiones auditivas y dorso-lumbares que se derivan, respectivamente, de los mismos.



Figura 68. Postura inadecuada.

Si se pasan periodos prolongados sobre el tractor pueden aparecer problemas derivados de mantener la misma postura de forma continuada, de la adopción de posturas forzadas, giros del tronco inadecuados, etc.

H. RIESGO DE QUEMADURAS E INCENDIOS

El tractor posee partes a elevadas temperaturas (motor, tubo de escape) y porta sustancias combustibles. Asimismo, desarrolla su trabajo entre productos inflamables, pudiendo provocar incendios.

I. RIESGO DE INHALACIÓN DE SUSTANCIAS TÓXICAS, POLVO Y SUSTANCIAS ALERGÉNICAS

Riesgo derivado del empleo del tractor para aplicar tratamientos fitosanitarios, y del polvo que se levanta en la ejecución de diferentes trabajos agrícolas sobre suelo seco. La magnitud del riesgo es muy variable en función de diferentes circunstancias: toxicidad de las sustancias, tipo, modelo y antigüedad del tractor, estado de conservación de la cabina, circunstancias climatológicas...



Figura 69. Riesgo inhalación.

J. RIESGO DE ACCIDENTE DE TRÁFICO

Progresivamente van adquiriendo importancia los accidentes de tráfico en que se ven involucrados tractores agrícolas, debido a entre otras causas que circulan por carreteras secundarias con una anchura insuficiente que impiden el paso de dos vehículos simultáneamente, y que carecen de arcén.



Figuras 70 y 71. Estrechez de la calzada y falta de arcén.



Figura 72. Riesgo accidente de tráfico.

Además, cabe destacar el mal estado en el que se encuentra el firme, encontrándose en el mismo deformaciones, roturas, desprendimientos y exudaciones.



Figuras 73 y 74. Ejemplo deformación (rodera) y Ejemplo rotura (piel de cocodrilo).







Figuras 75 y 76. Ejemplo desprendimientos (árido pulimentado) y (firme brillante).

Una vez analizados los vehículos porta-útiles, se va a hacer una lista de los aperos empleados en el parque de maquinaria que se está estudiando. Estos son empleados para el proceso de cultivo y recolección del almendro y del cereal. Para ello, se van a proceder a explicar las fases de ambos cultivos para ver qué aperos se utilizan en cada caso.

5.5.- FASES DE LOS CULTIVOS QUE SE LLEVAN A CABO EN EL PARQUE

En primer lugar, por lo que se refiere al cultivo del almendro:

Tabla 19. Fases cultivo almendro.

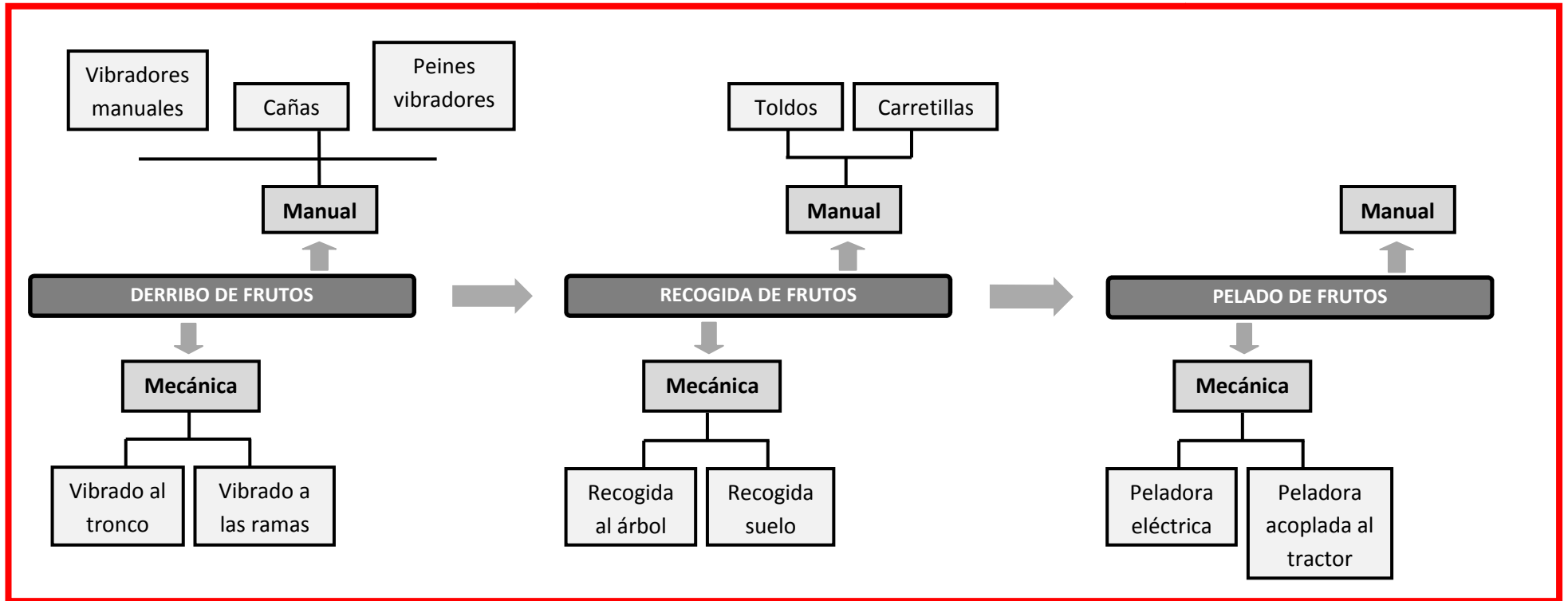
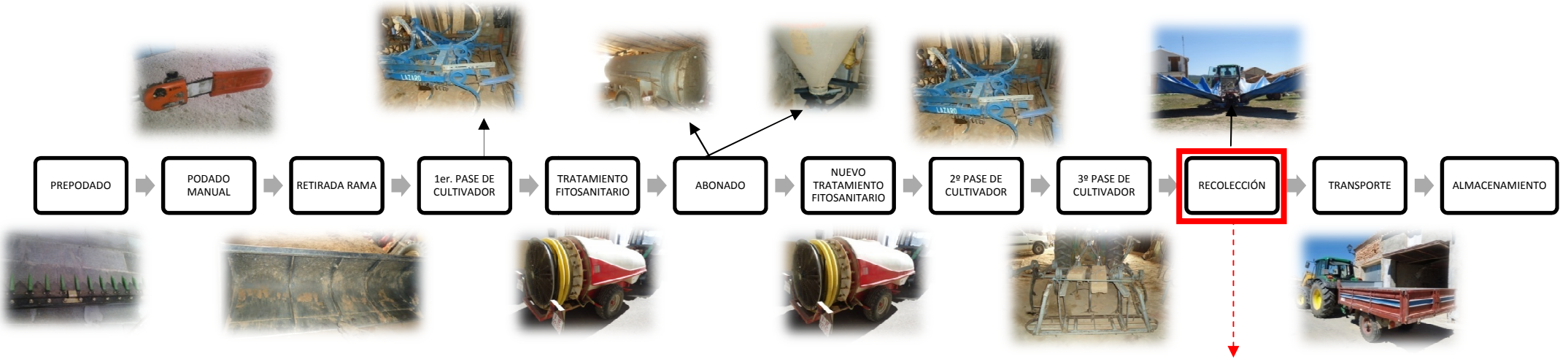
<p>1.- PREPODADO</p> <p>Cortar las ramas superiores para mantener la forma del almendro</p>	 <p>Figura 77. Prepodadora</p>
<p>2.- PODADO MANUAL</p>	 <p>Figura 78. Motosierra telescópica</p>
<p>3.- RETIRADA RAMAS</p> <p>Ocasionadas por la poda</p>	 <p>Figura 79. Pala cargadora</p>
<p>4.- PASE DE CULTIVADOR</p> <p>Para remover la tierra y eliminar las malas hierbas</p>	 <p>Figura 80. Cultivador</p>

<p>5.- TRATAMIENTO FITOSANITARIO</p>	 <p>Figura 81. Turbo</p>
<p>6.- ABONADO de dos tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mineral, mediante abonadora - Orgánico (purín), mediante cuba 	 <p>Figura 82. Abonadora y cuba de purín</p>
<p>7.- NUEVO TRATAMIENTO FITOSANITARIO Cuando el almendro brota</p>	 <p>Figura 83. Turbo</p>
<p>8.- PASE CULTIVADOR Tras la aplicación del tratamiento fitosanitario, para remover la tierra</p>	 <p>Figura 84. Cultivador</p>

<p>9.- PASE CULTIVADOR</p> <p>Para dejar la tierra más lisa para la recolección</p>	 <p>Figura 85. Cultivador</p>
<p>10.- RECOLECCIÓN</p>	 <p>Figura 86. Vibrador</p>
<p>11.- TRANSPORTE</p> <p>De la almendra recolectada</p>	 <p>Figura 87. Remolque de rueda simple y remolque de rueda gemela</p>

Así pues, se establece un diagrama de bloques en el que se resume el proceso citado y se centra en la recolección, que es el objetivo de este estudio.





“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



En cuanto a las fases y los aperos utilizados en el cultivo del cereal (cabe destacar que el proceso tiene 2 ciclos, un año de siembra y otro de descanso. La cosecha se hace en Julio y por tanto se empezará el proceso tras ésta):

Tabla 20. Fases cultivo cereal.

<p>1.- PASE DE CULTIVADOR</p> <p>Para remover la tierra y eliminar las malas hierbas</p> <p>(AGOSTO)</p>	 <p>Figura 88. Cultivador</p>
<p>2.- ARADO DE VERTEDERA O SUBSOLADOR</p> <p>Para remover y voltear la tierra</p> <p>(SEP. – DIC.)</p>	 <p>Figura 89. Subsolador</p>
<p>3.- ABONADO</p> <p>Orgánico (purín)</p> <p>(ABRIL-MAYO)</p>	 <p>Figura 90. Cuba</p>
<p>4.- PASE DE CULTIVADOR</p> <p>Tras el abonado, para dejar la tierra lisa y preparada para la siembra</p>	 <p>Figura 91. Cultivador</p>

<p>5.- SEMBRADO (OCTUBRE)</p>	 <p>Figura 92. Sembradora</p>
<p>6.- ABONADO Orgánico (purín) (MARZO)</p>	 <p>Figura 93. Cuba</p>
<p>7.-TRATAMIENTO FITOSANITARIO Mediante el uso de herbicidas (ABRIL)</p>	 <p>Figura 94. Pulverizador hidráulico con barra para herbicida</p>
<p>8.- RECOLECCIÓN (Cosechado) (JULIO)</p>	 <p>Figura 95. Cosechadora</p>

9.- TRANSPORTE



Figura 96. Remolque de rueda simple y remolque de rueda gemela

5.6.- RIESGOS POR FASES EN EL CULTIVO DEL ALMENDRA

Tabla 21. Riesgos por fases en el cultivo de la almendra.

TAREAS	FACTORES DE RIESGO																											
	ACCIDENTES	Caídas de personas a distinto nivel	Caídas de personas al mismo nivel	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	Caídas de objetos en manipulación	Caídas de objetos desprendidos	Pisadas sobre objetos	Choques y golpes contra objetos inmóviles	Choques y golpes contra objetos móviles	Golpes y cortes por objetos o herramientas	Proyección de fragmentos o partículas	Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos	Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos	Exposición a temperaturas ambientales extremas	Contactos térmicos	Contactos eléctricos directos	Contactos eléctricos indirectos	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas	Contacto con sustancias cáusticas o corrosivas	Exposición a radiaciones	Explosión	Incendio	Accidentes causados por seres vivos	Atropellos o golpes con vehículos	Accidentes de tránsito	Otros riesgos de accidentes	Nº TOTAL DE RIESGOS POR TAREA
1. PREPODADO		X	X			X	X	X	X				X		X								X	X	X			11
2. PODADO MANUAL			X		X	X	X	X	X	X				X	X								X	X				11
3. RETIRADA RAMAS		X	X			X	X	X	X				X		X								X	X	X			11
4. PASE CULTIVADOR 1		X	X				X	X	X			X	X		X								X	X	X			11
5. TRAT. FITOSANITARIO 1		X	X				X	X	X			X	X		X				X				X	X	X			12
6. ABONADO		X	X				X	X	X			X	X		X								X	X	X			11
7. TRAT. FITOSANITARIO 2		X	X				X	X	X			X	X		X				X				X	X	X			12
8. PASE CULTIVADOR 2		X	X				X	X	X			X	X		X								X	X	X			11
9. PASE CULTIVADOR 3		X	X				X	X	X			X	X		X								X	X	X			11
10. RECOLECCIÓN		X	X			X	X	X	X			X	X	X	X								X	X	X			13
11. TRANSPORTE		X	X					X	X			X	X		X								X	X	X	X		11
Nº TOTAL DE RIESGOS POR FACTOR DE RIESGO		10	11	0	1	4	10	11	11	1	0	8	10	2	11	0	0	0	2	0	0	0	11	11	10	1	0	

Tabla 22. Riesgos por fases en el cultivo de la almendra.

TAREAS	FACTORES DE RIESGO																												
	ENFERMEDAD PROFESIONAL	Exposición a contaminantes químicos	Exposición a contaminantes biológicos	Ruido	Vibraciones	Estrés térmico	Radiaciones (ionizantes y no ionizantes)	Iluminación	Otra exposición	FATIGA	Física. Posición	Física. Desplazamiento	Física. Esfuerzo	Manejo de cargas	Mental. Recepción y tratamiento de info.	Mental. Respuesta	Fatiga crónica	Otros signos de fatiga	INSATISFACCIÓN	Contenido	Monotonía	Relaciones	Tiempo de trabajo	Horario inadecuado	Otras insatisfacciones	POSTURAS	Física. Cuello, brazos, vista...	Nº TOTAL DE RIESGOS POR TAREA	
1. PREPODADO				X	X																X		X						4
2. PODADO MANUAL				X	X						X			X									X						5
3. RETIRADA RAMAS				X	X																X		X						4
4. PASE CULTIVADOR 1				X	X																X		X						4
5. TRAT. FITOSANITARIO 1		X		X	X																X		X						5
6. ABONADO				X	X																X		X						4
7. TRAT. FITOSANITARIO 2		X		X	X																X		X						5
8. PASE CULTIVADOR 2				X	X																X		X						4
9. PASE CULTIVADOR 3				X	X																X		X						4
10. RECOLECCIÓN				X	X						X										X		X				X		5
11. TRANSPORTE				X	X																X		X						4
Nº TOTAL DE RIESGOS POR FACTOR DE RIESGO		2	0	11	11	0	0	0	0		2	0	0	1	0	0	0	0		0	11	0	11	0	0		1		



Esta tabla de doble entrada permite observar a simple vista qué tarea es la que más riesgos conlleva, así como también qué riesgos son los más repetidos en las tareas. En resumen, es una buena forma de identificar y priorizar las tareas en las cuales hay que realizar una evaluación de riesgos.

Analizándola, queda reflejado que la recolección es la tarea sobre la que habría que actuar en primer lugar y por eso, es en la que se centra este estudio.

En cuanto a los riesgos más significativos, que se dan en el mayor número de tareas son:

- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Choques y golpes contra objetos inmóviles
- Choques y golpes contra objetos móviles
- Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos
- Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Incendio
- Accidentes causados por seres vivos
- Atropellos o golpes con vehículos
- Ruido
- Vibraciones
- Monotonía
- Tiempo de trabajo



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





APARTADO 6. ANÁLISIS DE RIESGOS ASOCIADOS AL VIBRADOR DE TRONCO



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



6.1.- EL VIBRADOR

Existen distintos tipos de paraguas recolectores, de varios materiales y distintas medidas; su elección variará en función de las necesidades. A cada uno ellos se le puede añadir cualquier tipo de vibro recolector, para formar el llamado vibrador de recolección de almendra que estamos estudiando. Dichos equipos pueden ser tanto delanteros como traseros. Cabe destacar que aunque este estudio se centre en el vibrador de recolección de almendras, éste también puede ser utilizado del mismo modo para la recolección de oliva, seleccionando los elementos adecuados para ello.

Los vibradores de troncos se basan en la fuerza centrífuga del giro de una o dos masas excéntricas y se componen de: chasis, cabeza vibratoria, paraguas/abanico, pinza y tolva de recepción. Así pues, describiendo con más profundidad cada una de sus partes:


De un lado, el **chasis** es el elemento que sustenta toda la estructura y el que contiene la cabeza vibratoria, que es el elemento más importante. Éste tiene una boca de aproximadamente 1 metro, en donde se localiza la pinza que abraza el tronco, y que más tarde se describirá. Es sobre el mismo chasis, donde se encuentra el paraguas.



Figura 97, 98, 99. Chasis

La **cabeza vibratoria** es la encargada de proporcionar el movimiento que provoca la caída de las almendras del árbol. Existen numerosos tipos y todas ellas están diseñadas para ofrecer las mejores condiciones de recolección, optimizando su tiempo y rentabilizando así su explotación. Junto con la cabeza vibratoria, se encuentra la **pinza** que abraza al árbol, ésta lleva unos tacos de goma y unas protecciones a modo de faldón para evitar dañar el tronco. Así pues se muestran a continuación las diferentes combinaciones existentes en el mercado:

Tabla 23. Modelos de pinzas.

MODELO	SISTEMA DE VIBRACIÓN	TRONCO
 <p>Para la recolección de almendra y otros frutos secos.</p>	<p>Multidireccional de alta frecuencia que aumenta considerablemente el desprendimiento del producto y reduce el tiempo de vibración de la planta.</p>	<p>Sistema de Apto para grueso tronco de hasta 400 mm de diámetro.</p>

 <p>• Vibrador Reforzado</p> <p>Para la recolección del almendro y olvido adulto.</p>	<p>Consta de tres sistemas de vibración. Un sistema de vibración multidireccional de alta frecuencia y dos sistemas de vibración orbital, una de mayor amplitud y otra de menor, lo que favorece un mayor porcentaje de desprendimiento del producto mediante la combinación de los tipos de vibración.</p>	<p>Apto para grueso de tronco de hasta 600 mm de diámetro.</p>
 <p>• Vibrador Profesional</p> <p>Para la recolección de olivo joven y adulto.</p>	<p>Orbital con un solo sentido de giro.</p>	<p>Apto para grueso de tronco de hasta 650 mm de diámetro.</p>
 <p>• Vibrador Tenaza Doble Rotación</p> <p>Para la cosecha del olivo joven.</p>	<p>Orbital con doble sentido de giro. Dotado de un sistema temporizado para el cambio sentido de rotación y frenado automático.</p> <p>Este vibrador tiene como particularidad importante que permite efectuar la vibración de los árboles sin necesidad de esperar a la paralización de la savia e incluso sin cortar el riego por goteo. Permitiendo además la recolección de la aceituna verde para consumo, que tan altos costes tiene y que hasta este momento se recolectaban manualmente.</p>	<p>Apto para grueso de tronco de hasta 300 mm de diámetro.</p>

 <p>Para la cosecha de olivo y válida para almendro.</p>	<p>Doble rotación para una mejor transmisión de vibración y mayor porcentaje de producto derribado, provisto con motor de paletas.</p> <p>Este vibrador tiene como particularidad importante, que permite el cierre de las pinzas sin necesidad de efectuar altas presiones, debido a la situación del cilindro hidráulico, alargando la vida de éste.</p>	<p>Apto para grueso de tronco desde 50 mm hasta 500 mm de diámetro, con la adaptación de gomas especiales adecuadas para las plantaciones de goteo con un exceso de savia y piel muy frágil.</p>
 <p>Para la recolección olivo joven y adulto.</p>	<p>Orbital con doble sentido de giro.</p>	<p>Apto para grueso de tronco desde 100 mm hasta 650 mm de diámetro.</p>
 <p>Para la cosecha olivo joven.</p>	<p>Orbital con doble sentido de giro.</p> <p>Este vibrador tiene como particularidad importante que permite efectuar la vibración de los árboles sin necesidad de esperar a la paralización de la savia e incluso sin cortar el riego por goteo. Permitiendo además la recolección de la aceituna verde para consumo, que tan altos costes tiene y que hasta este momento se recolectaban manualmente.</p>	<p>Apto para grueso de tronco de hasta 300mm de diámetro.</p>

La **tolva** es el lugar en donde se almacena el fruto que se va recolectando, la capacidad de la misma varía en función del modelo, pero oscila alrededor de los 500 kg. La descarga se realiza mediante tornillo sin-fin.



Figura 100. Tolva.



Figura 101, 102. Tornillo sinfín.

El **paraguas** es el último elemento que forma el llamado vibrador de tronco que se está analizando en este estudio. Existe una amplia gama de estos en el mercado según su altura y diámetro de apertura.

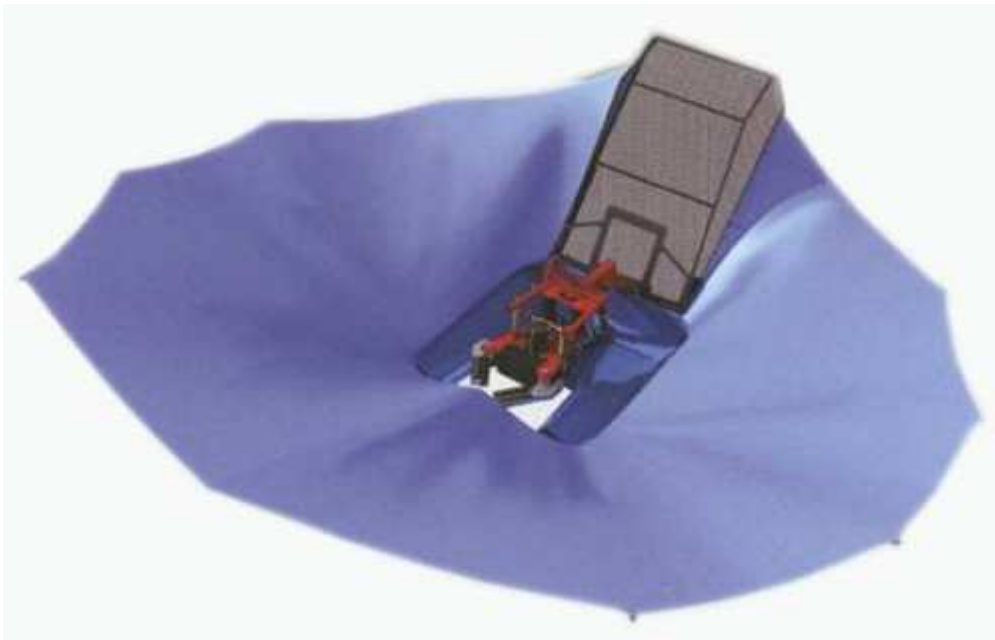


Figura 103. Paraguas.

6.1.- DESCRIPCIÓN VIBRADOR A ANALIZAR

El vibrador para la recolección de la almendra que se va a estudiar, es del tipo Vibrador Reforzado. Dichos equipos están especialmente diseñados para la recolección de la almendra. Se instalan en la parte posterior del tractor directamente a los brazos de elevación del mismo mediante enganche rápido, y a la toma de fuerza para el accionamiento del kit de elevación y sinfín de descarga.



Figura 104. Esquema vibrador a utilizar.

La arquitectura modular permite rápidos cambios hacia otros modelos dentro de la misma línea de productos.

Dicho equipo se compone de:

- Cabeza vibratoria del tipo Vibrador Reforzado.



Figura 105. Cabeza vibratoria.

- Paraguas/abanico



Figura 106. Paraguas/abanico.

- Tolva de recepción con sistema de peladora central incorporado que realiza el escoscado del fruto, al mismo tiempo que la recolección.



Figura 107. Tolla de recepció.




- Sistema de descarga de la tolla mediante sinfines.



Figura 108. Sistema de descarga.

Tabla 24. Dimensiones.

DIMENSIONES EXTERIORES EQUIPO RECOLECTOR (mm)		
LONGITUD TOTAL (L)		2900
ALTURA TOTAL CON PARAGUAS PLEGADO (H)		1650
ANCHURA DELANTERA CON PARAGUAS PLEGADO (A1)		1630
ANCHURA TRASERA (A2)		2000
DIMENSIONES DE LA CABEZA VIBRATORIA (mm)		
ANCHURA EXTERIOR (Ae)		650
ANCHURA INTERIOR (Ai)		330
PROFUNDIDAD (P)		650
PESO (kg)		
800		

DIMENSIONES DEL VIBRADOR (mm)		
APERTURA MÁXIMA PINZA (Am)	 <p style="text-align: center;">Figura 112. Apertura máxima pinza.</p>	510
DIMENSIONES PARAGUAS DESPLEGADO (mm)		
DIÁMETRO DE APERTURA (D)	 <p style="text-align: center;">Figura 113. Diámetro y altura.</p>	6600
ALTURA (Hd)		1650
CAPACIDAD DE CARGA DE LA TOLVA (kg)		
400		
CENTRAL HIDRÁULICA		
Acoplamiento parte posterior tractor	 <p style="text-align: center;">Figura 114. Acoplamiento.</p>	

SISTEMA DE DESCARGA	
Sistema de sinfines	 <p>Figura 115. Sistema sinfines.</p>
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VIBRACIÓN	
Vibración multidireccional de alta frecuencia	
ACOPLAMIENTO Y MOVILIDAD DEL VIBRADOR	
Acoplamiento fijo al paraguas receptor	 <p>Figura 116. Acoplamiento y movilidad.</p>
Movimiento de inclinación izquierda y derecha	
Movimiento de elevación y descenso	
OTRAS FUNCIONALIDADES	
Tolva de recepción	 <p>Figura 117. Tolva.</p>

<p>Sistema de peladora incorporada</p>	 <p>Figura 118. Peladora incorporada.</p>
<p>Activación de funciones mediante joystick</p>	 <p>Figura 119. Joystick.</p>
<p>TRACTOR Y SISTEMA DE MONTAJE</p>	
<p>POTENCIA MÍNIMA NECESARIA (CV)</p>	<p>70</p>

6.2.- ESTUDIO DE RIESGOS

Para realizar la evaluación de riesgos del vibrador de tronco se va a proceder, en primer lugar, a identificar los factores de riesgo de esa tarea. Una vez identificados, en función de la exposición que puede originar un accidente y la probabilidad de que se presente la situación de riesgo, se determina la frecuencia (F) que, junto con las consecuencias (C) que se definen como el resultado más probable de un accidente, determinan el riesgo.

En resumen, frecuencia es exposición por probabilidad y riesgo es, frecuencia por consecuencia.

Así pues, en la tabla siguiente se muestra el nivel de riesgo en función de la frecuencia y las consecuencias:

Tabla 25. Evaluación de riesgos.

		CONSECUENCIAS (C)		
		Ligeramente Dañinas (LD)	Dañinas (D)	Extremadamente Dañinas (ED)
FRECUENCIA (F)	Baja (B)	TRIVIAL	TOLERABLE	MODERADO
	Media (M)	TOLERABLE	MODERADO	IMPORTANTE
	Alta (A)	MODERADO	IMPORTANTE	INTOLERABLE

En función de los riesgos, se deben priorizar las actuaciones. Éstas se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 26. Criterios para la aceptación de riesgos.

RIESGO	ACCIÓN (PRIORIDAD)
TRIVIAL	No se requiere acción específica (SEGUIMIENTO)
TOLERABLE	No se necesita mejorar la acción preventiva, sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control. (MEDIA)
MODERADO	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control. (ALTA)
IMPORTANTE	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponde a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados. (MUY ALTA)
INTOLERABLE	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos limitados, debe prohibirse el trabajo. (INMEDIATA)



Figura 120. Vibrador.

La evaluación se va a realizar separando los riesgos en 3 partes. En función de la seguridad, la higiene y la ergonomía.

- **SEGURIDAD:**

Tabla 27. Riesgos de seguridad.

RIESGO	FACTOR DE RIESGO	CONDICIONES	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	VALORACIÓN
Caída de personas a distinto nivel	Escaleras del tractor	Suelen estar sucias, con barro, hierbas, etc.	B	LD	TRIVIAL
Caída de personas al mismo nivel	Terreno inestable	Se encuentran piedras, ramas, socavones, etc.	M	LD	TOLERABLE
Caída de objetos desprendidos	Almendra	Algunas almendras caen fuera del paraguas invertido y pueden golpearnos	A	LD	MODERADO
Pisadas sobre objetos	rocas, terreno inestable	El terreno es inestable y son frecuentes las rocas	M	LD	TOLERABLE
Choques y golpes contra objetos inmóviles	Remolque, sacos	Se encuentran a lo largo del terreno: el remolque para descargar, los sacos o cubos para recoger si cae fuera del paraguas alguna almendra...	M	LD	TOLERABLE
Choques y golpes contra objetos móviles	Vibrador, tractor	La apertura del paraguas vibrador puede golpear en los operarios que se encuentran alrededor	A	D	IMPORTANTE



Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos	Tornillo sin fin, TDF	El tornillo sin-fin está desprotegido.	M	ED	IMPORTANTE
Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos	Tractor y/o vibrador	El terreno es inestable y se encuentran pendientes muy pronunciadas, sobre todo al entrar y salir de las parcelas	M	ED	IMPORTANTE
Incendio	Tractor	Si no se realiza un adecuado mantenimiento del tractor	B	ED	MODERADO
Atropellos o golpes con vehículos	Tractor y/o vibrador	El vibrador está colocado en la parte trasera del tractor y hay que realizar la recogida marcha atrás	M	D	MODERADO

- **HIGIENE:**

Tabla 28. Riesgos de higiene.

RIESGO	FACTOR DE RIESGO	CONDICIONES	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	VALORACIÓN
Exposición a temperaturas ambientales extremas	Sol, heladas, lluvias...	Se trabaja al aire libre, tanto en verano como en invierno. En la zona se producen en el invierno heladas y fuertes lluvias	A	LD	MODERADO
Daños causados por seres vivos	Avispas, mosquitos...	Se trabaja al aire libre	A	LD	MODERADO
Exposición al ruido	Tractor y vibrador	El propio tractor, por su antigüedad y mantenimiento, produce ruidos que se ven incrementados con el funcionamiento del vibrador	A	D	IMPORTANTE
Exposición a vibraciones	Tractor y vibrador	El propio tractor, por su antigüedad y mantenimiento, produce vibraciones que se ven incrementadas con el funcionamiento del vibrador	A	D	IMPORTANTE

• **ERGONOMÍA:**

Tabla 29. Riesgos de ergonomía.

RIESGO	FACTOR DE RIESGO	CONDICIONES	FRECUENCIA	CONSECUENCIA	VALORACIÓN
Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas, movimientos repetitivos	Vibrador	Giro cuello y cuerpo del tractorista ya que el vibrador está colocado en la parte trasera del tractor	A	LD	MODERADO
Carga mental	Estrés y monotonía	La jornada laboral es muy larga y se trabaja con ritmos muy elevados	A	LD	MODERADO

LEYENDA:

A	Alta
M	Media
B	Baja

LD	Ligeramente dañino
D	Dañino
ED	Excesivamente dañino

Tras esta evaluación, se procede a centrarse en aquellos que han obtenido un resultado de riesgo importante, y que por ello, se hace necesario actuar y reducirlos tan pronto como sea posible. Estos son la inestabilidad, el ruido, las vibraciones, el golpeo y el atrapamiento.

6.2.1.- Inestabilidad

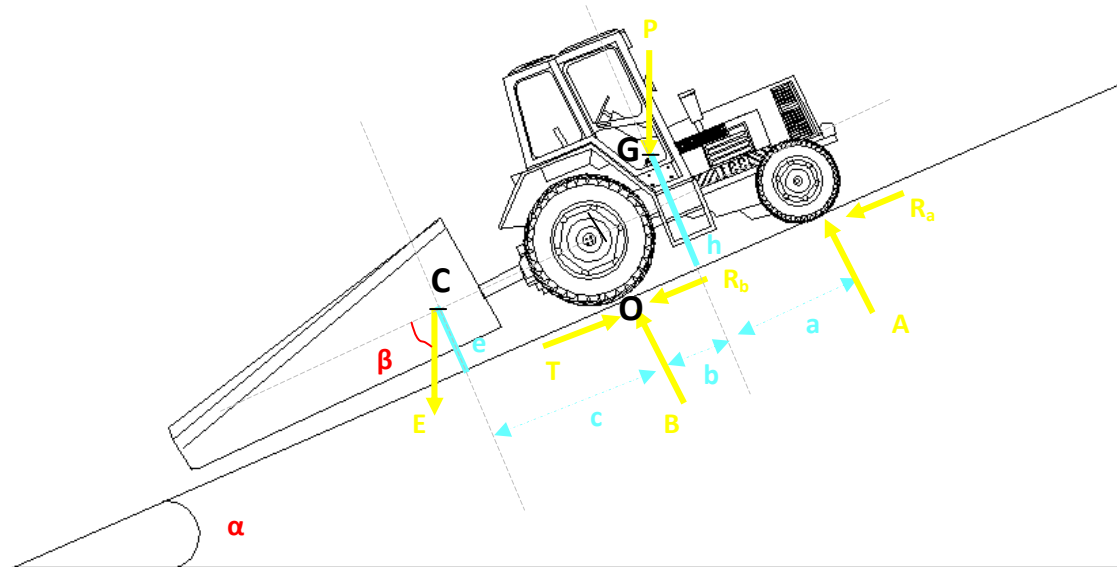


Figura 121. Diagrama de fuerzas.

Tabla 30. Parámetros.

LEYENDA			
G: Centro de masas	P: Peso	h: altura del centro de masas	α: Pendiente del terreno
C: Punto de enganche	E: Fuerza de enganche de un apero suspendido: es una acción vertical equivalente al peso del equipo suspendido	e: altura del punto de enganche	β: Inclinación de la fuerza en el enganche con respecto a la horizontal
O: Punto de la rueda trasera en el cual se van a tomar momentos	A y B: reacciones normales en las ruedas	a, b y c: distancias de las proyecciones de G y C respecto al contacto rueda-suelo	
	R: Resistencia total a la rodadura T, fuerza de ruedas motrices	a + b: Batalla	

(*) a es prácticamente el doble que b porque el tractor es de simple tracción, doble de masa atrás que delante. Por tanto tomaremos, $a = 2.b$

ECUACIONES DE VUELCO

Considerando el gráfico anterior, se procede a tomar momentos en O:

$$P \cdot \cos \beta \cdot h + E \cdot \cos \beta \cdot e + E \cdot \sin \beta \cdot c + A \cdot (a+b) = P \cdot \sin \beta \cdot b$$

A es el valor que nos da la seguridad. Se adopta la recomendación para prevenir vuelcos, que:

$$A \geq 0,3 A_0, \text{ siendo } A_0 = P \cdot \frac{b}{a+b}$$

Sustituyendo en la ecuación los siguientes datos:

Tabla 31. Datos.

DATOS		
P = 25400 N	a + b = 2 m	$\beta = 90 - \alpha$
E = 8000 N	h = 0,60 m	
	e = 0,5 m	
	c = 1,7 m	

Operando:

$$A_0 = 25400 \cdot \frac{1}{3} = 8301 \text{ N}$$

$$A \geq 0,3 A_0 \geq \mathbf{2490 \text{ N}}$$

Esto quiere decir que el tractor volcará cuando la **A** sea menor a 2490 N

Aplicando la fórmula:

Tabla 32. Cálculo de vuelco en función de la pendiente.

α	A	¿VOLCARÁ?
0º	1709,0	VOLCARÁ
5º	864,1	VOLCARÁ
10º	12,5	VOLCARÁ
15º	-839,1	VOLCARÁ
20º	-1684,3	VOLCARÁ
25º	-2516,7	VOLCARÁ
30º	-3330,0	VOLCARÁ

El tractor volcará para todas las pendientes, incluido en terreno llano. Así pues, se deberán tomar medidas para evitar dicha situación.

6.2.2.- Ruido

Se estudia el nivel de ruido en 3 situaciones. Para el conductor, para el acompañante a 5 metros y para el acompañante a 10 metros.

Se considera una jornada laboral de 8 horas.

B.1. CONDUCTOR:

Tabla 33. Nivel de ruido conductor.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	80
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	83
• Acoplamiento paraguas	40,2	82
• Apertura paraguas	40,2	89
• Vibrado tronco	40,2	98
• Cierre paraguas	40,2	88
DESCARGA	48	85
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈10	80
IMPREVISTOS	48	77

$$L_{Aeq,d} = 88,9 + 10 \log \frac{8}{8} = 88,9 \text{ dB (A)}$$

B.2. ACOMPAÑANTE (A):

Tabla 34. Nivel de ruido acompañante a 5 metros.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	60
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	72
• Acoplamiento paraguas	40,2	71
• Apertura paraguas	40,2	76
• Vibrado tronco	40,2	83
• Cierre paraguas	40,2	75
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈10	60
DESCARGA	48	85
IMPREVISTOS	48	77

$$L_{Aeq,d} = 78,3 + 10 \log \frac{8}{8} = \mathbf{78,3 \text{ dB (A)}}$$

B.3. ACOMPAÑANTE (B):

Tabla 35. Nivel de ruido acompañante a 10 metros.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	60
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	67
• Acoplamiento paraguas	40,2	66
• Apertura paraguas	40,2	70
• Vibrado tronco	40,2	76
• Cierre paraguas	40,2	69
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈10	60
DESCARGA	48	85
IMPREVISTOS	48	77

$$L_{Aeq,d} = 76,3 + 10 \log \frac{8}{8} = \mathbf{76,3 \text{ dB (A)}}$$

El RD 286/2006, de 10 de marzo, establece los valores de exposición al ruido en 3 rangos:

Tabla 36. Valores exposición a ruido.

	$L_{Aeq,d}$ (dBA)	L_{pico} (dBC)
VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN	87	140
VALORES SUPERIORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN	85	137
VALORES INFERIORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN	80	135

Se van a analizar los resultados obtenidos para los 3 puestos de trabajo contemplados en este estudio (conductor, acompañante A y acompañante B):

- **CONDUCTOR:** $L_{Aeq,d} = 88,9 \text{ dB (A)}$
- **ACOMPañANTE A:** $L_{Aeq,d} = 78,3 \text{ dB (A)}$
- **ACOMPañANTE B:** $L_{Aeq,d} = 76,3 \text{ dB (A)}$

En el caso de los **2 acompañantes**, no se deben tomar medidas de protección ni reducción del ruido, puesto que el $L_{Aeq,d}$ en ambos casos es menor de 80 dB (A). Pero sería conveniente controlar dicha exposición ya que el nivel de ruido está próximo al nivel a partir del cual hay que tomar acciones.

Por lo que se refiere al **conductor**, el $L_{Aeq,d}$ es mayor a 87 dB (A), el límite de exposición que marca la norma. Por tanto, se deberán tomar medidas inmediatas y no continuar con el trabajo hasta no disminuir el nivel de ruido.

Al dividir la evaluación de ruido en función de las tareas de la recolección de la almendra, ésta da una idea de en qué tarea sería más conveniente actuar para ser más efectiva la disminución del nivel de ruido.

6.2.3.- Vibraciones

El estudio de vibraciones se divide en 4 situaciones. De un lado, se divide en el lugar donde se toman las mediciones, mano-brazo o cuerpo completo. De otro lado, se distingue el momento en el que se toman dichas vibraciones, en función de si el sistema se encuentra a plena carga (en su máxima aceleración) o no.

Tras establecer esas mediciones, se compararán los resultados con los valores límite o que dan lugar a una acción fijados en la normativa vigente.

Tabla 37. Valores de exposición que fija la normativa.

	VALOR QUE DA LUGAR A UNA ACCIÓN	VALOR LÍMITE
SISTEMA MANO-BRAZO	$2,5 \text{ m/s}^2$	5 m/s^2
CUERPO COMPLETO	$0,5 \text{ m/s}^2$	$1,15 \text{ m/s}^2$

- **SISTEMA MANO-BRAZO:**

• **A plena carga:**

$$A(8) = 2,791 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor está comprendido entre el valor que da lugar a una acción ($2,5 \text{ m/s}^2$) y el valor límite (5 m/s^2). Por tanto, corresponde a una situación de riesgo, tal y como se esquematiza a continuación.

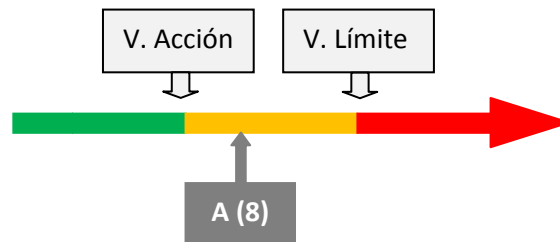


Figura 122. Valor vibración mano-brazo (plena carga).

• **Punto muerto (o no en su máxima aceleración):**

$$A(8) = 8,085 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor es superior al valor límite (5 m/s^2). Por tanto, corresponde a una situación intolerable, tal y como se esquematiza a continuación.

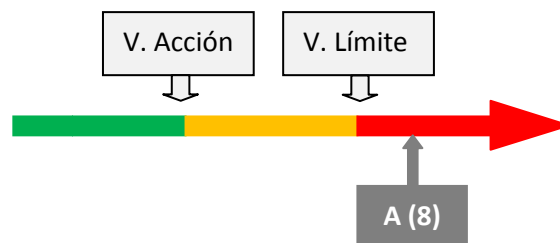


Figura 123. Valor vibración mano-brazo (punto muerto).

- **CUERPO COMPLETO:**

• **A plena carga:**

$$A(8) = 3,067 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor es superior al valor límite ($1,15 \text{ m/s}^2$) y por tanto, se encuentra en una situación intolerable, tal y como se muestra en la figura siguiente:

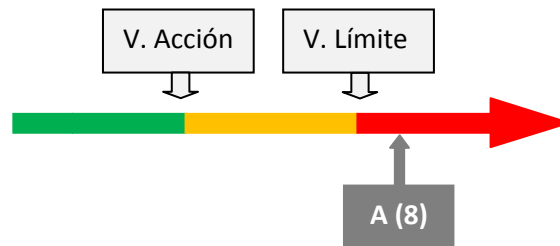


Figura 124. Valor vibración cuerpo completo (plena carga).

- **Punto muerto (o no en su máxima aceleración):**

$$A(8) = 9,404 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor es muy superior al valor límite ($1,15 \text{ m/s}^2$) y por tanto, se encuentra en una situación intolerable, tal y como se muestra en la figura siguiente:

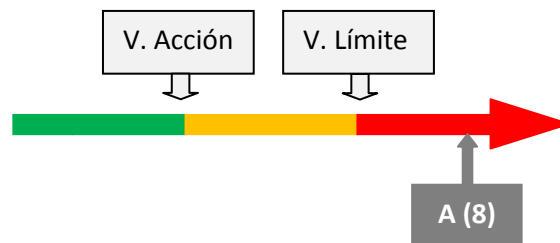


Figura 125. Valor vibración cuerpo completo (punto muerto).

Así pues, en el sistema mano-brazo, aunque parezca contradictorio, se encuentra una situación de riesgo a plena carga e intolerable en punto muerto; mientras que en el de cuerpo completo se está expuesto a una situación intolerable, tanto en el momento de máxima aceleración como de aceleración normal.

La razón por la cual en el sistema mano brazo se encuentra en situación de riesgo a plena carga, frente a la situación intolerable en punto muerto, es debido al tiempo al que se está expuesto en cada uno de ellas. El tiempo de exposición de la situación en punto muerto es 9 veces superior al que se encuentra acelerando.

6.2.4.- Golpeo

Para ver el impacto con el que golpea al abrir el paraguas se aplica la ecuación de la energía cinética de rotación y operando se obtiene un resultado de $E_{cr} = 14,57 \text{ J}$

Este resultado es comparable a la energía recibida cuando golpea una pieza metálica de 1 kg dejada caer desde 1 metro de altura.

6.2.5.- Atrapamiento

De un lado, el tornillo sinfín que encuentra en el paraguas recolector, está totalmente desprotegido, siendo fácil el acceso al mismo en operaciones de mantenimiento, atasque con ramas, etc.



Figuras 126 y 127. Tornillo sinfin.

De otro lado, el enganche mediante el cual se encuentra conectado el vibrador de almendra al tractor, es de tipo tripuntal como se ha comentado anteriormente. Si no se realizan las acciones de enganche y desenganche con cuidado y siguiendo el procedimiento adecuado, el operario puede quedar atrapado entre tractor y vibrador.



Figuras 128 y 129. Enganche tripuntal.

Además, dispone de una TDF que no contiene todos los elementos de protección exigibles para disminuir el riesgo de atrapamiento que ésta conlleva. Al ser un eje en rotación, puede enganchar la ropa, el pelo, cinturones, joyas, etc y atraer al operario contra el eje que gira a gran velocidad. Este atrapamiento puede producirse, siempre que la toma de fuerza esté accionada:

- Al subir o bajar del tractor por la parte posterior del mismo.
- Al pasar por encima de los elementos de la toma de fuerza.
- En las labores de mantenimiento de la toma de fuerza o próximo a ella.
- Cualquier otra operación que se realice próxima a la toma de fuerza.



Figura 130. Toma de fuerza desprotegida.



Figuras 131 y 132. Elementos de protección.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





APARTADO 7. PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





La finalidad de la prevención es evitar que se materialicen los riesgos. En primer lugar, hay que detectar los riesgos que existen, su gravedad y la probabilidad de que se produzcan, tal y como se establece en el apartado 6.2. Acto seguido, se debe intentar eliminar todos los riesgos.

En las situaciones en las que no se puede eliminar el riesgo por completo, se asume su presencia y se toman medidas de protección, que si bien no eliminan el riesgo, tratan de reducir o eliminar sus consecuencias dañinas sobre el trabajador. Debe primar la protección colectiva frente a la individual. En resumen, tal y como cita la Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

- 1º) Eliminar o reducir el riesgo en su punto de origen.
- 2º) Si no es posible, se adoptarán medidas en la vía de transmisión del peligro.
- 3º) Si tampoco es posible, se actuará sobre el trabajador.

Así pues, la prevención evita o reduce el riesgo, es decir, actúa sobre el causante. En cambio, la protección trata de reducir las consecuencias, es decir, actúa sobre el trabajador.

Una vez determinadas las medidas preventivas a adoptar, se debe establecer el coste de las mismas e incluir para cada actividad el plazo para llevarla a cabo.

Además, se debe llevar a cabo un control periódico del cumplimiento de las medidas adoptadas, así como del estado de salud de los trabajadores (revisiones periódicas, control de riesgos ergonómicos, vigilancia de la salud,...).

7.1. MEDIDAS PREVENTIVAS

En primer lugar se van a exponer las medidas preventivas a llevar a cabo para prevenir los riesgos del vehículo porta-útiles, en este caso el tractor que transporta al vibrador a analizar. Acto seguido, se propondrán medidas a los riesgos específicos del vibrador que se han estudiado con detalle en el apartado anterior.

7.1.1. TRACTOR

Se procede a mencionar tanto las medidas de prevención como las de protección que se debería llevar a cabo para cada uno de los riesgos mencionados en el apartado 5.4.

A. VUELCO TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

Formación:

- El conductor debe conocer las posibles reacciones del tractor y las situaciones de riesgo que se le pueden presentar, mantener la atención y evitar la excesiva autoconfianza.

- Todas las personas que monten en el tractor deberán poseer un nivel de conocimientos y de experiencia suficiente y acorde con la recolección de la almendra.
- El tractorista debe conocer el modelo de tractor y del vibrador que va a emplear, sus peculiaridades y posibilidades. La mejor manera es a través de la lectura detallada de los correspondientes manuales de instrucciones.

Durante el trabajo:

- Guardar una distancia mínima de 1 metro a los bordes de los lindes, zanjas, etc., tanto al trabajar como al cambiar de dirección, ya que pueden ocultar oquedades debilidades o irregularidades del terreno.
- La circulación entre parcelas a distinto nivel debe hacerse siempre por accesos adecuados construidos a tal fin, y nunca remontando o descendiendo el talud o la pared del desnivel, por pequeño que sea éste.
- Los cambios de sentido en las laderas se deberán efectuar suavemente y con el apero levantado de forma tal que la parte delantera del tractor quede siempre en la parte más baja del terreno.
- Como norma general, las pendientes deberán bajarse en la misma marcha que se suben.
- No embragar violentamente, el pedal se debe soltar suave y progresivamente.
- Cuando el tractor sufra un atasco en el terreno, no intentar sacarlo colocando debajo de las ruedas motrices objetos tales como: ramas, piedras, etc., ni forzar el tractor acelerando bruscamente, pues si se procede así, es fácil que el tractor se "encabrite" y tienda a volcar hacia atrás. Si es posible, utilizar otro tractor para desatascarlo.
- En caso de iniciarse el "encabritamiento" del tractor, se deberá pisar inmediatamente el pedal de embrague para que el tractor vuelva a su posición normal.
- Aferrarse fuertemente al volante en caso de vuelco, nunca intentar saltar.
- Se deben utilizar contrapesos delanteros adecuados, en función del peso del vibrador.

En los desplazamientos:

- Colocar el dispositivo que hace solidarios los dos pedales de freno.



Figura 133, 134 y 135. Frenos solidarios.

- No aprovechar las pendientes del camino para ganar tiempo bajando en punto muerto. A mayor velocidad mayor posibilidad de vuelco.
- Tomar las curvas con la velocidad adecuada y al llevar el vibrador, tenerlo en cuenta para calcular el radio máximo.

Relativas al tractor:

- El estado de los neumáticos y de los frenos es muy importante. Con los neumáticos gastados se pierde adherencia y capacidad de tracción.
- Mantener limpios de barro los pedales y los mandos.



Figura 136. Frenos.

- No llevar herramientas sueltas dentro del tractor. Son muy peligrosas en caso de vuelco.
- Efectuar las operaciones de mantenimiento y las revisiones rutinarias con la periodicidad que recomienda el fabricante en los manuales de instrucción.
- Se deben cumplir con exactitud todas las disposiciones del Código de Circulación.
- Se deberá someter la maquinaria a las ITV pertinentes.
- Se debe tener siempre la garantía de que la máquina de trabajo está en perfectas condiciones.

Observaciones respecto a medidas de seguridad incorporadas a la máquina:

- Es obligatorio que todos los tractores vayan provistos de la colocación de una estructura de protección que, en caso de vuelco, impida que el tractor gire más de 90º.

B. ATRAPAMIENTO TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Toma de fuerza (TDF) y eje cardánico:

- No llevar ropas sueltas, mangas desabrochadas, joyas (anillos, cadenas, medallas, etc.).

- Llevar el pelo recogido o llevar gorra.
- Nadie deberá permanecer en la zona próxima a la máquina en movimiento. Así pues, tractorista debe evitar la proximidad de trabajadores en la zona de la toma de fuerza, juntas y eje cardan en movimiento. Para ello, todos los espejos deben estar correctamente colocados, sin la existencia de ángulos muertos.



Figura 137. Espejos.

- No subir o bajar del tractor por la parte posterior.
- Desconectar siempre la toma de fuerza cuando se formen ángulos excesivos, y cuando no sea necesaria.
- Antes de poner en marcha la toma de fuerza hay que asegurarse de que el número de revoluciones elegido se corresponde con el permitido para la máquina (velocidad de giro de trabajo).
- Utilizar únicamente el eje cardánico previsto para la máquina por el fabricante, con su correspondiente dispositivo de seguridad.
- Montar el eje cardánico con la toma de fuerza desconectada, con el motor parado y con la llave de arranque quitada.
- Evitar el giro del tubo protector del eje cardánico mediante la sujeción con una cadena.
- Cuando se desmonte el eje cardánico se deberá colocar en su soporte.
- Evitar el que el eje cardánico permanezca enganchado a la toma de fuerza y descanse por su otro extremo en el suelo.

Protector de la TDF:

- Al desmontar el eje cardánico, hay que colocar la coraza protectora de la toma de fuerza.
- Utilizar la coraza protectora de la toma de fuerza, tanto cuando ésta está funcionando, en los momentos de enganche y desenganche, como cuando se está utilizando.



Figura 138. Coraza protectora TDF.

- La coraza protectora deberá cubrir al menos la parte de arriba y los dos lados de la toma de fuerza.
- No subir al tractor utilizando la coraza protectora de la toma de fuerza a modo de escalón ni ir subido en él con el tractor en marcha.

Atrapamientos por el conjunto vibrador – tractor:

- Al enganchar el vibrador, el operario no se colocará entre el tractor y el apero.
- En caso de utilizar ayudante: abrir las ventanas y si no se oye bien, bajar del tractor.
- Utilizar en lo posible las señales de mano, previamente acordadas.
- Dejar apoyado el vibrador en el suelo o apoyado sobre algún soporte de forma estable, siempre que se detenga el tractor.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

- Protección del eje cardánico. Además se debe evitar el giro de dicha protección mediante un elemento de sujeción como una cadena.
- Protección de las juntas cardan mediante una coraza que deberá cubrirlas completamente.
- Protección de la toma de fuerza que deberá cubrir al menos la parte superior y ambos lados de la misma.
- Protector suplementario, no rotativo, para cubrir por completo la toma de fuerza cuando ésta no se utilice (debe ser entregado junto con el tractor).

C. MANTENIMIENTO

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Nunca reparar, ajustar o desconectar un equipo cuando esté enganchado a la toma de fuerza y el motor en marcha.
- No realizar ningún mantenimiento ni ajuste hasta que el eje conductor y la maquinaria se hayan detenido por completo.

- Todas las defensas y protectores deben mantenerse en buen estado y posicionados en su lugar. Si estos han sido retirados para efectuar reparaciones, deben colocarse de nuevo inmediatamente.
- Al enganchar y desenganchar aperos y remolques, frenar convenientemente el tractor.
- Evitar trabajar en la medida de lo posible bajo aperos suspendidos. Cuando por labores de reparación o mantenimiento sea imprescindible hacerlo, seguir siempre los siguientes pasos:
 - 1.- Detención del tractor sobre terreno llano.
 - 2.- Rutina de parada, incluido colocación de calces de dimensiones adecuadas en las ruedas.
 - 3.- Enclavado del mecanismo hidráulico en posición de máxima elevación.
 - 4.- Colocación de un sistema de calzo seguro, consistente y bien sujeto al suelo.



Figura 139. Calzo.

- Al dejar el tractor, apagar el motor, frenarlo y engranar una marcha de la caja de cambios.
- No poner, ni mantener durante largo tiempo, el motor en marcha dentro de un local cerrado.
- No soldar cerca del depósito de combustible.
- Si hay que tocar zonas calientes, esperar a que se enfríen.
- Cuidado al quitar el tapón del radiador, esperar a que el agua se enfríe para que no se produzcan proyecciones de agua o vapor a elevada temperatura.
- Utilizar calzado, guantes y ropa adecuada.

D. CAÍDAS TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- El tractor deberá disponer de peldaños de accesos a la cabina suficientes, adecuados y en buenas condiciones así como de asideros y otros puntos de agarre, que sean cómodos y eficaces para el descenso, deberán mantenerse en buen estado de conservación, limpios de grasa, barro, estiércol, y secos.
- Para subir y bajar del vehículo se debe seguir la norma de tres puntos de anclaje, es decir, al menos tres de las cuatro extremidades deben estar firmemente colocadas sobre escalones y agarraderas.
- No subir ni bajar en marcha.
- Usar calzado con suela antideslizante.
- Subir y bajar siempre de cara al tractor y por los laterales, nunca por detrás.



Figura 140. Subir y bajar del tractor

- Realizar el descenso de los peldaños lentamente, sin saltar al suelo.
- El único lugar del tractor habilitado para el transporte de personas es la cabina. Nunca debe ir persona alguna sobre los estribos, el alza, el guardabarros, la lanza o alguna otra parte del remolque y/o aperos.



Figura 141. Transporte de personas

- Guardar las herramientas del tractor en lugar adecuado, ya que éstas pueden producir enganchones, tropezones y caídas.



E. PROYECCION FRAGMENTOS O PARTICULAS TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Mantener una distancia de seguridad amplia, especialmente si las condiciones del entorno de la zona de trabajo hacen especialmente relevante este riesgo (presencia de grava, restos vegetales, etc.).
- No acercar herramientas o cualquier otro objeto a las partes móviles del tractor, ya que pueden salir despedidos en cualquier dirección y con bastante fuerza.
- Antes de soltar cualquier conducción hidráulica o del sistema de inyección de combustible, se comprobará que el circuito no está bajo presión.

F. ATROPELLOS TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Cumplir rigurosamente las normas de circulación.
- Revisar periódicamente los órganos funcionales del tractor: dirección, frenos, embrague...
- Comprobar que los espejos retrovisores estén bien colocados, que no haya ángulos muertos.
- Llevar siempre luces indicadoras adecuadas y señales reflectantes.
- Estacionar siempre sobre una superficie llana.
- Señalizar con antelación cualquier maniobra.
- Conducir a la velocidad adecuada para mantener el control sobre el tractor ante sucesos inesperados.
- Reducir la velocidad antes de girar o frenar.
- Cuando haya gente alrededor asegurarse de que los presentes estén fuera del alcance del tractor.
- No poner el motor en marcha, sin antes cerciorarse de la posición en punto muerto de la palanca de cambios.
- Los mandos estarán situados de modo que no se puedan accionar involuntariamente.
- No abandonar el tractor, con el motor en marcha, o con las llaves de contacto puestas.
- Siempre que se apague el motor, guardar las llaves en un bolsillo antes de hacer reparaciones o ajustes para que nadie pueda ponerlo en marcha.
- Antes de bajar del tractor asegurarse de que el freno de mano está echado y funciona correctamente.
- Utilizar señales gestuales previamente acordadas cuando el nivel de ruido sea tan elevado que no se pueda escuchar a un ayudante.



G. EXPOSICION RUIDO, VIBRACIONES Y POSTURAS FORZADAS

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Disponer de cabinas con buen aislamiento acústico. En el caso de modelos antiguos y deficientemente aislados, emplear protectores auditivos.
- Uso de asientos en perfectas condiciones, con amortiguación (autorregulable o que permita su ajuste en función del peso del conductor), anchura suficiente, reposabrazos, respaldos cómodos y adecuados (deberán ajustarse a la curva natural de la espalda), que permitan girarse con facilidad, etc.
- Cuando sea necesario, se tomarán otras medidas como el uso de fajas antivibratorias o la sujeción de las chapas de la cabina y aplicado silicona a las juntas de los cristales para evitar el máximo porcentaje de vibraciones posible.
- Colocar y sujetar correctamente la carga transportada.
- Bajar del tractor cada hora más o menos, y hacer pausas activas durante 5 – 10 minutos.

H. QUEMADURAS E INCENDIOS TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Instalar parachispas en la salida del escape.
- Mantener limpios de grasa, derrames de aceites y combustible, los motores y los tubos de escape.
- Interruptor general (desconectador de batería) en el circuito eléctrico.
- Al repostar mantener las mismas normas de seguridad que con los automóviles: parada, apagado de faros y radio, apagado del motor, y desconexión. No fumar mientras se reposta o conduce.
- Si hay que tocar zonas calientes, esperar a que se enfríen.
- Cuidado al quitar el tapón del radiador, esperar a que el agua se enfríe para que no se produzcan proyecciones de agua o vapor a elevada temperatura.
- Antes de iniciar labores de reparación y/o mantenimiento que se deban efectuar con herramientas capaces de generar un incendio (soldadura, rotaflex...) despejar el área de trabajo de elementos combustibles y guardar distancias de seguridad respecto a los mismos.
- Llevar un extintor en el tractor, y comprobar periódicamente su estado.



I. INHALACION SUSTANCIAS TOXICAS, POLVO Y SUSRANCIAS ALERGENICAS

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- En el caso de tratamientos fitosanitarios con tractores dotados de cabina insuficientemente protegida, el tractorista portará el equipo de protección individual adaptado a la naturaleza del tratamiento y circunstancias.
- Cara a la renovación del tractor, tener en cuenta que los modelos nuevos dispongan de cabina climatizada, presurizada y dotada de filtros anti-polen.

J. ACCIDENTE DE TRAFICO CON TRACTOR

MEDIDAS DE PREVENCIÓN:

- Respetar escrupulosamente todas las disposiciones del Código de Circulación.
- Comprobar periódicamente que los frenos, los intermitentes, las luces de frenado y alumbrado, el claxon y el girofaro funcionan correctamente.
- En los modelos con doble freno, efectuar los ajustes precisos para el uso sincronizado y solidario de ambos.
- Comprobar que todos los espejos están correctamente colocados y no existen ángulos muertos.
- Antes de incorporarse a la circulación, limpiar la tierra de las lámparas y matrícula, y conectar el girofaro.
- Bajo ninguna circunstancia se debe dejar desplazar el tractor en punto muerto.
- Evitar los caminos que se incorporan a la carretera en zonas sin visibilidad (curvas y cambios de rasante). Dado que en las incorporaciones se provoca un alto porcentaje de accidentes
- Recoger el apero a su mínima anchura para circular por carretera. Además, se debe señalar los extremos del apero con trapos de colores vivos y si se circula en condiciones de mala visibilidad, colocar una luz roja en su extremo.
- Siempre que sea posible, circular por el arcén.
- Señalizar todas las acciones con tiempo suficiente, debido a que el tractor es un vehículo lento, y la mayoría de los vehículos que circulan por viales, son excesivamente rápidos.

7.1.2. INESTABILIDAD

7.1.2.1. Opciones a aplicar

Varias son las medidas que se pueden adoptar, o bien una combinación de las mismas. Entre ellas se encuentran:

- Disminuir la pendiente
- Subir macha atrás
- Colocar lastre

Estudiando esta última opción, se va a calcular el lastre que se debería colocar en la parte delantera del tractor en función de la pendiente a superar:

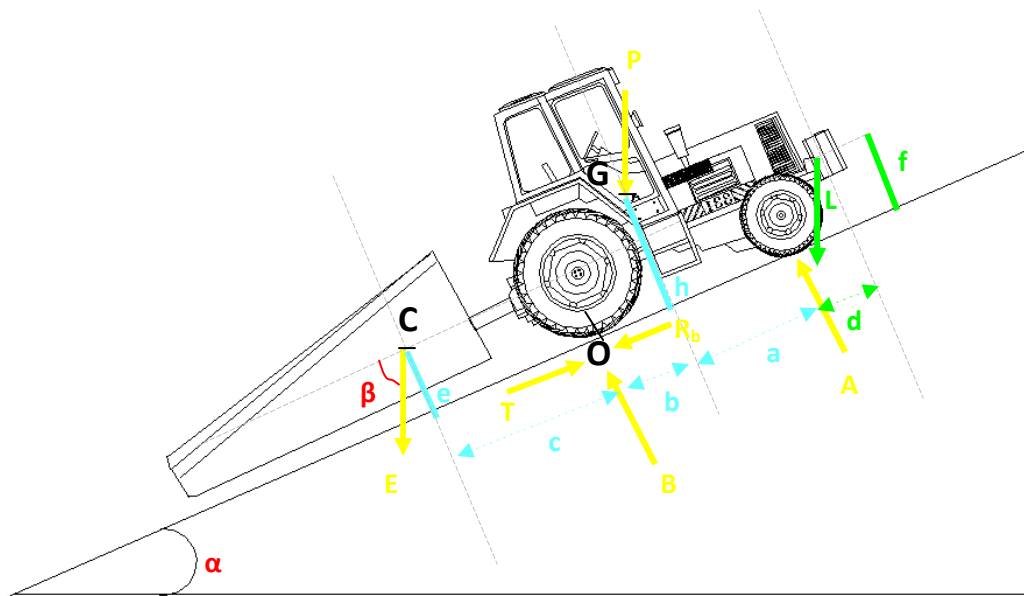


Figura 142. Diagrama de fuerzas.

$$P \cdot \cos \beta \cdot h + E \cdot \cos \beta \cdot e + L \cdot \cos \beta \cdot f + E \cdot \sin \beta \cdot c + A \cdot (a+b) = P \cdot \sin \beta \cdot b + L \cdot \sin \beta \cdot (d+a+b)$$

Siendo:

Tabla 38. Datos.

DATOS		
P = 25400 N	a + b = 2 m	$\beta = 90 - \alpha$
E = 8000 N	h = 0,60 m	f = 0,5 m
	e = 0,5 m	d = 0,7 m
	c = 1,7 m	

Así pues:

Tabla 39. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 5^\circ$		
L = 1000 N	2187,1	VUELCA
L = 2000 N	3510,2	NO VUELCA

Tabla 40. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 10^\circ$		
L = 1000 N	1298,6	VUELCA
L = 2000 N	2584,7	NO VUELCA

Tabla 41. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 15^\circ$		
L = 1000 N	400,2	VUELCA
L = 2000 N	1639,5	VUELCA
L = 3000 N	2878,8	NO VUELCA

Tabla 42. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 20^\circ$		
L = 1000 N	-501,2	VUELCA
L = 2000 N	681,9	VUELCA
L = 3000 N	1864,9	VUELCA
L = 4000 N	3048,0	NO VUELCA

Tabla 43. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 25^\circ$		
L = 1000 N	-1398,8	VUELCA
L = 2000 N	-281,0	VUELCA
L = 3000 N	836,9	VUELCA
L = 4000 N	1954,7	VUELCA
L = 5000 N	3072,6	NO VUELCA

Tabla 44. Condición de vuelco en función del ángulo.

$\alpha = 30^\circ$		
L = 1000 N	-2285,2	VUELCA
L = 2000 N	-1241,7	VUELCA
L = 3000 N	-197,6	VUELCA
L = 4000 N	846,6	VUELCA
L = 5000 N	1890,7	VUELCA
L = 6000 N	2934,8	NO VUELCA

7.1.2.2. Acción a aplicar

Se procederá a colocar un lastre de 400 kg para superar pendientes en sentido de la marcha de hasta 20° . Por el contrario, para superar pendientes superiores, se optará por subirlas en sentido contrario a la marcha, ya que éstas son las menos frecuentes y poner un lastre superior al tractor podría ser dañino para el mismo.

Para conseguir los 400 kg, se dispondrán de 8 lastres de 50 kg cada uno.

7.1.3. RUIDO

7.1.3.1. Opciones a aplicar

En primer lugar, según los valores límites marcados por el RD 286/2006, que se han comentado en el apartado **6.2.2**, se deberán tomar unas medidas u otras. En el caso a estudiar, en función de si se trata del conductor o del acompañante, dichas medidas variarán.

A. CONDUCTOR

En primer lugar, para el caso del conductor se ha obtenido un $LAeq,d = 88,9$ dB (A); es decir, un valor superior a 87 dB (A), que es el valor límite de exposición. Dicho valor es intolerable, en ningún caso la exposición del trabajador deberá superar este valor límite. Por tanto, se deben tomar medidas para reducir el ruido inmediatamente.

Se debe identificar el origen del ruido. Para ello, como se ha dividido la actividad en tareas, se observa que los niveles de ruido superiores a los 87 dB (A), se obtienen en el momento de la apertura y cierre del paraguas y en el del vibrado. Así pues, queda reflejado que el ruido proviene de una parte del propio tractor y se ve incrementado por el funcionamiento del paraguas vibrador.

Para el control del ruido se debe actuar, por orden de importancia sobre:

- Fuente de emisión
- Medio de transmisión
- Trabajador receptor

CONTROL DEL RUIDO EN EL FOCO DE EMISIÓN:

De un lado, la mejor medida es la reducción del ruido en el origen. Por lo tanto, el ruido se debe controlar desde el mismo momento de diseño de una máquina, ya que una vez el equipo de trabajo está construido, es difícil actuar sobre el mismo para eliminar el ruido.

Se debería **adquirir un nuevo tractor** cuyo motor, que es la principal fuente de ruido, produjera niveles inferiores de ruido. Además, se debería realizar un plan de mantenimiento del mismo para evitar dichos niveles de ruido intolerables.

CONTROL DEL RUIDO EN EL MEDIO DE TRANSMISIÓN:

Esta medida es para evitar que el ruido se propague. Para ello, se debería colocar una **cabina** que aislara al conductor del ruido producido por el tractor y el vibrador.



Figura 143. Cabina.

CONTROL DEL RUIDO EN EL RECEPTOR:

Si las anteriores medidas no son suficientes, será necesario proteger al trabajador. Para ello, se han de adoptar una serie de medidas:

- El empleo de **protectores auditivos**. Pueden ser cascos o tapones, pero en todo caso se dispondrán con las instrucciones de uso, almacenamiento y mantenimiento. Debe tratarse de protectores auditivos individuales apropiados, en función del nivel sonoro existente y correctamente ajustados. Estos deberán proporcionar la necesaria atenuación de la exposición al ruido, por lo que se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.



Figura 144. Protectores auditivos.

- También pueden adoptarse otras medidas complementarias, como es la **disminución del tiempo de exposición del trabajador**, mediante medidas de tipo organizativo.

En resumen:

Tabla 45. Medidas preventivas y coste de las mismas.

			COSTE	
CONTROL DEL RUIDO	FOCO EMISIÓN	- Adquisición de un tractor nuevo		30.000 €
	MEDIO TRANSMISIÓN	- Cabina aislante		6.000 €
	RECEPTOR	- Protectores auditivos	Cascos	100 €
			Tapones	10€
		- Disminución del tiempo de exposición del conductor	-	

B. ACOMPAÑANTE

A continuación, para el caso del acompañante, el nivel de ruido analizado es de 78,3 dB (A) a 5 metros de distancia y de 76,3 dB (A) a 10 metros. En ambos casos, el nivel obtenido está por debajo de 80 dB (A), que es el valor inferior de exposición que da lugar a una acción. Por tanto, según el RD, en el caso del acompañante no se debería tomar medidas; pero dado que está muy cercano al valor mínimo que da lugar a una acción y en cualquier momento éste podría sobrepasarse, se debería:

- Informar al trabajador
- Control médico cada 3 años
- Protectores auditivos si se solicitan

7.1.3.2. Acción a aplicar

De todas las opciones que se han estudiado, la elegida para aplicar al caso objeto de estudio sería actuar sobre el receptor mediante la combinación de disminuir el tiempo de exposición del conductor, con la utilización de protectores auditivos. Las otras dos se descartan por no ser viables económicamente.

Para disminuir el tiempo de exposición, se debe hacer una rotación del puesto de conductor. Para ello, dado que con el conductor siempre tiene que ir un acompañante y la exposición de éste último al ruido es inferior al límite marcado por el RD, ambos deben rotar su puesto.

Así pues, los dos trabajadores estarán realizando la mitad de su jornada (4 horas) la tarea de conductor y la otra mitad (4 horas) la de acompañante. De esta manera, mientras se está de acompañante, el oído descansa del ruido, dado que el nivel del mismo es menor.

Analizando el nivel de ruido equivalente diario (8 horas) al que estaría expuesto dicho trabajador, que realiza la rotación propuesta, se obtiene:

Nivel de intensidad acústica determinada durante el periodo de conductor, $L_i = 88,9$ dB

$$L_{Aeq,4h} = 10 \log \left[\frac{1}{240} (7 * 10^{\frac{80}{10}} + 99 * 10^{\frac{83}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{82}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{89}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{98}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{88}{10}} + 24 * 10^{\frac{85}{10}} + 5 * 10^{\frac{80}{10}} + 24 * 10^{\frac{77}{10}}) \right] = 88,9 \text{ dB (A)}$$

Nivel de intensidad acústica determinada durante el periodo de acompañante, $L_i = 78,3$ dB

$$L_{Aeq,4h} = 10 \log \left[\frac{1}{240} (7 * 10^{\frac{60}{10}} + 99 * 10^{\frac{72}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{71}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{76}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{83}{10}} + 20.1 * 10^{\frac{75}{10}} + 24 * 10^{\frac{85}{10}} + 5 * 10^{\frac{60}{10}} + 24 * 10^{\frac{77}{10}}) \right] = 78,3 \text{ dB (A)}$$

Con esta rotación de puestos, el equivalente total diario sería:

$$L_{Aeq,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480} (240 * 10^{\frac{88,9}{10}} + 240 * 10^{\frac{78,3}{10}}) \right] = \mathbf{86,3 \text{ dB (A)}} = L_{Aeq,d}$$

Este nivel está por debajo del límite de 87 dB (A) que marca el RD, pero está por encima de 85 dB (A), que es el valor superior de exposición que da lugar a una acción. Por ello, ésta medida organizativa habría que combinarla con el uso obligatorio de protectores auditivos, como se ha comentado anteriormente. Además, se deberá informar al trabajador de los riesgos a los que está expuesto, realizar un control médico cada año y señalización adecuada de la maquinaria.

7.1.4. VIBRACIONES

7.1.4.1. Opciones a aplicar

Para prevenir el riesgo, se puede actuar desde su origen o desde el medio de transmisión.

De un lado, actuando sobre el origen (tractor y vibrador), se deberían sustituir por otros que no produjeran ninguna vibración. El vibrador no se puede sustituir porque emplea las vibraciones para el derribo de la almendra, en cambio, el tractor debería sustituirse por otro que no produjera tantas vibraciones. Además, el estudio ANOVA realizado en el ANEXO III demuestra que el momento en el que se tomen las vibraciones (punto muerto o a plena carga, es decir, cuando el vibrador está funcionando) es indiferente para la obtención de los resultados, eso es debido a que las vibraciones que produce el propio tractor son excesivas y enmascaran las que produce el vibrador.

Por el contrario, si se actúa sobre el medio de transmisión, se debe aislar el tractor colocando un revestimiento con elementos elásticos que impidan la propagación de la onda vibratoria a modo de filtro. De este modo, se debería sustituir el asiento por uno que dispusiera de amortiguación antivibratoria y que estuviera en perfectas condiciones.

En cambio, otra opción sería la adopción de una medida de protección. Ésta consistiría en proporcionar a los trabajadores quipos de protección individual como muñequeras, cinturones lumbares, ropa acolchada, calzado aislante o guantes antivibratorios.

Además, también se podría rotar al personal para que estos se vieran menos afectados por dicho riesgo.

Todo ello debe ir acompañado con la vigilancia de la salud, realizando controles médicos periódicos y la formación e información de los riesgos a los que se está expuesto y como prevenirlos.

7.1.4.2. Acción a aplicar

Se combinará el cambio de asiento por uno ergonómico que se encuentre en perfectas condiciones y que absorba las vibraciones, junto con el empleo de faja antivibratoria y guantes antivibratorios. Tal y como se muestra en la figura:



Figuras 145, 146 y 147. Medidas preventivas vibraciones.

Estas medidas irán acompañadas de una rotación del puesto, del mismo modo que se ha propuesto en el caso del ruido. Dado que siempre se debe de trabajar como mínimo dos personas, conductor y acompañante, ambos rotarán sus puestos en la mitad de la jornada laboral. Así pues, estarán expuestos al riesgo de vibraciones durante 4 horas cada uno, siendo los niveles de vibración los que se exponen a continuación:

- **MANO-BRAZO**

- **A plena carga:**

$A(8) = 8,827 \sqrt{\frac{0,4}{8}} = 1,974 \text{ m/s}^2$, que está por debajo de $2,5 \text{ m/s}^2$ que es el valor que da lugar a una acción

- **No en la máxima aceleración:**

$A(8) = 8,792 \sqrt{\frac{3,6}{8}} = 5,9 \text{ m/s}^2$, que es superior al valor límite (5 m/s^2)

- **CUERPO COMPLETO**

- **A plena carga**

$A_z(8) = 9,700 \sqrt{\frac{0,4}{8}} = 1,2 \text{ m/s}^2$, que es superior al valor límite de $1,15 \text{ m/s}^2$

- **No en la máxima aceleración**

$A_z(8) = 9,913 \sqrt{\frac{3,6}{8}} = 6,6 \text{ m/s}^2$, que es superior al valor límite de $1,15 \text{ m/s}^2$

Como en la mayoría de los casos, aun reduciendo la exposición sigue sobrepasando el límite, se deben complementar con las medidas expuestas anteriormente.

7.1.5. GOLPEO

7.1.5.1. Opciones a aplicar

Puesto que el riesgo no se puede eliminar porque no se puede prescindir de la apertura del paraguas vibrador, varias son las opciones propuestas:

- Amortiguamientos en la punta de la varilla. Es decir, elementos con una cierta elasticidad para que absorban parte del impacto en caso de colisión.
- Utilizar casco de protección.
- Actuar sobre el momento de inercia, es decir, sobre la longitud de la varilla, el ángulo de apertura del paraguas o la velocidad del mismo. Centrándose en disminuir la



velocidad de apertura del paraguas vibrador para que, en caso de colisión, se disminuya el efecto y para aumentar el tiempo de reacción del operario.

Esta última opción afectaría a la rentabilidad de la recolección de la siguiente manera:

Si se considera una jornada laboral de 8 h, se recolectan aproximadamente 600 árboles, que se distribuyen en 3 parcelas, dado que la parcela media es de 200 árboles. Así pues, la distribución de tiempos para este supuesto por las fases de recolección sería:

- El **desplazamiento con el tractor hasta el terreno de recolección y la vuelta a casa**, se considera 7 min aproximadamente para cada uno de estos trayectos.
- En cuanto al **proceso propio de recolección**:
 - Movimiento entre árboles: 20 s (0,33 min) * 600 árboles = 198 min
 - Acoplamiento del paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = 40,2 min
 - Apertura del paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = 40,2 min
 - Vibrado tronco: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = 40,2 min
 - Cierre paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = 40,2 min
- Se ha estimado un tiempo de **descarga** medio de 4 min y como se van a recolectar 600 árboles, se realizarán 12 descargas (se considera una descarga cada 50 árboles), lo que supone un total de 48 min
- Para el **cambio de un terreno a otro**, debido a que se considera la recolección de 3 parcelas, se realizan 2 trayectos de aproximadamente 5 min cada uno. Por tanto, supone un total de 10 min
- Los **imprevistos** a lo largo de la jornada se calculan como un 10% de la misma. Por tanto, serán de 48 min

Así pues, a modo resumen:

Tabla 46. Resumen de tiempos por fase.

FASE	TIEMPO (min)
DESPLAZAMIENTO (ida y vuelta)	≈14
RECOLECCIÓN:	
• Movimiento entre árboles	198
• Acoplamiento paraguas	40,2
• Apertura paraguas	40,2
• Vibrado tronco	40,2
• Cierre paraguas	40,2
DESCARGA	48
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈ 10
IMPREVISTOS	48

Al disminuir la velocidad de apertura, aumentará el tiempo de apertura y cierre de paraguas. Así pues, suponiendo que el paraguas se abre en 6 s en lugar de 4s, y del mismo modo, el tiempo que tarda en cerrarse es de 6 s, se obtiene que se recolectan 550 árboles en lugar de 600, en una jornada laboral de 8 horas. A continuación se muestran los cálculos efectuados:

- El **desplazamiento con el tractor hasta el terreno de recolección y la vuelta a casa**, se considera 7 min aproximadamente para cada uno de estos trayectos.
- En cuanto al **proceso propio de recolección**:
 - Movimiento entre árboles: 20 s (0,33 min) * 550 árboles = 183,3 min
 - Acoplamiento del paraguas: 4 s (0,067 min) * 550 árboles = 36,85 min
 - Apertura del paraguas: 6 s (0,1 min) * 550 árboles = 55 min
 - Vibrado tronco: 4 s (0,067 min) * 550 árboles = 36,85 min
 - Cierre paraguas: 6 s (0,1 min) * 550 árboles = 55 min
- Se ha estimado un tiempo de **descarga** medio de 4 min y como se van a recolectar 550 árboles, se realizarán 10 descargas (se considera una descarga cada 50 árboles), lo que supone un total de 44 min
- Para el **cambio de un terreno a otro**, debido a que se considera la recolección de 3 parcelas, se realizan 2 trayectos de aproximadamente 5 min cada uno. Por tanto, supone un total de 10 min

- Los **imprevistos** a lo largo de la jornada se calculan como un 10% de la misma. Por tanto, serán de 48 min

Tabla 47. Resumen de tiempos por fase.

FASE	TIEMPO (min)
DESPLAZAMIENTO (ida y vuelta)	≈ 14
RECOLECCIÓN:	
• Movimiento entre árboles	183,3
• Acoplamiento paraguas	36,85
• Apertura paraguas	55
• Vibrado tronco	36,85
• Cierre paraguas	55
DESCARGA	44
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈ 10
IMPREVISTOS	48

De este modo, la energía de impacto sería: $E_{cr} = \frac{1}{2} * I * W^2$, siendo la velocidad angular de π rad/ 6 s, lo que es lo mismo que 0,52 rad/s. Así pues, $E_{cr} = \frac{1}{2} * 47,60 * 0,52^2 = 6,48$ J. Comparándolo con el caso a analizar de apertura y cierre en 4 s, en el que la energía de impacto era de 14,57 J, se observa que ésta se reduce a más de la mitad, penalizando la recolección de 50 árboles por jornada laboral.

Conforme se fuera disminuyendo la velocidad de apertura y cierre, o lo que es lo mismo, aumentando el tiempo, se iría penalizando la productividad de recolección en aproximadamente 50 árboles cada segundo que se aumentara; pero iría disminuyendo la energía de impacto en caso de colisión en la proporción siguiente:

Tabla 48. Energía de impacto en función del tiempo de apertura.

TIEMPO APERTURA	VELOCIDAD ANGULAR	ENERGÍA DE IMPACTO
4 s	0,79 rad/s	14,57 J
5 s	0,63 rad/s	9,45 J
6 s	0,52 rad/s	6,48 J
7 s	0,45 rad/s	4,82 J
8 s	0,39 rad/s	3,62 J

7.1.5.2. Acción a aplicar

Dado que debe primar la protección colectiva frente a la individual, se deben de colocar elementos elásticos en todas las puntas de las varillas y que estos se conserven en óptima calidad. Así pues, todas las varillas deben encontrarse como en la figura adjunta:

**Figura 148.** Elementos elásticos de protección.

A su vez, también se debería disponer de un casco protector para el acompañante, que es quien está expuesto a este riesgo.

**Figura 149.** Casco.



La opción de aumentar el tiempo de apertura y cierre del paraguas se ha descartado por no ser viable una vez ya adquirido el vibrador. Dicha opción se debería aplicar en el momento de fabricación del mismo.

7.1.6. ATRAPAMIENTO

Este riesgo se da por dos sistemas. De un lado, el tornillo sinfín que se encuentra en el vibrador de almendra y de otro, el enganche tripuntal que permite la conexión de el tractor y vibrador, así como la toma de fuerza.

7.1.5.1. Opciones a aplicar

TORNILLO SINFIN

Las zonas en donde se encuentran los tornillos sinfín, deben de estar protegidas por dispositivos de protección que impidan el acceso a las partes móviles y/o detener toda maniobra que pueda suponer atrapamiento.

Los dispositivos de protección deben ser:

- De fabricación sólida y resistente.
- No suponer riesgos suplementarios.
- De complicada anulación y puesta fuera de servicio (La retirada de la protección irá asociada a un dispositivo eléctrico si no son necesarias herramientas manuales).
- Situados a distancias seguras de las zonas peligrosas.

Además, cuando se retire la protección por cuestiones de mantenimiento o atasco, ésta se volverá a coloca antes de poner en funcionamiento de nuevo el vibrador. A su vez, no se deben realizar labores de reparación o mantenimiento hasta que el vibrador no se encuentre totalmente parado.

ENGANCHE TRIPUNTAL Y TOMA DE FUERZA

Se adoptarán las mismas medidas de prevención que se han mencionado en el apartado 7.1.1 (B) para el caso del tractor.

De un lado, para el enganche **tripuntal**:

- Al enganchar el vibrador, el operario no se colocará entre el tractor y el apero.
- Disponer de un ayudante realizar la tarea. Utilizar en lo posible las señales de mano, previamente acordadas.
- Dejar apoyado el vibrador en el suelo o apoyado sobre algún soporte de forma estable, siempre que se detenga el tractor.

- Antes de enganchar y desenganchar máquinas, situar los mandos de tal modo que los brazos no se puedan elevar o descender involuntariamente.
- Es fundamental seguir el procedimiento de enganche que consiste en:
 - 1º) Colocar el tractor cerca del vibrador y procurar que quede centrado para facilitar el enganche.
 - 2º) Subir o bajar los brazos hasta la altura necesaria para conectar el vibrador.
 - 3º) En los tres puntos se encontrará uno fijo y dos que tienen sistemas de graduación. Así pues, se debe enganchar siempre primero el brazo fijo y después aquel que sea más sencillo, y dejar para el final el que presente alguna limitación.
 - 4º) En algunos casos se necesitará levantar el vibrador para facilitar la operación o mover el tractor.
- Del mismo modo que para el enganche, se debe seguir un procedimiento de desenganche:
 - 1º) Transportar el equipo al sitio de almacenamiento.
 - 2º) Colocar el apoyo del vibrador sobre su estructura.
 - 3º) Bajar lentamente el equipo hasta que quede apoyado.
 - 4º) Desenganchar el punto central modificando su longitud.
 - 5º) Desenganchar el brazo de la caja de niveladora, utilizándola si se requiere.
 - 6º) Desenganchar el brazo izquierdo.
 - 7º) Retirar el tractor y subir los brazos del levante.
 - 8º) Guardar los pasadores de enganche y el tercer punto en el sitio correspondiente.

Es importante destacar, que en el caso a analizar, el enganche lleva un cierre de seguridad, tal y como se muestra en la figura adjunta:



Figuras 150, 151, 152 y 153. Enganche de seguridad.

Por otro lado, para la **toma de fuerza**:

- Para acoplar los equipos a la TDF, es necesario que el tractor se encuentre apagado y la TDF desconectada.
- Al conectar la TDF, se debe seguir un procedimiento de enganche adecuado que consiste en:
 - 1º) Alinear el tractor y el vibrador.
 - 2º) Conectar la TDF.
 - 3º) Una vez enganchado el vibrador al tractor, conectar el cardan con el eje.
 - 4º) Asegurarse de que queda bien acoplado: El cardan tiene un pasador que entra en la ranura del eje y no permite que con el giro del eje se suelte.
- No llevar ropas sueltas, mangas desabrochadas, joyas (anillos, cadenas, medallas, etc.).
- Llevar el pelo recogido o llevar gorra.
- Nadie deberá permanecer en la zona próxima a la máquina en movimiento. Así pues, tractorista debe evitar la proximidad de trabajadores en la zona de la toma de fuerza, juntas y eje cardan en movimiento. Para ello, todos los espejos deben estar correctamente colocados, sin la existencia de ángulos muertos.
- No subir o bajar del tractor por la parte posterior.
- Desconectar siempre la toma de fuerza cuando se formen ángulos excesivos, y cuando no sea necesaria.
- Antes de poner en marcha la toma de fuerza hay que asegurarse de que el número de revoluciones elegido se corresponde con el permitido para la máquina (velocidad de giro de trabajo).
- Las tomas de fuerza en los extremos correspondientes al tractor y a la máquina llevarán un protector fijo, y los ejes cardánicos deben estar protegidos mediante unos protectores cilíndricos corredizos para evitar el contacto con éstos, y el consiguiente atrapamiento del trabajador. En el esquema siguiente se muestra dichos protectores:



Figura 154. Elementos de protección del eje cardánico (2) y de las tdf (1 y 3).

- La toma de fuerza de los tractores, los ejes cardánicos, y cualquier elemento en rotación, debe estar protegidos, incluso cuando no están siendo utilizados.



Figura 155. Toma de fuerza del vibrador.

- Utilizar únicamente el eje cardánico previsto para la máquina por el fabricante, con su correspondiente dispositivo de seguridad.
- Montar el eje cardánico con la toma de fuerza desconectada, con el motor parado y con la llave de arranque quitada.
- Evitar el giro del tubo protector del eje cardánico mediante la sujeción con una cadena anti-rotación.



Figura 156. Cadena anti-rotación

- Al desmontar el eje cardánico, hay que colocar la coraza protectora de la toma de fuerza.

- Utilizar la coraza protectora de la toma de fuerza, tanto cuando ésta está funcionando, en los momentos de enganche y desenganche, como cuando se está utilizando. Esta coraza deberá cubrir al menos la parte de arriba y los dos lados de la toma de fuerza.
- Evitar el que el eje cardánico permanezca enganchado a la toma de fuerza y descanse por su otro extremo en el suelo.

7.1.5.2. Acción a aplicar

En el caso del tornillo sinfín, se colocará una rejilla protectora a lo largo de todo él, tal y como se muestra en la figura:



Figura 157. Rejilla protectora

Para el tripunthal y la toma de fuerza, las protecciones de las que dispone son las que se deben adoptar. Por tanto, la mejor medida preventiva para evitar el riesgo es un correcto procedimiento de trabajo de enganche y desenganche, como se ha comentado en el apartado anterior.

7.2. PRESUPUESTO

A continuación se establece un resumen de todas las soluciones que se deberían adoptar para cada uno de los riesgos y presupuesto orientativo para cada una de las medidas propuestas en el apartado anterior:

Tabla 49. Presupuesto medidas preventivas.

INESTABILIDAD			
SOLUCIONES	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Colocar lastre	8 (de 50 kg cada 1)	60 €	480 €
Subir marcha atrás	-	-	-
			480 €



RUIDO			
SOLUCIONES	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Rotación puesto	-	-	-
Protectores auditivos	2	100 €	200 €
			200 €
VIBRACIONES			
SOLUCIONES	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Rotación puesto	-	-	-
Guantes antivibratorios	2	30 €	60 €
Asiento que absorba las vibraciones	1	1500 €	1500 €
Faja antivibratoria	2	40 €	80 €
			1640 €
GOLPEO			
SOLUCIONES	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Elementos elásticos en la punta de las varillas	8	15 €	120 €
Casco protector	2	25 €	50 €
			170 €
ATRAPAMIENTO			
SOLUCIONES	UNIDADES	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Adecuado procedimiento de trabajo de enganche y desenganche	-	-	-
Rejilla	2	70 €	140 €
			140 €



Así pues, el coste total de las medidas preventivas a adoptar ascendería a:

INESTABILIDAD.....	480 €
RUIDO.....	200 €
VIBRACIONES.....	1640 €
GOLPEO.....	170 €
ATRAPAMIENTO.....	140 €
TOTAL.....	2630 €

7.3. IMPLANTACIÓN

Debido a que los riesgos analizados han recibido la categorización de importantes en la evaluación de riesgos realizada previamente, no se debe continuar las tareas sin haber tomado las medidas oportunas para evitar dichos riesgos. Por tanto, las medidas propuestas se deberán tomar a corto plazo, en un período máximo de 3 semanas. La priorización de las mismas se va a establecer en la gravedad de las consecuencias que se pueden producir en este corto plazo.

Así pues:

Tabla 50. Implantación medidas preventivas.

ORDEN DE ACTUACIÓN	SOLUCIÓN	PLAZO MÁXIMO
1º	LASTRE	1ª semana
2º	REJILLA	1ª semana
3º	ROTACIÓN DE PUESTO	2ª semana
4º	ELEMENTOS ELÁSTICOS	2ª semana
5º	FORMACIÓN ACERCA DEL ADECUADO PROCEDIMIENTO DE TRABAJO DE ENGANCHE Y DESENGANCHE	2ª semana
6º	FORMACIÓN ACERCA DE CUANDO SE DEBE SUBIR MARCHA ATRÁS	2ª semana



7º	CASCO	3ª semana
8º	PROTECTORES AUDITIVOS	3ª semana
9º	GUANTES Y FAJA ANTIVIBRATORIA	3ª semana
10º	ASIENTO ANTIVIBRATORIO	3ª semana



APARTADO 8. CONCLUSIÓN



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





Tras la realización del presente estudio se ha demostrado la necesidad de elaborar un plan de prevención que permita reducir los riesgos que se producen en la recolección de la almendra, ya que aunque ésta haya evolucionado con la mecanización de la misma y esto haya significado una importante mejora en las condiciones laborales de los trabajadores, también ha contribuido a aumentar la gravedad de los riesgos relacionados con el manejo de estas máquinas.

Así pues, se deberán priorizar las acciones a tomar en función de la gravedad de los riesgos que conllevan, tal y como se ha comentado en el apartado 6 de análisis de los riesgos. Actuando en primer lugar sobre los que han obtenido una valoración importante, que son en los que se centra este estudio. Estos riesgos son:

1. Inestabilidad
2. Ruido
3. Vibraciones
4. Golpeo
5. Atrapamiento

Así pues, se establecen las medidas a adoptar para cada uno de ellos, siendo la más costosa económicamente las vibraciones y ascendiendo el presupuesto total a unos 3000 € aproximadamente, debiéndose realizar a corto plazo no superando las 3 semanas.

Por último, además de las medidas propuestas para prevenir dichos riesgos, siempre habría que formar e informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos y la forma de prevenirlos, así como realizar controles médicos periódicos para llevar a cabo una adecuada vigilancia de la salud.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





APARTADO 9. BIBLIOGRAFÍA



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





PÁGINAS WEB CONSULTADAS:

ALPUENTE

<http://www.alpuente.es> [Última consulta: Julio 2015]

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO

www.boe.es [Última consulta: Julio 2015]

CEC PREVENCIÓN

<http://www.prevencioncec.es/> [Última consulta: Febrero 2015]

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN

<http://www.cita-aragon.es/> [Última consulta: Marzo 2015]

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO

<http://www.dgt.es> [Última consulta: Agosto 2015]

DUERTO PROTECCIÓN LABORAL. Equipos de Protección Individual (EPI)

[http://www.duerto.com/normativa/RD773-1997\(1\).php](http://www.duerto.com/normativa/RD773-1997(1).php) [Última consulta: Julio 2015]

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL (EIFORNAT). Sólido Rígido

http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/solido/energia_solido.html
[Última consulta: Abril 2015]

INASEL. TECNOLOGÍA ACÚSTICA. Nivel continuo equivalente

<http://www.inasel.com/Acustipedia/Conceptos-generales/Que-es-el-nivel-continuo-equivalente-Leq.html>

INFOAGRO. Prevención de Riesgos Laborales: Seguridad en tractores.

www.infoagro.com/maquinaria/seguridad_tractores.asp [Última consulta: Abril 2015]

INGEMECÁNICA. Legislación y Normativa aplicable a Tractores, Remolques y maquinaria Agrícola.

<http://ingemecanica.com/legisla/legagricola.html> [Última consulta: Junio 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

<http://www.insht.es> [Última consulta: Agosto 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Portal de Equipos de Protección Individual



<http://www.insht.es/portal/site/Epi/> [Última consulta: Junio 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Portal del Sector Agrario

<http://www.insht.es/portal/site/SectorAgrario/> [Última consulta: Junio 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Fichas de Divulgación Normativa

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=e1f0ac5a58dd2310VgnVCM1000008130110aRCRD&vgnnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> [Última consulta: Mayo 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Gestión de la prevención de riesgos laborales en la pequeña y mediana empresa

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=6cfda39903387110VgnVCM100000b80ca8c0RCRD&vgnnextchannel=a90aaf27aa652110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> [Última consulta: Mayo 2015]

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL. REGIÓN DE MURCIA

www.carm.es/issl [Última consulta: Enero 2015]

INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS (IVIA)

<http://www.ivia.gva.es/centro-de-agroingenieria> [Última consulta: Mayo 2015]

MILIARIUM. INGENIERÍA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE. Índices de estimación de ruido

<http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesRuido.htm> [Última consulta: Mayo 2015]

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

<http://www.magrama.gob.es/es/> [Última consulta: Abril 2015]

ROOTPAC. PORTAINJERTOS DE NUEVA GENERACIÓN. El Almendro

<http://www.rootpac.com/es/almendros> [Última consulta: Marzo 2015]

TOPAVI

www.topavi.es [Última consulta: Mayo 2015]

UGT. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

<http://www.prevencionlaboral.org/normativa-inicio-principal.html> [Última consulta: Febrero 2015]

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



<http://ocw.upm.es/> [Última consulta: Febrero 2015]

VIMAR EQUIPOS

<http://www.vimarequipos.com/index.php/recolectores-vimar/paraguas-vimar> [Última consulta: Junio 2015]



DOCUMENTOS

Acústica arquitectónica y medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. *“Ruido y Vibraciones. Máster Prevención de Riesgos Laborales”*. Año 2014

ASEPEYO. *“Efectos para la salud de la exposición a vibraciones”*. Año 2006

ASEPEYO. *“Fuentes de vibración en nuestro entorno”*. Año 2006

ASEPEYO: *“Normativa de protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas”*. Año 2006

Asociación Española para la Calidad Acústica (AECOR). *“Guía y procedimiento de medida del ruido de actividades en el interior de edificios”*. Año 2011

Centro de acústica aplicada (AAC). *“Instrumentación y medición en campo”*. Año 2011

Consejería de Economía y Hacienda Región de Murcia. *“Prevención de riesgos laborales en tareas de conducción de maquinaria agrícola”*. Año 2010

Departamento de Trabajo Generalitat de Cataluña. *“Guía de ayuda para la autoevaluación de los riesgos en maquinaria agrícola”*. Año 2008

Diputación Provincial de Jaén. *“Nuevas técnicas de Cultivo y Comercialización del Almendro”*. Año 2014

Diputación de Valencia. *“Auditoría ambiental de Alpuente”*. Año 2012

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. *“Vibraciones”*. Año 2007

Gómez-Cano Alfaro, María. *“Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico”*. Año 2006

Herencia Burgos, Julián. *“Manejo seguro del tractor” (Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Lorca)*. Año 2010

Instituto Navarro de Salud Laboral. *“El tracto agrícola”*. Año 2008

Instituto Navarro de Salud Laboral. *“Aperos de preparación del terreno”*. Año 2008

Instituto Navarro de Salud Laboral. *“Factores psicosociales. Identificación de situaciones de riesgo”*. Año 2002

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *“Aspectos ergonómicos del ruido”*. Año 2010

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *“Tractores: comercialización y uso” (Fichas de Divulgación Normativa)*. Año 2011

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *“Protección de la cabeza. Cascos de protección”*. Año 2011



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"Tractores: comercialización y uso"* (Fichas de Divulgación Normativa). Año 2011

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 017: Protectores auditivos. Atenuación en dB(A)".* Año 1982

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 259: Tractor agrícola. Prevención del vuelco".* Año 2010

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos".* Año 2000

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido. Evaluación clínica y diagnóstico".* Año 2012

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 784: Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento".* Año 2007

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 839: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo".* Año 2009

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"NTP 963: Vibraciones. Vigilancia de la salud en trabajadores expuestos".* Año 2010

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas".* Año 2005

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *"Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido".* Año 2006

Instituto de Seguridad y Salud Laboral Región de Murcia. *"Tornillo sin fin y cinta transportadora".* Año 2011

Instituto de Seguridad y Salud Laboral Región de Murcia. *"Toma de fuerza en el tractor agrícola".* Año 2011

Instituto de Seguridad y Salud Laboral Región de Murcia. *"Vuelco del tractor agrícola".* Año 2008

Junta de Castilla y León. *"Prevención de riesgos laborales en agricultura y ganadería".* Año 2006

Márquez, Luis. *"La ergonomía de los tractores".* Año 2009

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *"Conceptos básicos del ruido ambiental".* Año 2006



Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *"Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero"*. Año 2008

Ministerio del Interior. Dirección General de Tráfico. *"Los tractores"*. Año 2014

Muncharaz Pou, Manuel. Generalitat Valenciana. Conselleria d'agricultura i pesca. *"Recolección mecanizada del almendro"* (ISBN: 84-7890-542-1). Año 1991

Pérez de Larraya, Carmelo. *"Tareas agrarias. Riesgos y prevención"* (Instituto Navarro de Salud Laboral). Año 2013

Sánchez García, María José. *"Estudio de las condiciones de trabajo de los conductores de vehículos de carga en Colombia para proponer mejoras en los puestos de trabajo"* (Pontificia Universidad Javeriana). Año 2004



NORMATIVA

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, *de Prevención de Riesgos Laborales*.

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, *sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la Utilización por los Trabajadores de los Equipos de Trabajo*.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, *por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención*.

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, *sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, *por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro*.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, *sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido*.

Real Decreto 330/2009, de 13 de marzo, *por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas*.

UNE-EN ISO 5349:2002, *Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano*.

UNE-ISO 2631:2008, *Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero*.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





ANEXOS



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





ANEXO I: ESTUDIO DE INESTABILIDAD



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



I.1.- Introducción

Son varias las causas principales que determinan el vuelco de un tractor, que puede ser de dos tipo: lateral y hacia atrás ("encabritamiento"). Estas causas se pueden agrupar en:

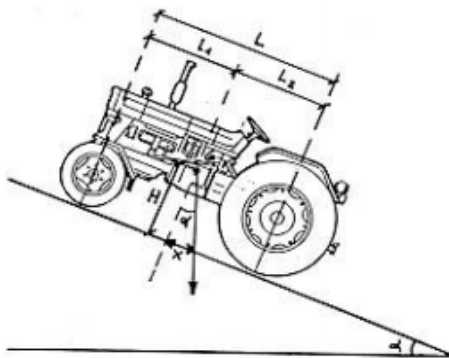
A. PELIGROSIDAD INTRÍNSECA A LOS TRACTORES Y SUS APEROS:

- Falta estabilidad por la altura del centro de gravedad o por la anchura de la vía

En primer lugar hay que señalar que el tractor agrícola es una máquina cuyo centro de gravedad se encuentra relativamente elevado respecto al suelo, al ser la altura libre de la máquina necesaria para realizar las labores agrícolas.

Además, la estabilidad del tractor, cuya pérdida determina el vuelco, también está relacionada con la distancia entre ejes y la anchura de vía utilizada. En este sentido, los tractores cortos y estrechos implican mayor riesgo de vuelco.

- VUELCO HACIA ATRÁS:



El vuelco hacia atrás se produce cuando:

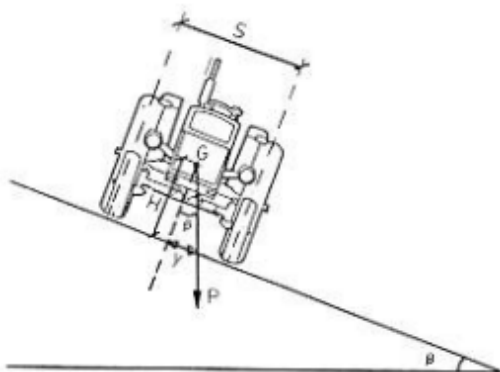
$$H \cdot P \cdot \operatorname{sen} \alpha - L_2 \cdot P \cdot \operatorname{cos} \alpha \geq 0$$

Es decir, $\operatorname{tg} \alpha (\text{pendiente del terreno}) \geq L_2/H$

Figura 158. Vuelco hacia atrás.

Así pues, la estabilidad depende de la posición del cdg (H y L_2). Ésta mejorará cuanto mayor sea el valor de L_2 y menor el de H

- VUELCO LATERAL:



El vuelco lateral se produce cuando:

$$H \cdot P \cdot \operatorname{sen} \beta - S/2 \cdot P \cdot \operatorname{cos} \beta \geq 0$$

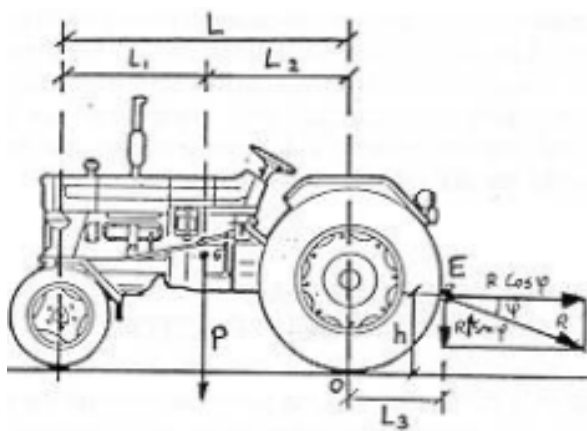
Es decir, $\operatorname{tg} \beta (\text{pendiente del terreno}) \geq S/2H$

Figura 159. Vuelco lateral.

Así pues, para mejorar la estabilidad lateral del tractor se debe:

- Aumentar la anchura de vía (S)
- Disminuir la altura del cdg (H)
- VUELCO HACIA ATRÁS CON APEROS ENGANCHADOS:

Por otro lado, el tractor, como su nombre indica, realiza fundamentalmente trabajos de tracción y en este sentido hay que señalar que una fuerza de tracción excesiva y/o aplicada sobre un punto de enganche elevado, determina un momento de vuelco con "encabritamiento" del tractor.



El momento de vuelco hacia atrás con apero enganchado, se ve incrementado con

$$M_o = h R \cos \phi + L_3 R \sin \phi$$

Siendo, M_o el momento de vuelco que se origina respecto al punto de apoyo de las ruedas traseras (O), mediante la reacción R del apero aplicada al punto de enganche (E)

Figura 160. Vuelco lateral con aperos enganchados.

El riesgo de vuelco será menor al disminuir los valores de h, L_3 y R

B. CONFIGURACIÓN IRREGULAR Y ABRUPTA DEL TERRENO:

- Caminos y accesos a parcelas deficientes.
- Desniveles, zanjas, baches, piedras, etc.

C. FALTA DE PREPARACIÓN ADECUADA DE LOS CONDUCTORES:

- Falta de instrucción previa.
- Desconocimiento de los riesgos.
- Desconocimiento de las limitaciones del tractor.

D. FALLO TÉCNICO:

- Mantenimiento y conservación inadecuada de frenos, dirección, embrague, etc.

E. ACTOS INSEGUROS O MANIOBRAS INCORRECTAS EJECUTADAS EN EL MANEJO DEL TRACTOR:

Son consecuencia de la falta de formación y preparación adecuada de los conductores, agravada en algunos casos por imprudencia profesional. Los actos inseguros más corrientes se resumen en función del tipo de vuelco en:

Tabla 51. Actos inseguros en función del vuelco.

VUELCO LATERAL	CON DESNIVELES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circular cerca de desniveles, zanjas, taludes, regueras, etc.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trabajar en la proximidad de lindes en desniveles al apurar en exceso una labor.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pasar algunas de las ruedas sobre prominencias o depresiones del terreno (piedras, hoyos, etc.).
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acceso entre parcelas de distinto nivel remontando los taludes de separación.
	CON PENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circular a velocidad excesiva en la bajada de pendientes, en particular si se transportan remolques cargados.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilización del tractor con anchura de vía mínima.
	LLANOS Y CON PENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frenado brusco de una sola rueda cuando se circula a velocidad alta.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frenado brusco transportando remolques cargados excesivamente y sin sistemas de frenado independientes.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ No elevar el apero del terreno al efectuar cambios de sentido en labores de arado.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Girar el tractor de forma brusca a velocidad alta, en particular, en terrenos desfavorables (resbaladizos o con pendientes) o con aperos elevados o remolques.
VUELCO HACIA ATRÁS	CON PENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Subida de pendientes fuertes transportando aperos suspendidos pesados o remolques excesivamente cargados.
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiar la dirección de la marcha ejecutando un giro para subir una pendiente, en particular, con aperos suspendidos.

	LLANOS Y CON PENDIENTE	<ul style="list-style-type: none">▪ Descompensar el peso del tractor al colocar aperos suspendidos no adecuados y sin lastre en el eje delantero.
		<ul style="list-style-type: none">▪ Enganche al tractor en un pinto demasiado alto.
		<ul style="list-style-type: none">▪ Iniciar el arranque y marcha del tractor acelerando y embragando de golpe, en particular con aperos suspendidos o remolques.
		<ul style="list-style-type: none">▪ Forzar el tractor acelerando y embragando bruscamente en sentido de la marcha hacia delante, cuando se sufre un atasco o se encuentra en el terreno una resistencia elevada.

I.2.- Descripción del puesto de trabajo



Para la evaluación de la inestabilidad se ha considerado al conductor que maneja el tractor con el vibrador, concretamente en el momento que entra al terreno de trabajo. Es en ese momento cuando más riesgo de vuelco tiene, ya que tiene que superar pendientes muy elevadas que, en ocasiones, ponen en peligro la estabilidad del tractor.



I.3.- Mediciones

Se han medido las pendientes de entrada en varios terrenos de trabajo, indistintamente:

Tabla 52. Pendientes según parcela.

PARCELA	ÁNGULO	
CASA BRUNO	9-13°	
COLLO	8°	
	16°	

	18°	
	26°	
	20°	

	27°	
TALAYAS	15°	

I.4.- Equipo de muestreo

Para medir la pendiente que se tiene que superar para entrar a los terrenos de trabajo se ha empleado un inclinómetro, a través de una aplicación en un teléfono móvil.

I.5.- Análisis y cálculo de la muestra

REACCIONES DE VUELCO

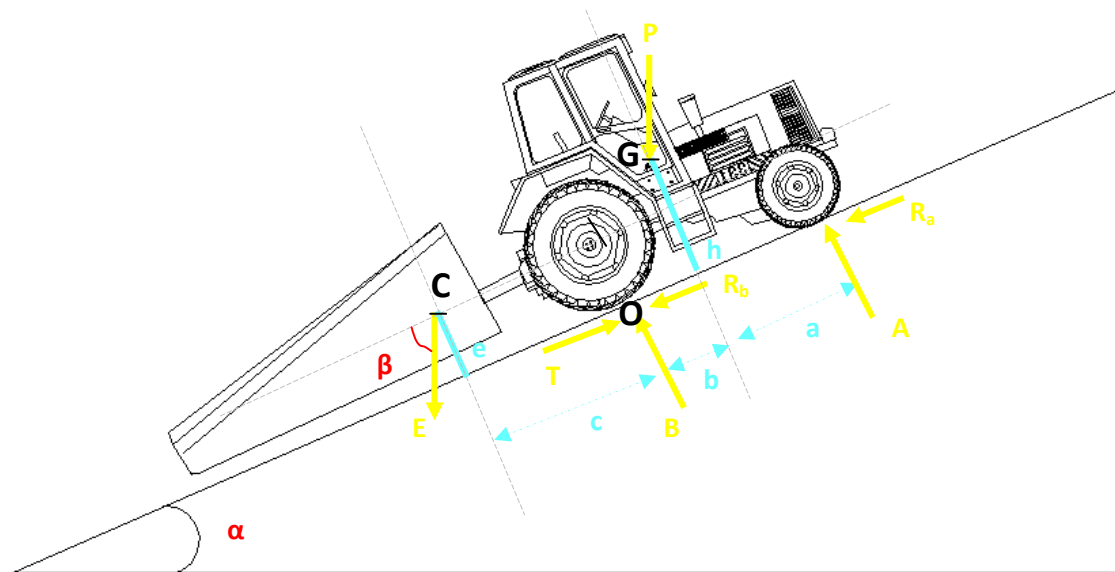


Figura 161. Diagrama de fuerzas.

Tabla 53. Leyenda.

LEYENDA			
G : Centro de masas	P : Peso	h : altura del centro de masas	α : Pendiente del terreno
C : Punto de enganche	E : Fuerza de enganche de un apero suspendido: es una acción vertical equivalente al peso del equipo suspendido	e : altura del punto de enganche	β : Inclinación de la fuerza en el enganche con respecto a la horizontal
O : Punto de la rueda trasera en el cual se van a tomar momentos	A y B : reacciones normales en las ruedas	a , b y c : distancias de las proyecciones de G y C respecto al contacto rueda-suelo	
	R : Resistencia total a la rodadura T , fuerza de ruedas motrices	a + b : Batalla	

(*) a es prácticamente el doble que b porque el tractor es de simple tracción, doble de masa atrás que delante. Por tanto tomaremos, $a = 2 \cdot b$

ECUACIONES DE VUELCO

Considerando el gráfico anterior, se procede a tomar momentos en O:

$$P \cdot \cos \beta \cdot h + E \cdot \cos \beta \cdot e + E \cdot \sin \beta \cdot c + A \cdot (a+b) = P \cdot \sin \beta \cdot b$$

A es el valor que nos da la seguridad. Se adopta la recomendación para prevenir vuelcos, que:

$$A \geq 0,3 A_0, \text{ siendo } A_0 = P \cdot \frac{b}{a+b}$$

Se deben sustituir en la ecuación los siguientes datos:

Tabla 54. Datos.

DATOS		
P = 25400 N	a + b = 2 m	$\beta = 90 - \alpha$
E = 8000 N	h = 0,60 m	
	e = 0,5 m	
	c = 1,7 m	

I.6- Evaluación

Operando:

$$A_0 = 25400 \cdot \frac{1}{3} = 8301 \text{ N}$$

$$A \geq 0,3 A_0 \geq \mathbf{2490 \text{ N}}$$

Esto quiere decir que el tractor volcará cuando la **A** sea menor a 2490 N

Aplicando la fórmula, en la tabla siguiente se resumen resultados obtenidos:

Tabla 55. Condición de vuelco en función del ángulo.

α	A	¿VOLCARÁ?
5º	1709,0	VOLCARÁ
10º	864,1	VOLCARÁ
15º	12,5	VOLCARÁ
20º	-839,1	VOLCARÁ
25º	-1684,3	VOLCARÁ
30º	-2516,7	VOLCARÁ

El tractor volcará para todas las pendientes, incluido en terreno llano. Así pues, se deberán tomar medidas para evitar dicha situación.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





ANEXO II: ESTUDIO DE RUIDO



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





II.1.- Introducción

El ruido es uno de los factores físicos que pueden tener una repercusión muy significativa sobre la salud de los trabajadores. La exposición diaria a altos niveles de ruido no sólo tiene efectos dañinos a medio-largo plazo, provocando una disminución de la capacidad auditiva, si no, que además, un ambiente de trabajo ruidoso puede producir pérdidas de concentración por parte de los afectados, cansancio e irritabilidad, incidiendo sobre el rendimiento del trabajador y la calidad del trabajo realizado.

Así pues, se va a proceder a la realización de un estudio del riesgo generado por el ruido ocasionado por la combinación del tractor y el vibrador. Se van a poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el Máster de Prevención de Riesgo Laborales, concretamente en la especialidad de Higiene laboral. Además, se va a hacer una revisión de la normativa actual vigente en esta materia para la aplicación práctica.

II.2.- Normativa a aplicar

- LEGISLACIÓN NACIONAL:

- Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Corrección de errores del Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (BOE núm. 60 de 11 de marzo de 2006)
- Real Decreto 1299/2006, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales.
- Real Decreto 39/1997, Reglamento de los servicios de prevención.
- Real Decreto 485/1997, Señalización.



- Ley 31/1995, de prevención de riesgos laborales
- UNE-EN ISO 9612 Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo.
- UNE-EN 458:2005. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento

- **LEGISLACIÓN EUROPEA:**

- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE
- Directiva 86/188/CE del Consejo de 12 de mayo de 1986 relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo

- **NOTAS TÉCNICAS:**

- NTP 960: Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización. INSHT – Año 2012.
- NTP 952: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación. INSHT – Año 2012.
- NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. INSHT – Año 2012.
- NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición. INSHT – Año 2012
- NTP 865: Ruido en los sectores de la música y el ocio (II). INSHT
- NTP 864: Ruido en los sectores de la música y el ocio (I). INSHT
- NTP 795: Evaluación del ruido en ergonomía: criterio RC MARK II. INSHT
- NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas. INSHT
- NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico. INSHT
- NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. INSHT



- **GÚIAS TÉCNICAS:**

- Exposición a Ruido. Guía General. Dirección General de Seguridad y Salud Laboral. Consejería de Empleo. Junta de Andalucía. 25/05/2011
- Guía sobre las enfermedades profesionales: Hipoacusia laboral por ruido. UGT de Catalunya. 27/05/2009
- Hipoacusia laboral por ruido. UGT de Catalunya, 2009
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido: REAL DECRETO 286/2006, de 10 de marzo, BOE nº 60, de 22 de marzo. INSHT

- **OTROS DOCUMENTOS:**

- Ruido. Enciclopedia OIT, Volumen II, Parte VI Riesgos Generales, Capítulo 47
- Estudio sobre los manuales de instrucciones de las máquinas en relación a los requisitos de ruido exigidos en la Directiva de Máquinas (89/392/CEE y 2006/42/CEE). Elaborado por el Comité Directivo de NOMAD. Mayo 2012

II.3.- Descripción del puesto de trabajo

Para la evaluación del ruido, se han escogido 2 puestos de trabajo. Por un lado, el conductor del tractor y vibrador, que es el que más expuesto está a este riesgo. Pero, por otro lado, también es importante considerar que para la recolección de la almendra, aunque se haya mecanizado dicho proceso, siempre se cuenta con un acompañante que dirige al conductor, recoge si alguna almendra cae fuera del paraguas, ayuda en la descarga y lleva vehículo con el remolque donde se descarga la almendra que se va recolectando. Por tanto, dicho acompañante también está expuesto a un elevado nivel de ruido que es motivo de evaluación. Para el análisis del nivel d ruido del acompañante, éste se considera a dos distancias diferentes, ya que su posición irá variando. Por ello, se considera a 5 m y a 10 m de la fuente de ruido.

II.4.- Mediciones

A. TIEMPOS DE EXPOSICIÓN:

Los tiempos de exposición de ambos operarios, aunque realicen la misma jornada laboral, no son los mismos, debido a que en el momento de traslado al campo y entre campos, el acompañante lo realiza en un vehículo a parte, exento del riesgo por ruido que supone el tractor y el vibrador, por tanto se considerarán en ese caso el ruido normal de un vehículo de transporte cotidiano.

En primer lugar, el tiempo total de la jornada laboral que se ha supuesto en este estudio, es de 8 horas, pero cabe destacar que ésta puede variar, ya que la jornada laboral se plantea según los campos recolectados.

Dicha exposición se distribuye en varias tareas, de las cuales se han realizado varias mediciones de tiempos:

TAREA 1: DESPLAZAMIENTO A LA PARCELA

El conductor lo hace con el tractor y el acompañante con el vehículo auxiliar que lleva el remolque.

Para los cálculos, se ha estimado una distancia media desde el almacén de la maquinaria hasta las diferentes parcelas en las que interviene el equipo de cosecha, de 3 km, ya que al principio de este estudio se mencionó que los terrenos se distribuían a lo largo de dos municipios que distaban entre sí 6 km. Por tanto, se ha cogido una distancia media. Se ha considerado una velocidad media del tractor en dicho desplazamiento de 25 km/h, así pues el tiempo que tarda en realizar dicho trayecto es de:

$$\frac{3 \text{ km}}{25 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,12 \text{ h} = 7,2 \text{ min}$$

TAREA 2: MOVIMIENTO ENTRE ÁRBOLES

A continuación, se realiza la propia acción de recolecta de la almendra, que empieza con el movimiento hacia el primer árbol; y una vez recolectado un árbol, el movimiento entre ellos. Los tiempos medidos en las diez observaciones realizadas, son los siguientes:

Tabla 56. Tiempo movimiento entre árboles.

TIEMPO (s)									
16,98	21,09	16,76	21,86	15,79	21,05	14,95	20,82	19,02	21,24

Tabla 57. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	14,95
VALOR MÁXIMO	21,86
MEDIA (\bar{X})	18,96
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	2,60

Para los cálculos, se considera una media de todas estas medidas tomadas y por tanto, el movimiento entre árboles es de 20 s.



Figura 162. Movimiento entre árboles.

TAREA 3: ACOPLAMIENTO AL TRONCO

Una vez se ha llegado con el vibrador al árbol, se debe reducir la velocidad para acoplarse al árbol mediante la pinza. Se debe ajustar ésta al tronco, con cuidado de no dañarlo. Así pues, los tiempos medidos en las diez observaciones realizadas son los siguientes:

Tabla 58. Tiempos acoplamiento al tronco.

TIEMPO (s)									
3,66	5,31	4,54	2,26	2,24	2,76	2,13	4,02	4,33	2,74

Tabla 59. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	2,24
VALOR MÁXIMO	5,31
MEDIA (\bar{X})	3,40
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	1,12

Para los cálculos, se considera una media de todas estas medidas tomadas y por tanto, el acoplamiento al tronco es de 4 s.



Figura 163. Acoplamiento al tronco.



Figura 164. Acoplamiento al tronco.

TAREA 4: APERTURA PARAGUAS

Una vez se ha acoplado la pinza al tronco del árbol, el paraguas se abre. Los tiempos medidos para dicha tarea son los siguientes:

Tabla 60. Tiempo apertura de paraguas.

TIEMPO (s)									
4,93	3,97	5,06	3,96	4,81	4,74	4,94	4,35	4,12	5,02

Tabla 61. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	3,96
VALOR MÁXIMO	5,06
MEDIA (\bar{X})	4,59
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	0,44

Para los cálculos, se considera una media de todas estas medidas tomadas y por tanto, la apertura del paraguas es de 4 s.



Figura 165. Apertura de paraguas.

TAREA 5: VIBRADO

En este momento, se realiza la propia recolección de la almendra. Se le transmite una vibración de corta duración al tronco del árbol para que la almendra caiga al paraguas. Los tiempos de dicha vibración son:

Tabla 62. Tiempo vibrado.

TIEMPO (s)									
3,83	6,27	3,49	3,97	3,28	3,03	2,91	3,09	2,50	3,08

Tabla 63. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	2,50
VALOR MÁXIMO	6,27
MEDIA (\bar{X})	3,55
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	1,05

Para los cálculos, se considera una media de todas estas medidas tomadas y por tanto, el vibrado es de 4 s.



Figura 166. Vibrado.

TAREA 6: CIERRE DEL PARAGUAS

Se consideran los mismos tiempos que para la apertura del paraguas, ya que es el mismo procedimiento.

Para los cálculos, se considera 4 s (del mismo modo que para la apertura del paraguas).

De la tarea 2 a la 6 se da el propio proceso de recolección, así pues con los tiempos medios que se han estimado, se puede asegurar que para la recolecta de un árbol se tarda 36 s. Del mismo modo, 10 árboles se recolectan en 6 min y 100 en 60 min.

TAREA 7: DESCARGA

Es importante considerar la descarga de las almendras recolectadas al remolque, que se realizará aproximadamente cada 50 árboles. Los tiempos medidos de la misma, en las seis observaciones realizadas, son los siguientes:

Tabla 64. Tiempo descarga.

TIEMPO (min)					
3,25	3,58	4,16	3,55	4,03	4,01

Tabla 65. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	3,25
VALOR MÁXIMO	4,16
MEDIA (\bar{X})	3,76
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	0,36

Para los cálculos, se ha estimado un tiempo medio de 4 min.



Figura 167. Descarga.

TAREA 8: TRASLADO ENTRE PARCELAS

Una vez se han recolectado todos los árboles, hay que tener en cuenta el cambio entre un campo y otro. El conductor lo hace con el tractor y el acompañante con el vehículo auxiliar que lleva el remolque.

A efectos de cálculos, para el cambio de un terreno a otro, se considera que se encuentran a una distancia de 2 km, ya que hay muchos de ellos que están colindando y la mayor distancia entre ellos puede ser de 6 km. Del mismo modo que en el caso anterior, se considera que la velocidad del tractor es de 25 km/h, así pues el tiempo que tarda en realizar dicho trayecto es de:

$$\frac{2 \text{ km}}{25 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,08 \text{ h} = 4,8 \text{ min}$$

TAREA 9: IMPREVISTOS

A lo largo de la jornada se puede dar una serie de imprevistos como son las averías, los atascos, regulaciones, necesidades del operario, etc. Para los análisis de tiempos de la maquinaria agrícola, es habitual considerar los imprevistos en un 10 - 15 % de la jornada laboral.

Para los cálculos, se tomará el 10%, es decir, 48 min

B. MEDICIONES:

Se ha realizado una medición en campo sobre 5 árboles y en 3 parcelas, elegidas indistintamente a lo largo de varios días. Dicha medición se ha realizado tanto para el conductor como para el acompañante, a dos distancias diferentes, a 5 y a 10 metros.

Así pues, tras dicha medición de los niveles de ruido en dB (A), así como de los tiempos empleados en cada una de las tareas que se consideran para la recolección, han sido:

PARCELA 1: (Collo)

Tabla 66. Mediciones ruido parcela 1.

	CONDUCTOR					ACOMPañANTE A					ACOMPañANTE B				
ABRIR PARAGUAS	86	89	89	89	88	77	78	78	77	79	79	73	72	73	74
VIBRAR	98	98	96	96	98	84	88	88	85	86	83	80	77	79	80
CERRAR PARAGUAS	86	88	89	88	87	77	77	78	76	78	78	73	72	72	73
MOVIMIENTO ÁRBOLES	83	83	85	83	85	75	73	75	74	76	73	70	69	70	71

PARCELA 2: (Talayas)

Tabla 67. Mediciones ruido parcela 2.

	CONDUCTOR					ACOMPAÑANTE A					ACOMPAÑANTE B				
ABRIR PARAGUAS	89	96	92	95	93	74	71	71	70	73	66	66	68	65	65
VIBRAR	99	102	99	100	99	83	75	78	75	77	69	74	73	68	70
CERRAR PARAGUAS	89	95	91	95	92	74	70	71	70	72	66	66	68	65	64
MOVIMIENTO ÁRBOLES	81	79	89	79	77	73	69	69	68	67	63	66	65	62	62

PARCELA 3: (Casa Bruno)

Tabla 68. Mediciones ruido parcela 3.

	CONDUCTOR					ACOMPAÑANTE A					ACOMPAÑANTE B				
ABRIR PARAGUAS	85	89	86	88	87	80	79	78	80	80	72	72	70	69	73
VIBRAR	93	98	97	97	99	88	86	82	83	88	80	78	77	77	79
CERRAR PARAGUAS	85	86	84	86	87	75	79	77	79	80	70	72	70	70	72
MOVIMIENTO ÁRBOLES	83	83	81	85	84	71	73	72	72	74	68	66	65	64	66

En cuanto a los tiempos, vistos en el apartado anterior, cabe destacar que varía en función del campo (separación de los árboles), de la antigüedad de los mismos y del propio conductor y su experiencia.

Así pues, otros datos que se obtienen son:

- a) **CICLO COMPLETO (ABRIR-VIBRAR-CERRAR)**, tras la medición de 10 muestras:

Tabla 69. Ciclo completo.

TIEMPO (s)									
13,24	19,04	13,34	14,47	13,94	18,16	12,16	12,48	12,84	13,05

Tabla 70. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	12,16
VALOR MÁXIMO	19,04
MEDIA (\bar{X})	14,27
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	2,38

b) CICLO COMPLETO DE 10 ÁRBOLES, tras la medición de 4 muestras:**Tabla 71.** Ciclo completo 10 árboles.

TIEMPO (min)			
6,05	5,59	6,15	6,03

Tabla 72. Valores estadísticos.

VALOR MÍNIMO	5,59
VALOR MÁXIMO	6,15
MEDIA (\bar{X})	5,96
DESVIACIÓN TÍPICA (S_x)	0,25

Con estas mediciones, se puede asegurar que los tiempos medios tomados en el apartado A para cada tarea de recolección, son correctos.

c) CICLO DE 5 min:

En la siguiente tabla se muestra en un ciclo de 5 minutos, como va transcurriendo el tiempo de realización de las acciones de recolección en un mismo terreno. Es decir, abrir el paraguas, vibrar el tronco, cerrar el paraguas y desplazarse a otro árbol; así sucesivamente hasta alcanzar los 5 minutos de ciclo marcado.

Tabla 73. Ciclo 5 minutos.

ABRIR	3"	CERRAR	1,39'	ABRIR	3,24'	CERRAR	4,32'
VIBRAR	7"	DESPLAZ.	2,12'	VIBRAR	3,26'	DESPLAZ.	4,50'
CERRRAR	10"	ABRIR	2,17'	CERRAR	3,28'	ABRIR	4,54'
DESPLAZ.	48"	VIBRAR	2,20'	DESPLAZ.	3,49'	VIBRAR	4,57'
ABRIR	56"	CERRAR	2,23'	ABRIR	3,53'	CERRAR	5,01'
VIBRAR	59"	DESPLAZ.	2,46'	VIBRAR	3,57'		
CERRR	1,01'	ABRIR	2,49'	CERRAR	4,01'		
DESPLAZ.	1,26'	VIBRAR	2,53'	DESPLAZ.	4,21'		
ABRIR	1,33'	CERRAR	2,55'	ABRIR	4,25'		
VIBRAR	1,36'	DESPLAZ.	3,21'	VIBRAR	4,29'		

A continuación, se muestra otro ejemplo idéntico al anterior y se comprueba que no difieren mucho:

Tabla 74. Ciclo 5 minutos.

ABRIR	3"	ABRIR	1,19'	DESPLAZ.	2,32'	CERRR	3,40'
VIBRAR	6"	VIBRAR	1,24'	ABRIR	2,35'	DESPLAZ.	3,51'
CERRRAR	9"	CERRAR	1,27'	VIBRAR	2,38'	ABRIR	3,55'
DESPLAZ.	17"	DESPLAZ.	1,36'	CERRAR	2,40'	VIBRAR	3,59'
ABRIR	20"	ABRIR	1,39'	DESPLAZ.	2,51'	CERRAR	4,02'
VIBRAR	23"	VIBRAR	1,42'	ABRIR	2,54'	DESPLAZ.	4,13'
CERRR	26"	CERRAR	1,45'	VIBRAR	2,57'	ABRIR	4,17'
DESPLAZ.	33"	DESPLAZ.	1,55'	CERRAR	3,00'	VIBRAR	4,22'
ABRIR	37"	ABRIR	1,57'	DESPLAZ.	3,11'	CERRAR	4,25'
VIBRAR	42"	VIBRAR	2,00'	ABRIR	3,14'	DESPLAZ.	4,36'
CERRAR	45"	CERRAR	2,03'	VIBRAR	3,18'	ABRIR	4,39'
DESPLAZ.	55"	DESPLAZ.	2,15'	CERRRAR	3,21'	VIBRAR	4,42'
ABRIR	58"	ABRIR	2,17'	DESPLAZ.	3,30'	CERRAR	4,45'
VIBRAR	1,02'	VIBRAR	2,21'	ABRIR	3,33'	DESPLAZ.	4,52'
CERRAR	1,05'	CERRAR	2,24'	VIBRAR	3,38'	ABRIR	4,55'

II.5.- Equipo de muestreo

La Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, recoge tres instrumentos de medida:

- Sonómetros.
- Dosímetros.
- Calibradores acústicos.

Para el caso a analizar, se ha empleado un sonómetro mediante una aplicación móvil: "Sound Level Analyzer Lite" versión 1.3 desarrollada por TOON.LLC

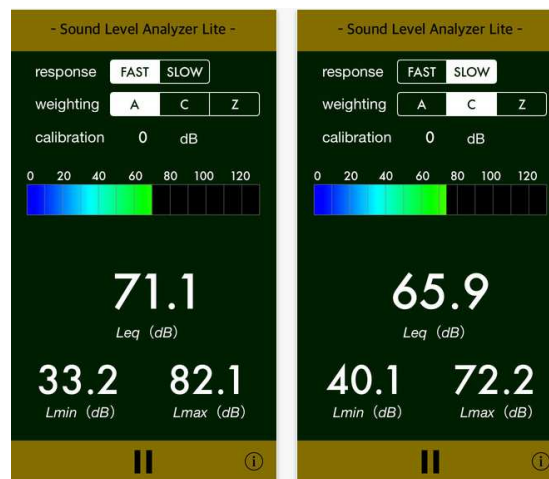


Figura 168. Equipo muestreo.

Es una herramienta que mide el ruido mediante el micrófono incorporado del iPhone. Además, tiene una función de calibración para ajustar el nivel del micrófono para cada dispositivo.

Dicha aplicación dispone de más de 50.000 descargas y una valoración por los usuarios de 8,8

Para asegurarse de la fiabilidad de la aplicación móvil utilizada, se ha buscado una trazabilidad con un equipo de laboratorio con el cual se ha obtenido una contrastación.

Dicho equipo de laboratorio se trata de un "Sonómetro Briel & Kjaer 2238". Es un sonómetro integrador de alta calidad de Clase 1 que logra un equilibrio ideal entre simplicidad y potencia.



Figura 169. Sonómetro.

Tabla 75. Trazabilidad.

	SONÓMETRO	APLICACIÓN MÓVIL
ALARMA 1	66,0	64,2
ALARMA 2	71,7	73,1
ALARMA 3	72,3	74,0
GOLPE 1	75,2	76,4
GOLPE 2	75,9	74,5
GOLPE 3	76,0	73,7
MÚSICA LENTA 1	72,0	75,0
MÚSICA LENTA 2	73,3	72,0
MÚSICA LENTA 2	72,7	75,0
MÚSICA RÁPIDA 1	82,0	83,1
MÚSICA RÁPIDA 2	75,9	74,3
MÚSICA RÁPIDA 3	74,0	72,2

II.6.- Análisis y cálculo de la muestra

Para medir el nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores a lo largo de su jornada laboral y poder compararlo con los valores que se indican en el RD, se emplea un indicador que es el nivel diario equivalente ($L_{Aeq,d}$), suponiéndose un tiempo de exposición de 8 horas y se mide en decibelios (dB).

El decibelio es una unidad relativa que se emplea en acústica para expresar la relación entre dos valores de una magnitud: El valor o medida objetivo o de interés que estamos evaluando y un valor de referencia con la que se relaciona.

Sabiendo que para cada sonido es necesaria una intensidad mínima para que provoque una sensación auditiva en la persona (umbral de audición), se puede definir el decibelio como el nivel relativo a la intensidad mínima perceptible por el oído humano.

Así pues, el nivel de intensidad viene definido por la siguiente ecuación:

Tabla 76. Nivel de intensidad.

$L_i = 10 * \log \frac{I}{I_0}$	
L_i	Nivel de intensidad
I	Intensidad puntual de un sonido objeto de estudio
I_0	Intensidad de referencia o umbral de audición (10-12 W/m ²)

Si conocemos el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A de un ruido durante un tiempo T, el nivel diario equivalente será:

Tabla 77. Nivel diario equivalente.

$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$	
$L_{Aeq,d}$	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A
$L_{Aeq,T}$	Nivel diario equivalente será
T	Periodo de tiempo total de la jornada laboral

Siendo el nivel sonoro continuo equivalente ($L_{Aeq,T}$), el nivel de ruido supuesto constante y continuo a lo largo de un periodo de tiempo que se corresponde con la misma cantidad de energía que aquel nivel real variable medido en el mismo periodo, y cuya expresión es la siguiente:

Tabla 78. Nivel sonoro continuo equivalente.

$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \left(\sum_1^N t_i 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right]$	
$L_{Aeq,T}$	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A
T	Periodo de tiempo total de la jornada laboral
t_i	Duración del periodo "i"
L_i	Nivel de presión sonora en el periodo "i" (dBA)

Esta expresión se obtiene a partir de la primera fórmula citada de nivel de intensidad L_i . Es decir, a partir de:

$$L_i = 10 * \log \frac{I}{I_0}$$

En primer lugar, se debe ponderar las intensidades en función del tiempo que está realizando su jornada laboral. Así pues:

Tabla 79. Intensidades en función del tiempo.

$I = \frac{t_1 * I_1 + t_2 * I_2 + \dots + t_n * I_n}{T}$	
I	Intensidad puntual de un sonido objeto de estudio
I_1, I_2, \dots, I_n	Intensidades de los distintos sonidos emitidos por la fuente de ruido
t_1, t_2, \dots, t_n	Duración del período de cada intensidad
T	Periodo de tiempo total de jornada laboral

Sustituyendo la I en la fórmula de nivel de intensidad, se obtiene:

$$L_i = 10 * \log \frac{t_1 * I_1 + t_2 * I_2 + \dots + t_n * I_n / T}{I_0} = \frac{t_1 * I_1 + t_2 * I_2 + \dots + t_n * I_n}{I_0 * T}$$

Sabiendo que $I = I_0 * 10^{L_i/10}$, despejando I de la misma fórmula de nivel de intensidad:

$$L_i = 10 * \log \frac{t_1 * I_0 * 10^{L_1/10} + t_2 * I_0 * 10^{L_2/10} + \dots + t_n * I_0 * 10^{L_n/10}}{I_0 * T} =$$

$$10 * \log \frac{t_1 * 10^{L_1/10} + t_2 * 10^{L_2/10} + \dots + t_n * 10^{L_n/10}}{T} = 10 * \log \frac{\sum t_i * 10^{L_i/10}}{T} = L_{Aeq,T} \quad \text{c.q.d}$$

A. CÁLCULO NIVEL DE RUIDO PARA 4h DE TRABAJO

Con todos los datos recopilados, se hace una primera aproximación para 4 horas (240 min) de jornada laboral, para ello, se agrupan todos los datos anteriores en la siguiente tabla y se procede a aplicar la fórmula correspondiente:

Tabla 80. Aproximación a 4 horas de trabajo.

TAREA	TIEMPO (min)
DESPLAZAMIENTO	≈7
RECOLECCIÓN (*)	180
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈5
DESCARGA (**)	24
IMPREVISTOS (***)	24
TOTAL (****)	240

(*) Se ha considerado la recolección de 300 árboles (1 terreno y parte de otro) y como se ha comentado anteriormente, 100 árboles se recolectan en 60 min, por tanto, 300 en 180 min.

(**) Debido a que se ha considerado la recolección de 300 árboles, y se descarga cada 50, se disponen de 6 descargas que a 4 min por descarga, suponen 24 min.

(***) Se considera como imprevistos el 10% del total de la jornada. Por tanto, como se han considerado 240 min de jornada, se disponen de 24 min de imprevistos.

Con todo lo expuesto, se procede a asignarle un valor de nivel de ruido medio a cada una de las tareas, tan sólo para el caso del **conductor**:

Tabla 81. Nivel de ruido por tarea para el conductor.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈7	80
RECOLECCIÓN (*)		
<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento entre árboles 	99	83
<ul style="list-style-type: none"> • Acoplamiento paraguas 	20,1	82
<ul style="list-style-type: none"> • Apertura paraguas 	20,1	89
<ul style="list-style-type: none"> • Vibrado tronco 	20,1	98
<ul style="list-style-type: none"> • Cierre paraguas 	20,1	88
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈5	80
DESCARGA	24	85
IMPREVISTOS	24	77

(*)Se procede a multiplicar los 300 árboles por los 20 s (0,33 min) de movimiento entre árboles, obteniéndose los 99 min. Así como, los 4 s (0,067 min) del acoplamiento, apertura, vibrado de tronco y cierre de paraguas por los mismos 300 árboles, que se obtiene un total de 20,1 min.

Una vez desglosadas y ajustadas todas las tareas para una jornada laboral de 4 horas, se procede a aplicar la fórmula correspondiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_1^N t \cdot 10^{L_{eqTi}/10}$$

$$L_{Aeq,4h} = 10 \log \left[\frac{1}{240} \left(7 \cdot 10^{\frac{80}{10}} + 99 \cdot 10^{\frac{83}{10}} + 20,1 \cdot 10^{\frac{82}{10}} + 20,1 \cdot 10^{\frac{89}{10}} + 20,1 \cdot 10^{\frac{98}{10}} + 20,1 \cdot 10^{\frac{88}{10}} + 5 \cdot 10^{\frac{80}{10}} + 24 \cdot 10^{\frac{85}{10}} + 24 \cdot 10^{\frac{77}{10}} \right) \right] = 88,9 \text{ dB (A)}$$

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq,d} = 88,9 + 10 \log \frac{4}{8} = 85,9 \text{ dB (A)}$$

B. CÁLCULO NIVEL DE RUIDO PARA TODA SU JORNADA LABORAL

Así pues, tras esta primera aproximación, se pasa a realizar la evaluación de ruido a la que están expuestos los trabajadores durante toda su jornada laboral, que varía en función de los terrenos, no de las horas, como se ha comentado al inicio de este supuesto. Se ha estimado una recolección media de 3 terrenos al día, y que como anteriormente se ha mencionado, cada terreno dispone de una media de 200 árboles. En este caso, se considerará también el tiempo y el nivel sonoro del traslado de vuelta.

B.1. CONDUCTOR:

- El **desplazamiento con el tractor hasta el terreno de recolección y la vuelta a casa**, suponiendo como en el caso anterior que en ambas situaciones se encuentra a 3 km de distancia y como velocidad media del tractor en dichos desplazamientos 25 km/h, el tiempo que tarda en realizar dichos trayectos es de:

$$\frac{3 \text{ km}}{25 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,12 \text{ h} = 7,2 \text{ min} \text{ y } *2 \text{ trayectos} = \mathbf{14,4 \text{ min}}$$

Los dB (A) registrados para estos desplazamientos son de **80 dB (A)**

- En cuanto al **proceso propio de recolección**, como se consideran la recolección de 3 terrenos, ello supone un total de 600 árboles, es decir, 360 min (ya que para la recolecta de un árbol se tarda 36 s). Si se divide en los tiempos que suponen cada una de las fases que componen dicho proceso y se multiplican por los 600 árboles, se obtiene:
 - Movimiento entre árboles: 20 s (0,33 min) * 600 árboles = **198 min a 83 dB (A)**
 - Acoplamiento del paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = **40,2 min a 82 dB (A)**
 - Apertura del paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = **40,2 min a 89 dB (A)**
 - Vibrado tronco: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = **40,2 min a 98 dB (A)**
 - Cierre paraguas: 4 s (0,067 min) * 600 árboles = **40,2 min a 88 dB (A)**
- Se ha estimado un tiempo de **descarga** medio de 4 min y como se van a recolectar 600 árboles, se realizarán 12 descargas (se considera una descarga cada 50 árboles), lo que supone un total de **48 min a 85 dB (A)**
- Para el **cambio de un terreno a otro**, debido a que se considera la recolección de 3 parcelas y como en el caso anterior, para el cálculo se ha supuesto que distan entre ellas 2 km y que la velocidad del tractor es de 25 km/h. Así pues el tiempo que tarda en realizar dichos trayectos es de:



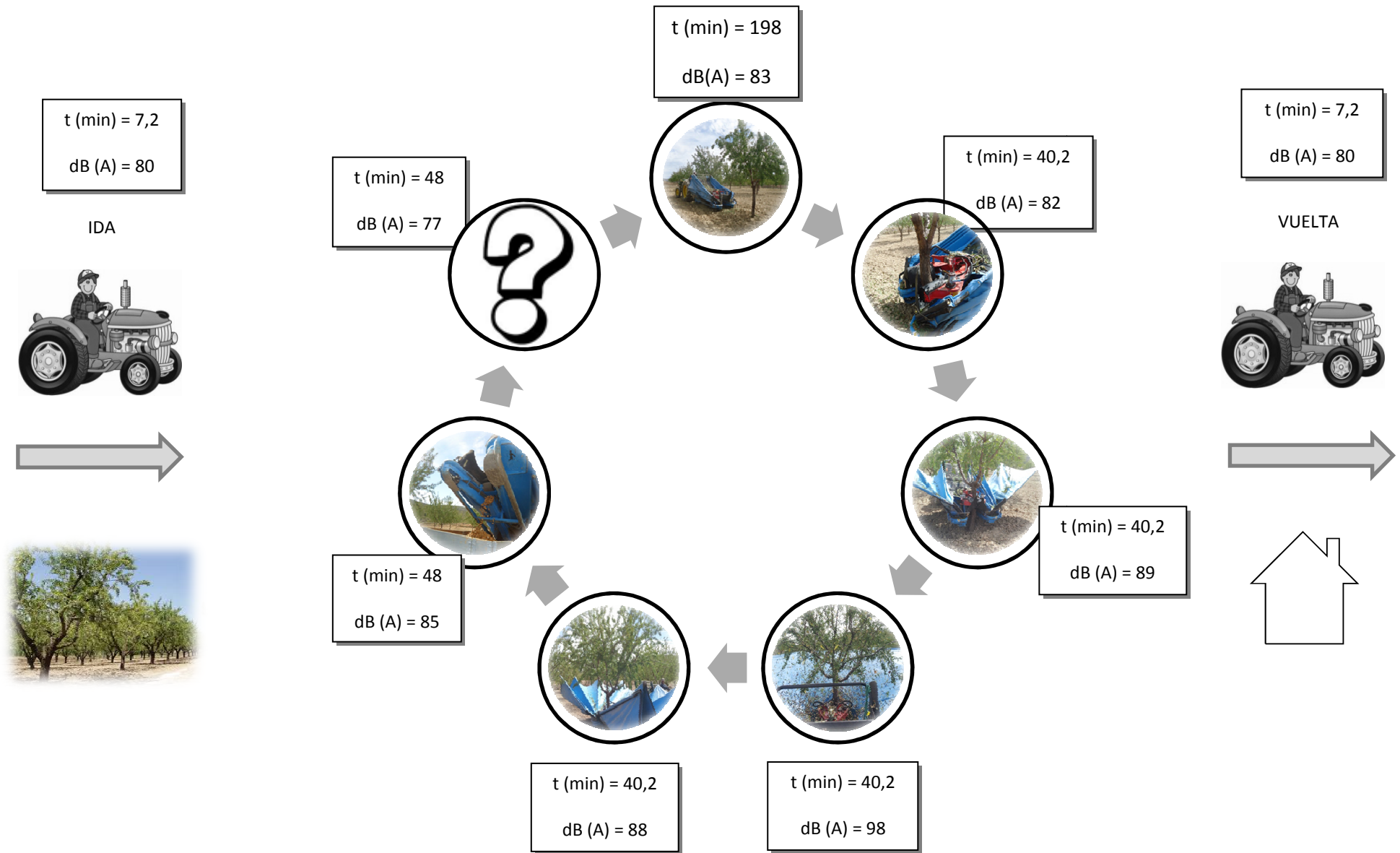
$$\frac{2 \text{ km}}{25 \frac{\text{km}}{\text{h}}} = 0,08 \text{ h} = 4,8 \text{ mins y } * 2 \text{ trayectos} = \mathbf{9,6 \text{ min}}$$

Los dB (A) registrados para este desplazamiento son de **80 dB (A)**

- Los **imprevistos** a lo largo de la jornada se calculan como un 10% de la misma. Por tanto, serán de **48 min a 77 dB (A)**

Dicho proceso viene esquematizado en la siguiente figura:

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



Con todo esto, como en el caso anterior, se va a hacer una tabla resumen:

Tabla 82. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el conductor.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	80
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	83
• Acoplamiento paraguas	40,2	82
• Apertura paraguas	40,2	89
• Vibrado tronco	40,2	98
• Cierre paraguas	40,2	88
DESCARGA	48	85
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈10	80
IMPREVISTOS	48	77

Todo esto, supone un total de 478,8 min, aproximadamente 8 horas. A continuación, se procede a aplicar la fórmula correspondiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N t_i 10^{L_{eqTi}/10}$$

$$L_{Aeq,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480} \left(14 * 10^{\frac{80}{10}} + 198 * 10^{\frac{83}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{82}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{89}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{98}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{88}{10}} + 10 * 10^{\frac{80}{10}} + 48 * 10^{\frac{85}{10}} + 48 * 10^{\frac{77}{10}} \right) \right] = 88,9 \text{ dB (A)}$$

Extrapolándolo a nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq7.4h} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq,d} = 88,9 + 10 \log \frac{8}{8} = 88,9 \text{ dB (A)}$$

Del mismo modo, y con el mismo razonamiento y los mismos tiempos, se va a proceder a obtener el nivel de ruido para el acompañante, que se han considerado a diferentes distancias.

B.2. ACOMPAÑANTE (A):

En primer lugar, para el acompañante A a 5 metros de distancia, recopilando toda la información:

Tabla 83. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el acompañante A.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	60
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	72
• Acoplamiento paraguas	40,2	71
• Apertura paraguas	40,2	76
• Vibrado tronco	40,2	83
• Cierre paraguas	40,2	75
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈10	60
DESCARGA	48	85
IMPREVISTOS	48	77

Todo esto, supone un total de aproximadamente 8 horas. A continuación, se procede a aplicar la fórmula correspondiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_1^N t 10^{L_{eqTi}/10}$$

$$L_{Aeq8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480} \left(14 * 10^{\frac{60}{10}} + 198 * 10^{\frac{72}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{71}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{76}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{83}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{75}{10}} + 10 * 10^{\frac{60}{10}} + 48 * 10^{\frac{85}{10}} + 48 * 10^{\frac{77}{10}} \right) \right] = 78,3 \text{ dB (A)}$$

Extrapolándolo a nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq7.4h} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq,d} = 78,3 + 10 \log \frac{8}{8} = \mathbf{78,3 \text{ dB (A)}}$$

B.3. ACOMPAÑANTE (B):

Del mismo modo, para el acompañante B a 10 metros de distancia, se recopila toda la información:

Tabla 84. Tiempo y nivel de ruido por tarea para el acompañante B.

TAREA	TIEMPO (min)	NIVEL DE RUIDO [dB (A)]
DESPLAZAMIENTO	≈14	60
RECOLECCIÓN:		
• Movimiento entre árboles	198	67
• Acoplamiento paraguas	40,2	66
• Apertura paraguas	40,2	70
• Vibrado tronco	40,2	76
• Cierre paraguas	40,2	69
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈ 10	60
DESCARGA	48	85
IMPREVISTOS	48	77

Todo esto, supone un total de aproximadamente 8 horas. A continuación, se procede a aplicar la fórmula correspondiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_1^N t_i 10^{L_{eqTi}/10}$$

$$L_{Aeq8h} = 10 \log \left[\frac{1}{480} \left(14 * 10^{\frac{60}{10}} + 198 * 10^{\frac{67}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{66}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{70}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{76}{10}} + 40,2 * 10^{\frac{69}{10}} + 10 * 10^{\frac{60}{10}} + 48 * 10^{\frac{85}{10}} + 12 * 10^{\frac{77}{10}} \right) \right] = 76,3 \text{ dB (A)}$$

Extrapolándolo a nivel equivalente diario:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq7.4h} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq,d} = 76,3 + 10 \log \frac{8}{8} = \mathbf{76,3 \text{ dB (A)}}$$

II.7.- Evaluación

El RD 286/2006, de 10 de marzo, establece los valores de exposición al ruido en 3 rangos:

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dBA}$$

$$L_{pico} = 135 \text{ dBC}$$

- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dBA}$$

$$L_{pico} = 137 \text{ dBC}$$

- Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dBA}$$

$$L_{pico} = 140 \text{ dBC}$$

Así pues, a modo resumen de estos valores, se muestra la siguiente tabla resumen:

Tabla 85. Valores de exposición.

	$L_{Aeq,d}$ (dBA)	L_{pico} (dBC)
VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN	87	140
VALORES SUPERIORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN	85	137
VALORES INFERIORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN	80	135

Se van a analizar los resultados obtenidos para los 3 puestos de trabajo contemplados en este estudio (conductor, acompañante A y acompañante B):

- **CONDUCTOR:** $L_{Aeq,d} = 88,9$ dB (A)
- **ACOMPañANTE A:** $L_{Aeq,d} = 78,3$ dB (A)
- **ACOMPañANTE B:** $L_{Aeq,d} = 76,3$ dB (A)

En el caso de los **2 acompañantes**, no se deben tomar medidas de protección ni reducción del ruido, puesto que el $L_{Aeq,d}$ en ambos casos es menor de 80 dB (A). Pero sería conveniente controlar dicha exposición ya que el nivel de ruido está próximo al nivel a partir del cual hay que tomar acciones.

Por lo que se refiere al **conductor**, el $L_{Aeq,d}$ es mayor a 87 dB (A), el límite de exposición que marca la norma. Por tanto, se deberán tomar medidas inmediatas y no continuar con el trabajo hasta no disminuir el nivel de ruido.

Al dividir la evaluación de ruido en función de las tareas de la recolección de la almendra, ésta da una idea de en qué tarea sería más conveniente actuar para ser más efectiva la disminución del nivel de ruido. A continuación se expondrán las posibles medidas que se deberían llevar a cabo.



ANEXO III: ESTUDIO DE VIBRACIONES



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





III.1.- Introducción

Una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que se produzca desplazamiento final del objeto que vibra. Es decir, al cesar la vibración, el objeto queda en la misma posición que estaba en cuanto empezó a vibrar.

En caso de que el objeto que vibra entre en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite parte de la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos (no necesariamente perjudiciales) que dependen de las características de la vibración.

Cualquier máquina que en su funcionamiento genere vibraciones, las puede transmitir al operario que trabaja en sus proximidades, ya sea porque ambos están en contacto directo, o a través del contacto con otras partes que transmiten la vibración como ocurre en el caso de vehículos, donde las vibraciones llegan al trabajador transmitidas a través del asiento, el volante o el suelo de la cabina.

En general la vibración es un fenómeno físico no deseable.

Particularmente, en relación a la percepción por el hombre, se pueden distinguir dos tipos de vibraciones:

- **Vibraciones de cuerpo completo** (1-80 Hz). Estas vibraciones se transmiten al cuerpo en su conjunto a través de superficies de contacto que vibran, como el asiento o el suelo de un vehículo.

El R.D. 1311/2005 define como *“la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.*

- **Vibraciones mano-brazo** (8-1000 Hz). Se transmiten a través de las manos y los brazos del trabajador, como es el caso de las herramientas de mano portátiles o bien a través del volante, palancas o mandos de un vehículo que genera vibraciones.

El R.D. 1311/2005 define como *“La vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.”*

Los efectos que producen las vibraciones en el cuerpo humano dependen, fundamentalmente, de las siguientes características:

- Magnitud de la vibración
- Frecuencia



- Dirección en que incide en el cuerpo
- Tiempo de exposición

La magnitud y la frecuencia de la vibración conjuntamente dan idea de la cantidad de energía que se transmite por la vibración.

III.2.- Normativa a aplicar

- **LEGISLACIÓN NACIONAL:**
 - **Real Decreto 330/2009**, de 13 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
 - **Real Decreto 1311/2005**, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (BOE n. 265 de 5/11/2005)
 - **Real Decreto 39/1997**, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención
 - **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales.
 - **UNE-EN ISO 5349**, vibraciones mano-brazo.
 - **UNE-ISO 2631-1**, vibraciones cuerpo entero.
- **LEGISLACIÓN EUROPEA:**
 - **DIRECTIVA 2002/44/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones), (decimosexta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE) – Declaración conjunta del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea.
- **NOTAS TÉCNICAS:**
 - **NTP 963:** Vibraciones: vigilancia de la salud en trabajadores expuestos. INSHT – 2013.
 - **NTP 839:** Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. INSHT.
 - **NTP 792:** Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación 2009. INSHT.
 - **NTP 784:** Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento. INSHT



- **GÚIAS TÉCNICAS:**

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas. INSHT.
- Evaluación de la exposición a vibraciones. INSHT.
- Punto de comprobación 32: Minimizar la vibración y el ruido de las herramientas manuales. INSHT.
- Punto de comprobación 91: Reducir las vibraciones que afectan a los trabajadores a fin de mejorar la seguridad, la salud y la eficiencia en el trabajo. INSHT.

- **OTROS DOCUMENTOS:**

- Nueva Base de datos de vibraciones mecánicas. insht.es 24/11/2010.
- Vibraciones, Enciclopedia OIT, Volumen II, Parte VI Riesgos Generales, Capítulo 50.

III.3.- Descripción del puesto de trabajo

Para la evaluación de las vibraciones, se ha escogido el puesto de trabajo de conductor del tractor y vibrador, ya que es el que más expuesto está a este riesgo.

Dicho puesto consiste en trasladar el tractor hasta el terreno de trabajo, moverse tanto de un árbol a otro dentro de la misma parcela, así como el cambio de una a otra. Además, incluye las maniobras el acople del paraguas vibrador al tronco y la apertura y vibrado del mismo. Por tanto, el trabajador está expuesto durante toda su jornada laboral a vibraciones producidas tanto del vibrador, como del propio tractor.

III.4.- Mediciones

Como se ha comentado en el primer apartado, para realizar la medición de las vibraciones y analizar los efectos que produce, se deben tener en cuentas tanto la magnitud y la frecuencia, como la dirección en la que incide al cuerpo y el tiempo de exposición.

Así pues, describiendo brevemente cada una de ellas:

- **MAGNITUD:**

La magnitud puede medirse en función del desplazamiento de la velocidad o de la aceleración producida. De estas tres posibilidades se ha convenido en utilizar la aceleración, medida con acelerómetros. La unidad de aceleración es el m/s^2

- **FRECUENCIA:**

La frecuencia indica el número de veces que se repite el ciclo del movimiento en la unidad de tiempo. Se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz). Afecta a la amplificación con que se transmiten las vibraciones a través del asiento, de la empuñadura, de una palanca, etc., y consecuentemente el efecto que producen en las diferentes partes del cuerpo humano.

- DIRECCIÓN:

Se fijará la dirección en relación a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano. Para ello se han definido para las vibraciones transmitidas al sistema mano brazo o al cuerpo entero los sistemas de coordenadas que se representan a continuación:

• Vibraciones cuerpo entero:

Eje x: Dirección espalda – pecho. Sentido positivo: hacia el frente

Eje y: Dirección hombro – hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo

Eje z: Dirección pies – cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza

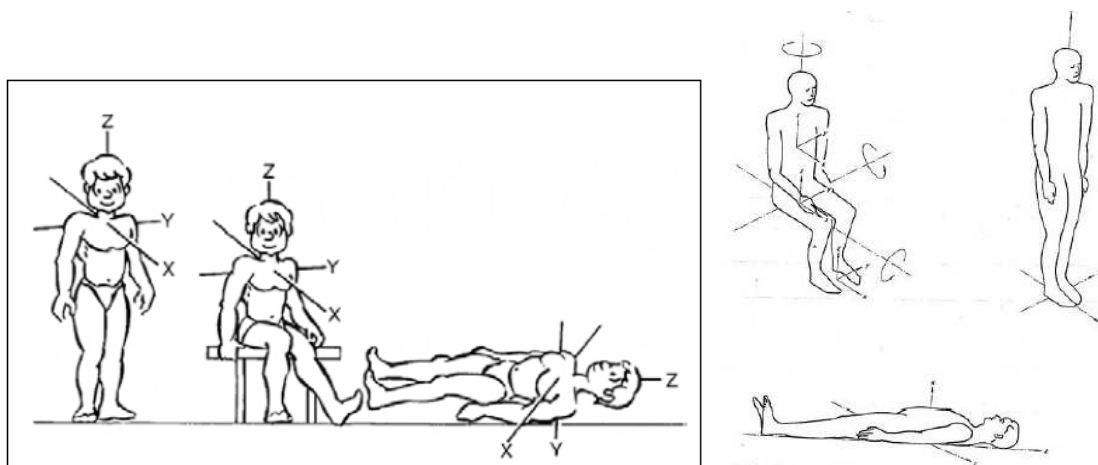


Figura 170. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.

- Vibraciones mano-brazo:

Eje z: Dirección del eje longitudinal del 3er hueso metacarpiano. Sentido positivo: hacia la extremidad distal del dedo.

Eje x: Dirección dorso - palma. Sentido positivo: hacia la palma.

Eje y: Dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo: hacia el pulgar.

Éste último es el sistema biodinámico aunque en la práctica se utiliza el sistema basicéntrico que es esencialmente igual al anterior aunque rotado alrededor del eje x de forma que el eje y coincida con la línea de los nudillos y por tanto con el eje de agarre de las máquinas.

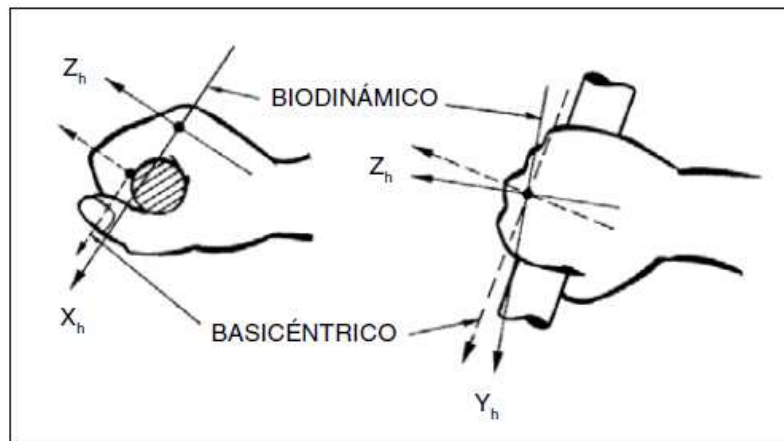


Figura 171. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.

- TIEMPO DE EXPOSICIÓN:

El tiempo de exposición es el tiempo que se está sometido a la vibración durante la jornada laboral.

La respuesta humana a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las mismas. Si las características de la vibración no varían en el tiempo, el valor eficaz de la vibración proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio.

- MEDICIONES DE CAMPO

Así pues, teniendo en cuenta todos y cada uno de estos factores, se han realizado varias mediciones en campo, tanto en cuerpo completo, como en mano brazo.

Se ha considerado cuando el tractor está en punto muerto a ralentí, y cuando está a plena carga, que es el momento en el que el vibrador está funcionando.

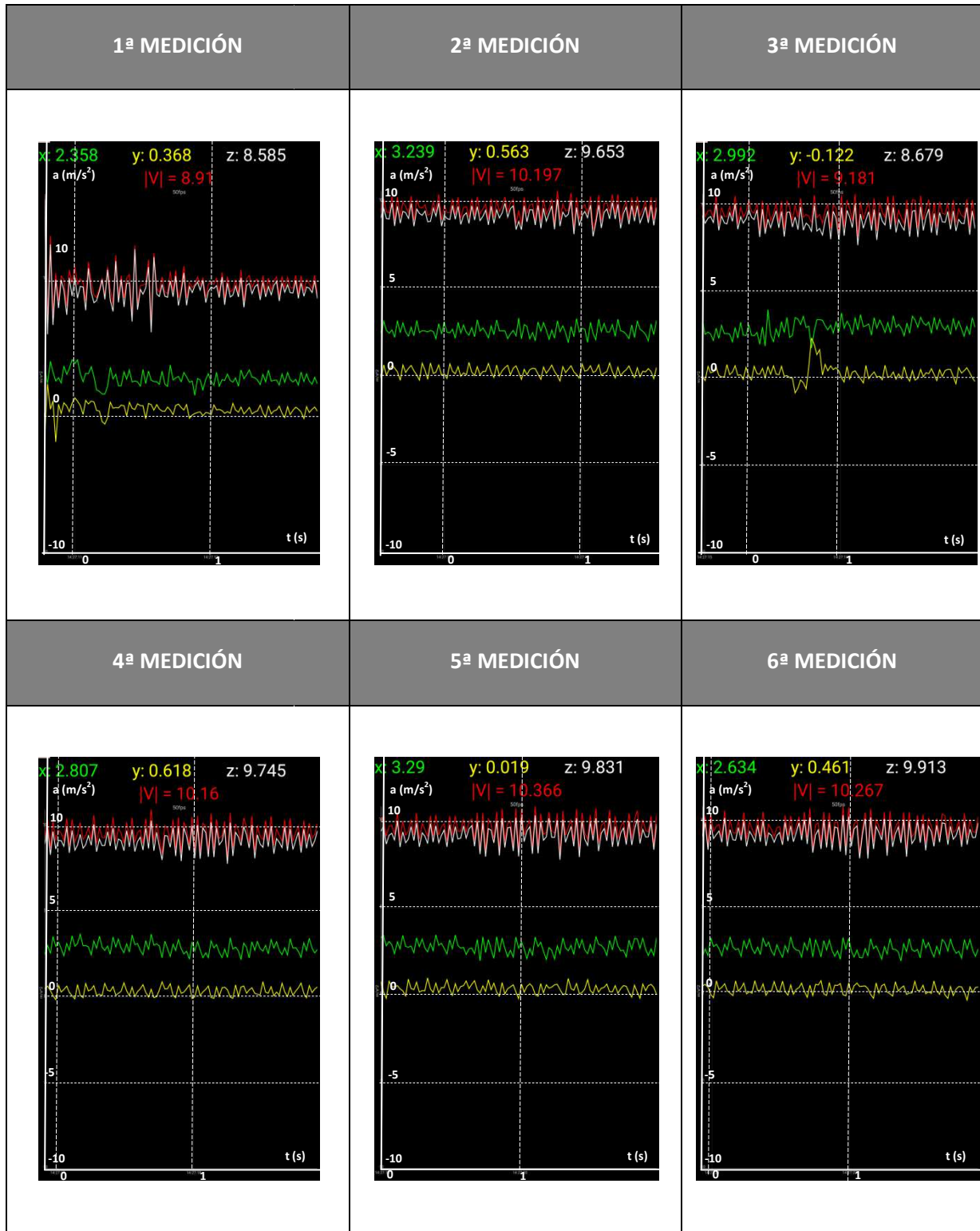
La medición para el cuerpo completo se ha realizado sobre el asiento, y la de mano-brazo sobre el volante.

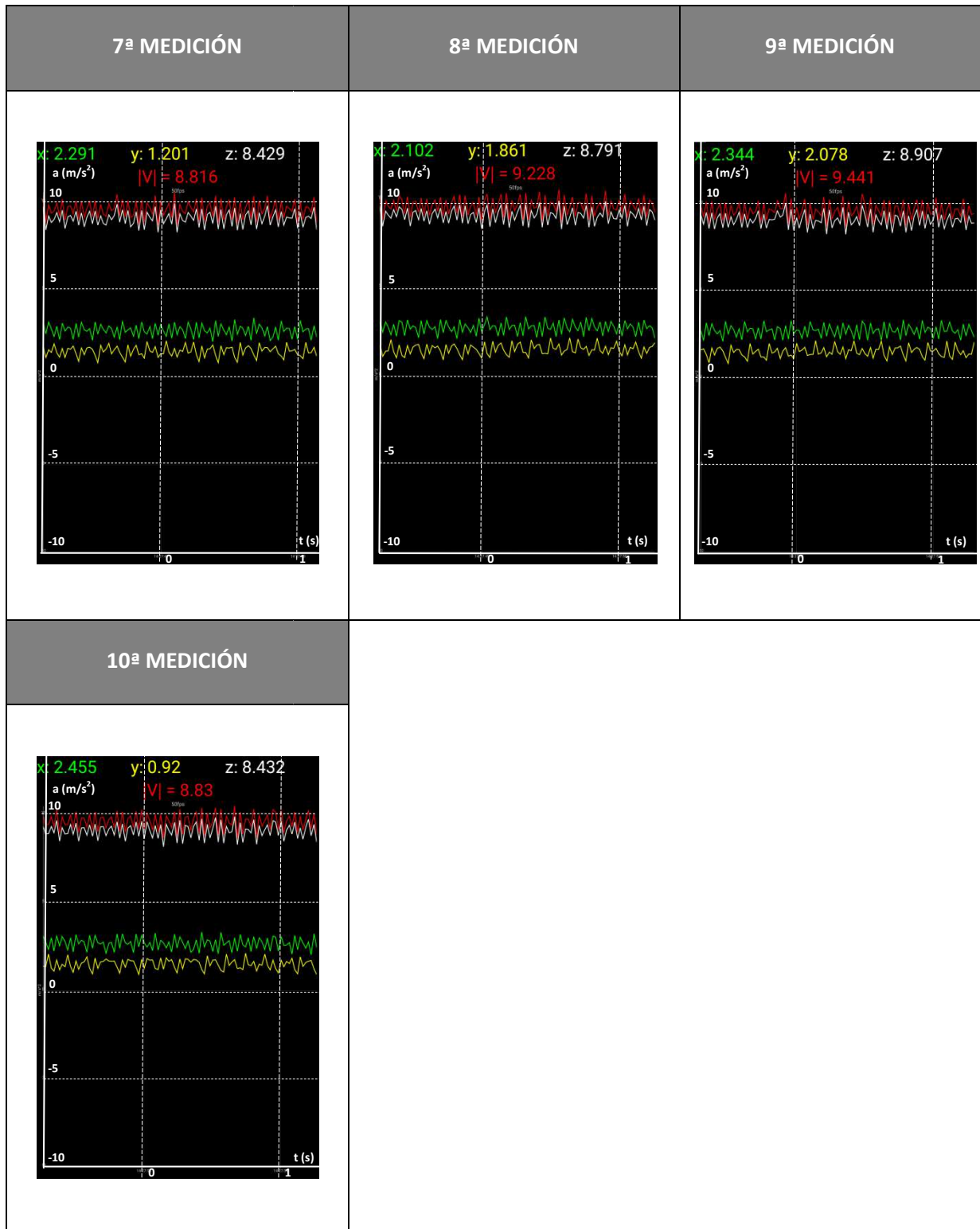
Los niveles de vibración en términos de valor eficaz de la aceleración en cada dirección X, Y, Z, y su resultante V, siempre expresando m/s^2 , han sido:

A. MEDICIÓN SOBRE EL ASIENTO, para las vibraciones que afectan al cuerpo completo:

- **Punto muerto:**

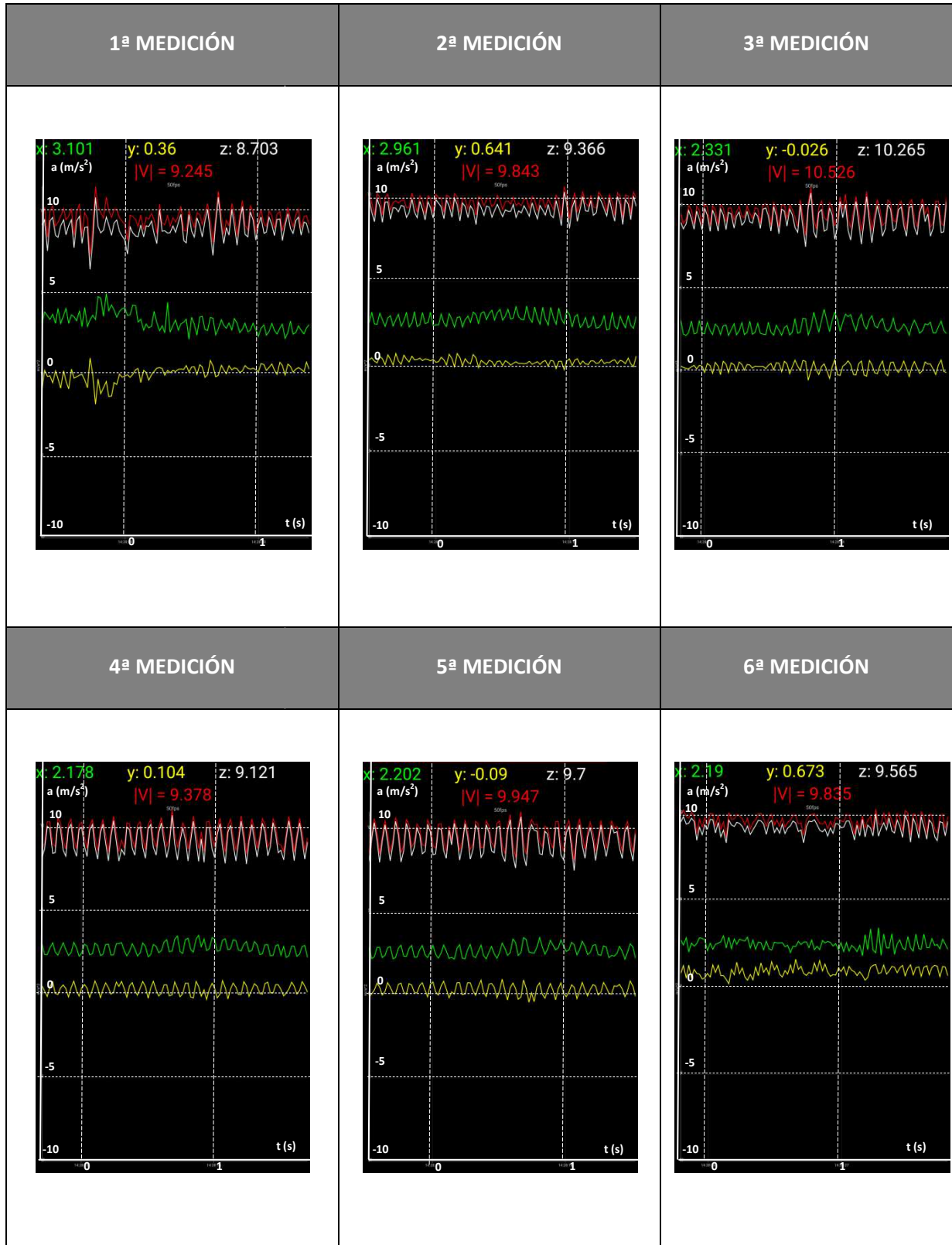
Tabla 86. Mediciones sobre el asiento en punto muerto.

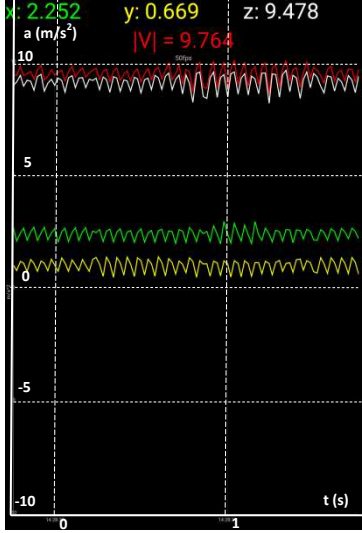
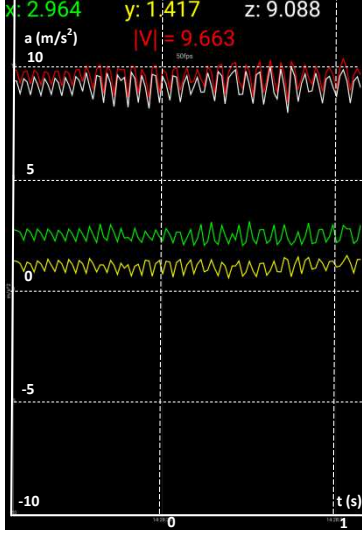
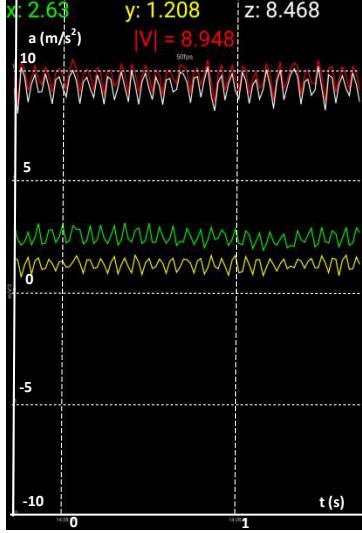
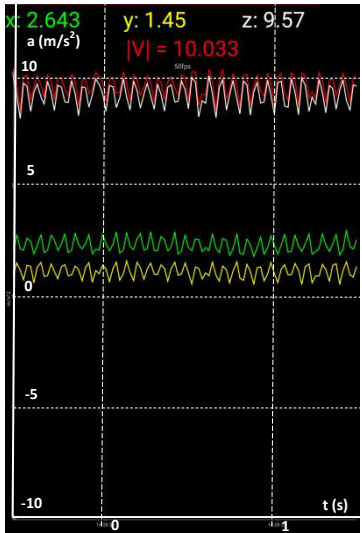




- **A plena carga**

Tabla 87. Mediciones sobre el asiento a plena carga.



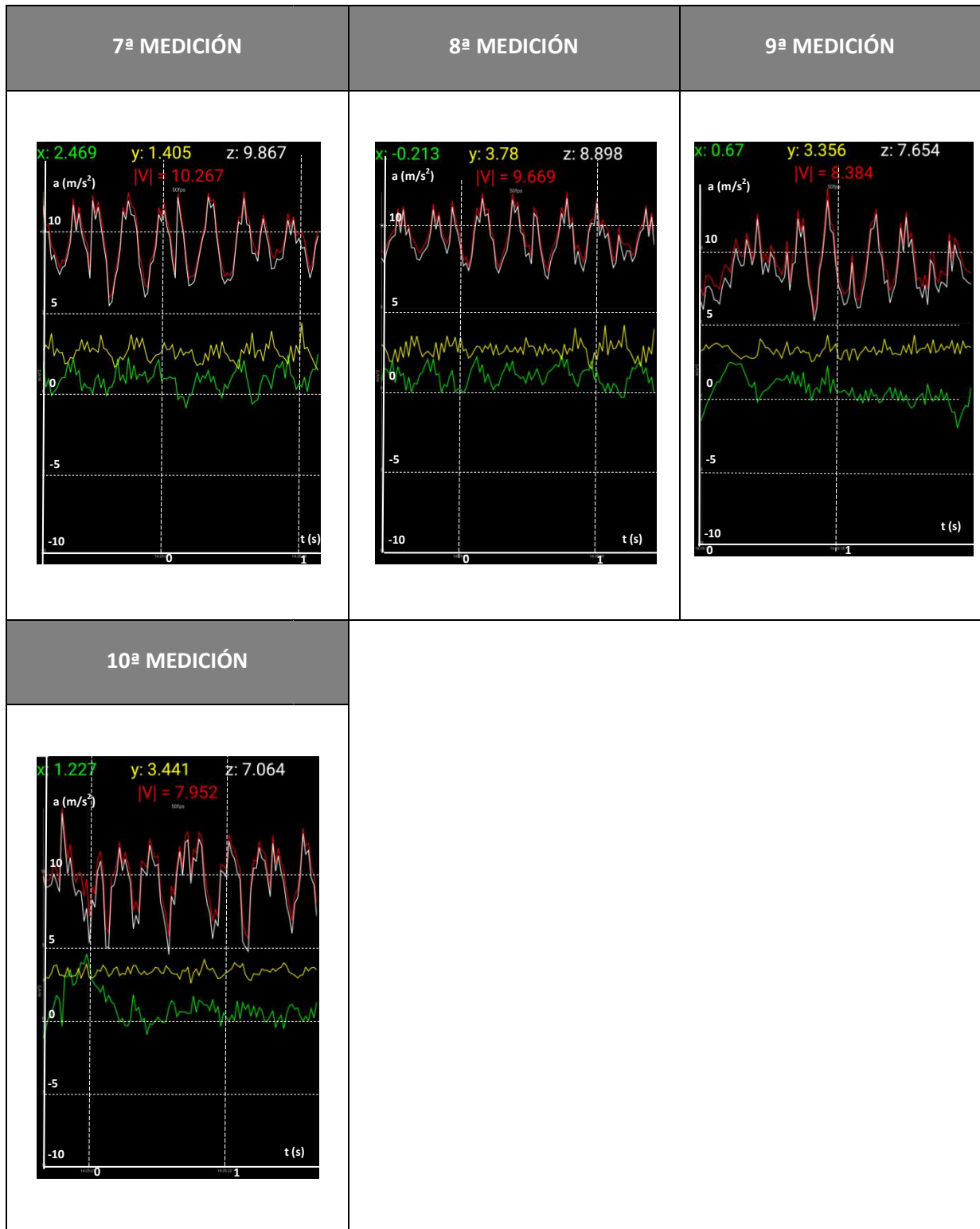
7ª MEDICIÓN	8ª MEDICIÓN	9ª MEDICIÓN
 <p>x: 2.252 y: 0.669 z: 9.478 a (m/s²) V = 9.764 t (s)</p>	 <p>x: 2.964 y: 1.417 z: 9.088 a (m/s²) V = 9.663 t (s)</p>	 <p>x: 2.633 y: 1.208 z: 8.468 a (m/s²) V = 8.948 t (s)</p>
10ª MEDICIÓN		
 <p>x: 2.643 y: 1.45 z: 9.57 a (m/s²) V = 10.033 t (s)</p>		

B. MEDICIÓN SOBRE EL VOLANTE, para las vibraciones del sistema mano-brazo:

- **Punto muerto**

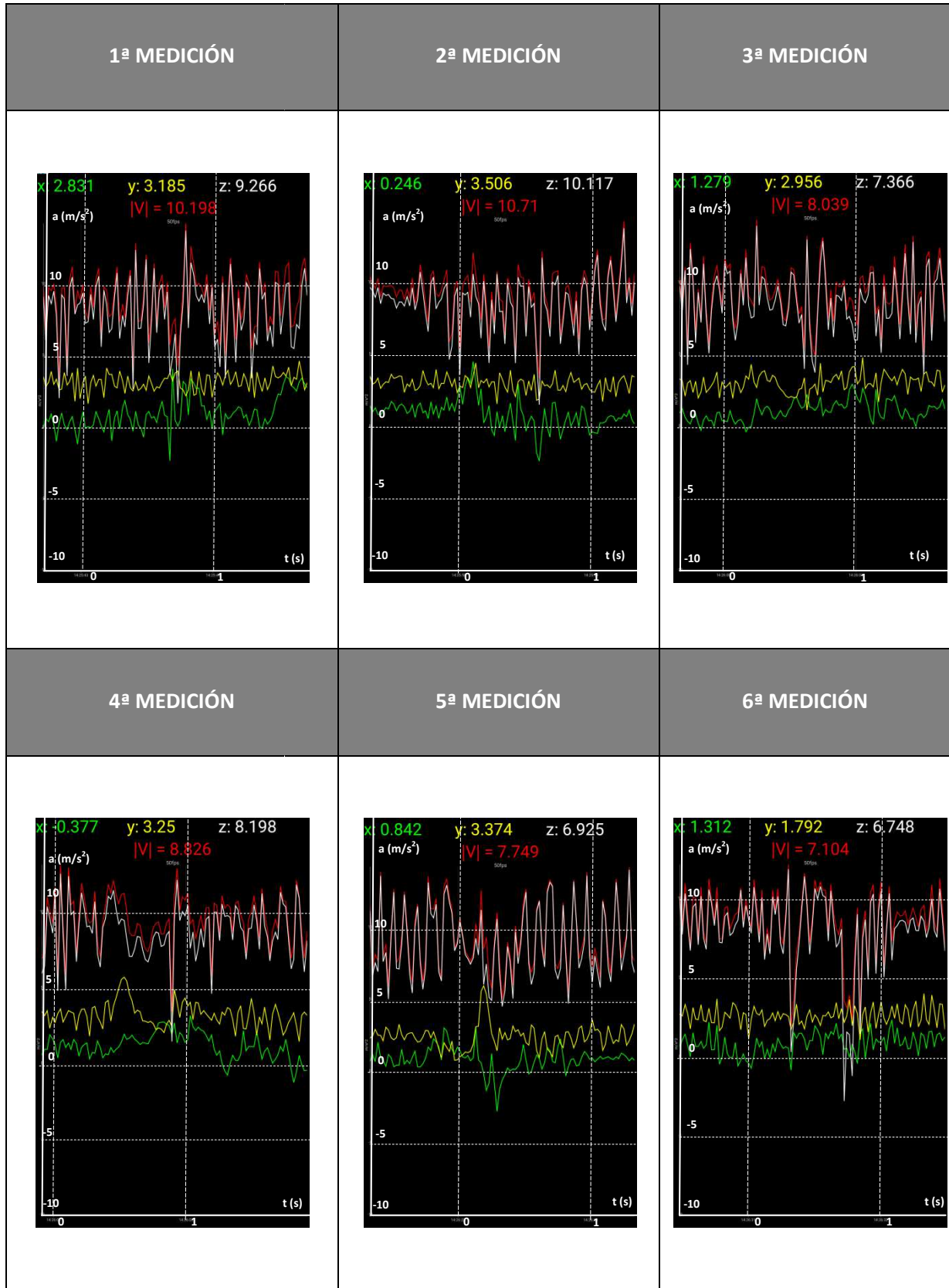
Tabla 88. Mediciones sobre el volante en punto muerto.

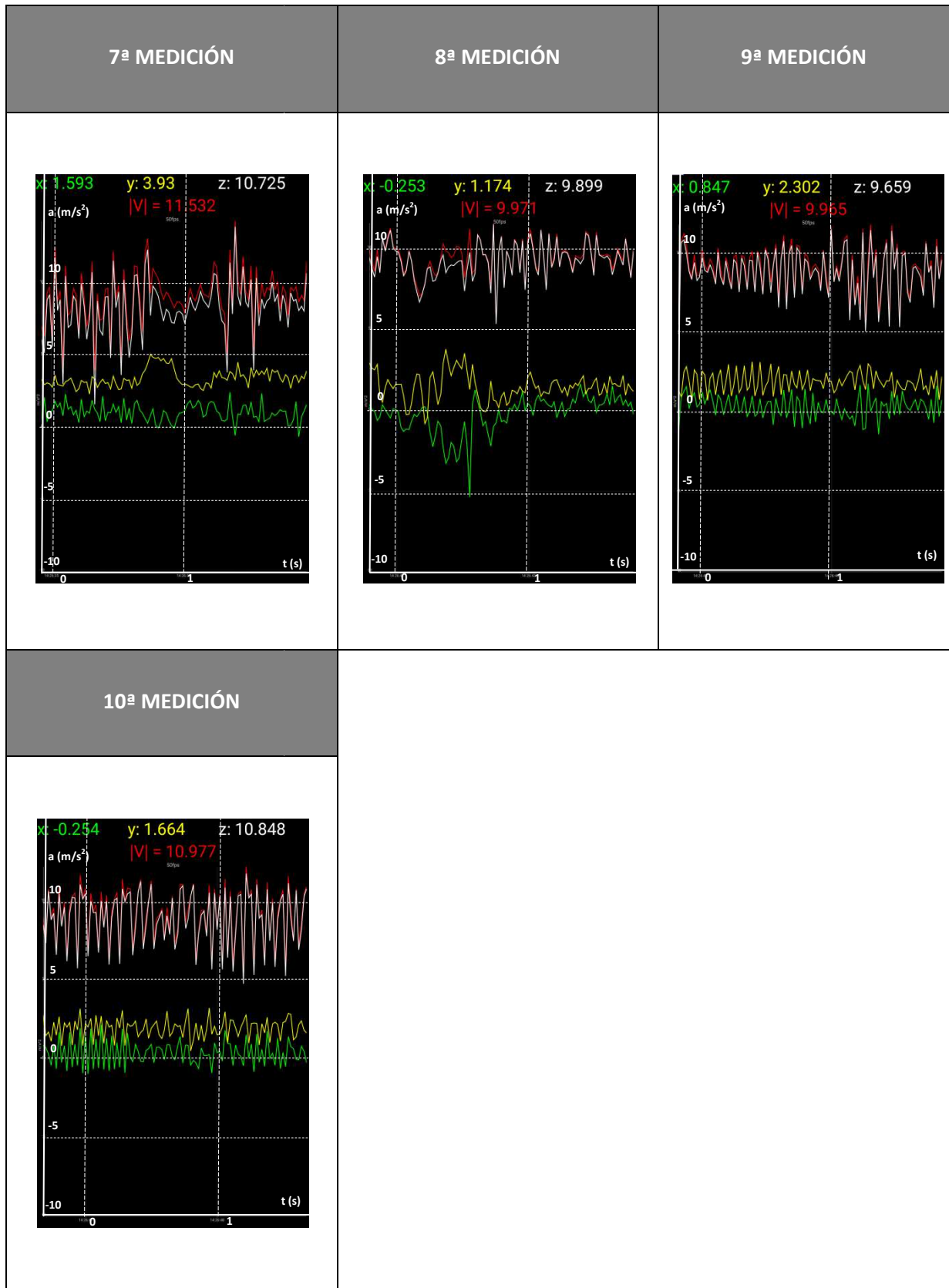
1ª MEDICIÓN	2ª MEDICIÓN	3ª MEDICIÓN
4ª MEDICIÓN	5ª MEDICIÓN	6ª MEDICIÓN



- **A plena carga**

Tabla 89. Mediciones sobre el volante a plena carga.





III.5.- Equipo de muestreo

Aplicación móvil "Vibration monitoring" versión 1.5.0 desarrollada por Artur Downar en Septiembre de 2013.

Ul. Polna 6271

81-740 Sopot

Pomorskie

Poland

Es una herramienta que mide vibraciones mediante el sensor de vibración-acelerómetro del dispositivo Android.

Dicha aplicación dispone de más de 100.000 descargas y una valoración por los usuario de 8,2.

III.6.- Análisis y cálculo de la muestra

A continuación se hace un cuadro resumen con cada una de las 10 mediciones tomadas, tanto en punto muerto como a plena carga, en el asiento (vibración cuerpo completo) y en el volante (vibración mano-brazo) en cada uno de los ejes.

Tabla 90. Medidas vibraciones.

		VIBRACIÓN CUERPO COMPLETO		VIBRACIÓN MANO-BRAZO	
		PUNTO MUERTO	A PLENA CARGA	PUNTO MUERTO	A PLENA CARGA
1)	EJE X	2,358	3,101	-0,141	2,831
	EJE Y	0,368	0,360	3,861	3,185
	EJE Z	8,585	8,703	7,599	9,266
	V	8,910	9,245	8,524	10,193
2)	EJE X	3,239	2,961	-1,282	0,246
	EJE Y	0,563	0,641	3,369	3,506
	EJE Z	9,653	9,366	8,222	10,117
	V	10,197	9,843	8,977	10,710

3)	EJE X	2,992	2,331	-1,489	1,279
	EJE Y	-0,122	-0,026	3,029	2,956
	EJE Z	8,679	10,265	8,145	7,366
	V	9,181	10,526	8,816	8,039
4)	EJE X	2,807	2,178	0,227	-0,377
	EJE Y	0,618	0,104	3,287	3,250
	EJE Z	9,745	9,121	9,365	8,198
	V	10,160	9,378	9,927	8,826
5)	EJE X	3,290	2,202	0,862	0,842
	EJE Y	0,019	-0,090	2,632	3,374
	EJE Z	9,831	9,700	7,153	6,925
	V	10,366	9,947	7,670	7,749
6)	EJE X	2,634	2,190	1,006	1,312
	EJE Y	0,461	0,673	1,368	1,792
	EJE Z	9,913	9,565	9,630	6,748
	V	10,267	9,835	9,778	7,104
7)	EJE X	2,291	2,252	2,469	1,593
	EJE Y	1,201	0,669	1,405	3,930
	EJE Z	8,429	9,478	9,867	10,725
	V	8,816	9,764	10,267	11,532
8)	EJE X	2,102	2,964	-0,213	-0,253
	EJE Y	1,861	1,417	3,780	1,174
	EJE Z	8,791	9,088	8,898	9,899
	V	9,228	9,663	9,669	9,971

9)	EJE X	2,344	2,630	0,670	0,847
	EJE Y	2,078	1,208	3,356	2,302
	EJE Z	8,907	8,468	7,654	9,659
	V	9,441	8,948	8,384	9,965
10)	EJE X	2,455	2,643	1,227	-0,254
	EJE Y	0,920	1,450	3,441	1,664
	EJE Z	8,432	9,570	7,064	10,848
	V	8,830	10,033	7,952	10,977
VALORES MEDIOS		$\bar{X}_{\text{ejeX}} = 2,651$	$\bar{X}_{\text{ejeX}} = 2,545$	$\bar{X}_{\text{ejeX}} = 3,336$	$\bar{X}_{\text{ejeX}} = 8,066$
		$\bar{X}_{\text{ejeY}} = 0,797$	$\bar{X}_{\text{ejeY}} = 0,641$	$\bar{X}_{\text{ejeY}} = 2,953$	$\bar{X}_{\text{ejeY}} = 2,713$
		$\bar{X}_{\text{ejeZ}} = 9,096$	$\bar{X}_{\text{ejeZ}} = 9,332$	$\bar{X}_{\text{ejeZ}} = 8,360$	$\bar{X}_{\text{ejeZ}} = 8,975$
		$\bar{X}_{ V } = 9,540$	$\bar{X}_{ V } = 9,718$	$\bar{X}_{ V } = 8,996$	$\bar{X}_{ V } = 9,507$
			CUERPO COMPLETO	MANO-BRAZO	

La **magnitud** puede medirse en función del desplazamiento producido por la vibración. Ésta será el valor que se muestra en rojo, en la tabla anterior.

La **frecuencia** indica el número de veces que vibra por segundo y se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz).

A. Vibración cuerpo completo:

- Punto muerto:

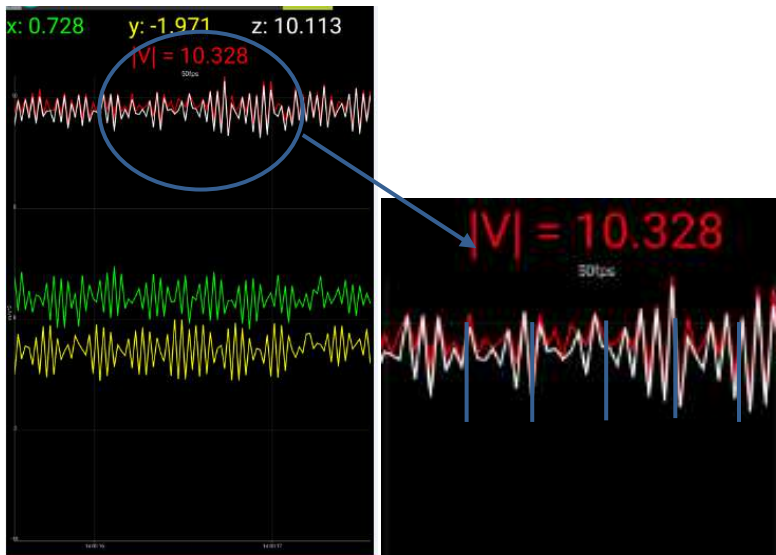


Figura 172. Frecuencia.

En la siguiente imagen se muestra una captura de pantalla del acelerómetro mediante el cual se han medido las vibraciones, en un segundo. Por tanto, la frecuencia que se muestra es de 6 ciclos/s, es decir, 6 Hz

- A plena carga:

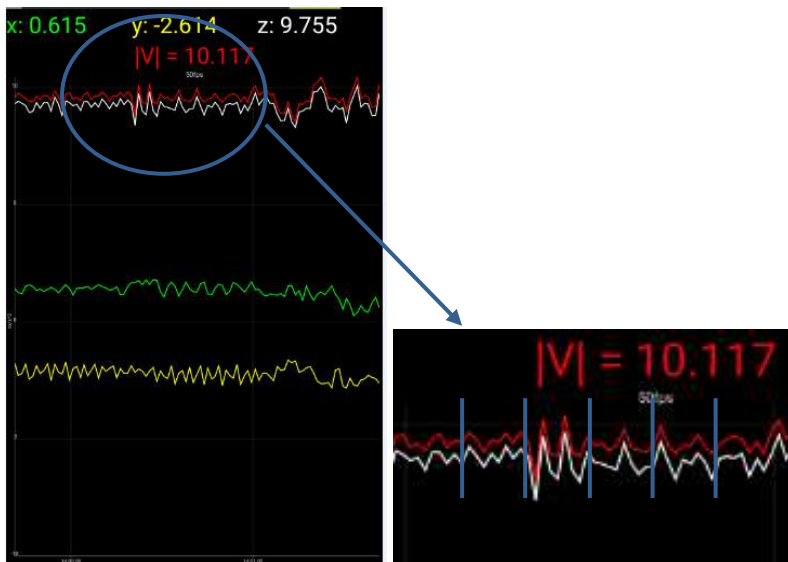


Figura 173. Frecuencia.

La frecuencia que se muestra es de 6 Hz

B. Vibración mano-brazo:

- Punto muerto

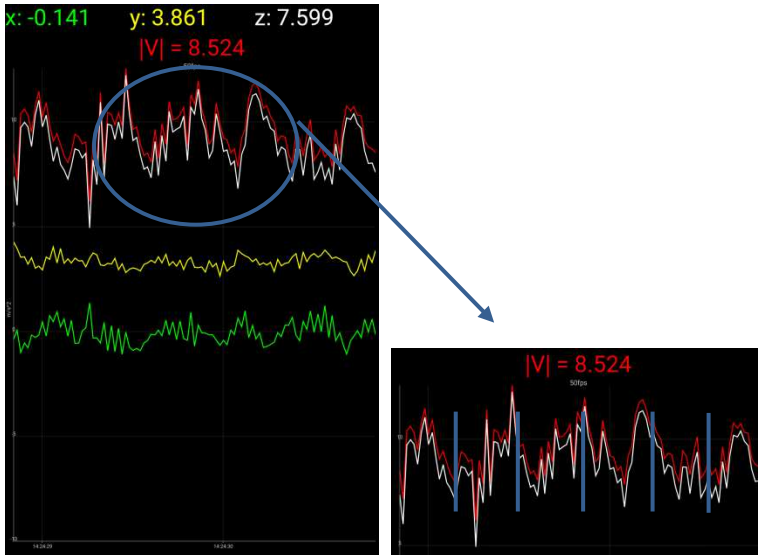


Figura 174. Frecuencia.

La frecuencia que se muestra es de 6 Hz

- A plena carga:

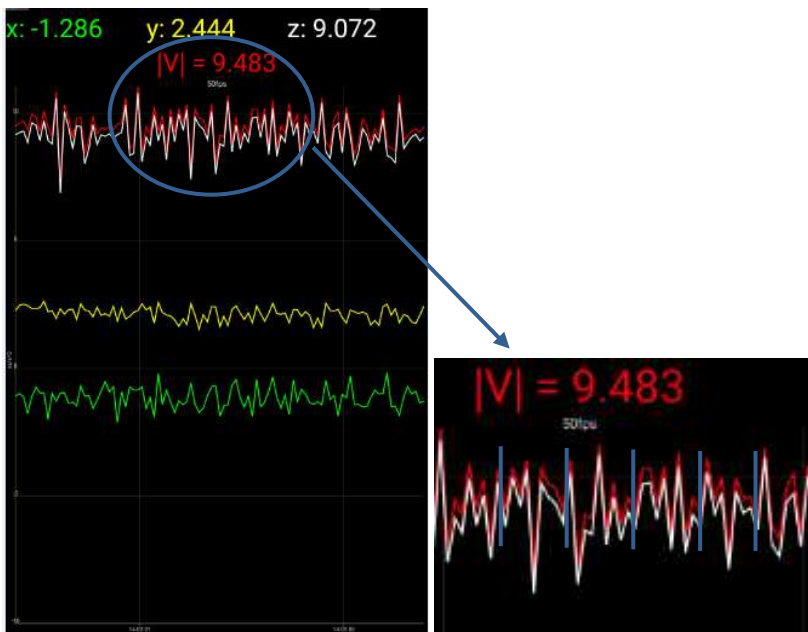


Figura 175. Frecuencia.

La frecuencia que se muestra es de 6 Hz

La **dirección** se señala en las siguientes figuras:

- Cuerpo completo:



Figura 176. Dirección.

- Mano-brazo:



Figura 177. Dirección.

En cuanto al **tiempo de exposición**, el operario estará expuesto a las vibraciones durante toda su jornada laboral, ya que éstas son producidas tanto de la propia acción de vibrar del paraguas, así como del propio tractor.

III.7.- ANOVA test

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

El ANOVA requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.
- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homoscedasticidad).

Se ha decidido agrupar los datos según la zona afectada (cuerpo completo o mano-brazo) para poderlos comparar con los valores límite establecidos en el RD 330/2009

A. ANOVA TEST VIBRACIONES CUERPO COMPLETO

A.1. DATOS

En primer lugar se analizarán los datos correspondientes a las vibraciones producidas en el asiento, siendo éstas las que afectan al cuerpo completo. Dichas vibraciones se han tomado tanto en punto muerto como a plena carga. Mediante el test ANOVA se valorará si las medias de ambas poblaciones pueden considerarse iguales.

A continuación se muestran los datos correspondientes a estas vibraciones:

Tabla 91. Datos.

FACTOR	EJE X	EJE Y	EJE Z
Punto Muerto	2,358	0,368	8,585
Punto Muerto	3,239	0,563	9,653
Punto Muerto	2,992	-0,122	8,679
Punto Muerto	2,807	0,618	9,745
Punto Muerto	3,290	0,019	9,831
Punto Muerto	2,634	0,461	9,913
Punto Muerto	2,291	1,201	8,429

Punto Muerto	2,102	1,861	8,791
Punto Muerto	2,344	2,078	8,907
Punto Muerto	2,455	0,920	8,432
Plena Carga	3,101	0,360	8,703
Plena Carga	2,961	0,641	9,366
Plena Carga	2,331	-0,026	10,265
Plena Carga	2,178	0,104	9,121
Plena Carga	2,202	-0,09	9,700
Plena Carga	2,190	0,673	9,565
Plena Carga	2,252	0,669	9,478
Plena Carga	2,964	1,417	9,088
Plena Carga	2,630	1,208	8,468
Plena Carga	2,643	1,450	9,570

A.2. TEST ANOVA POR EJES

Para la realización del test ANOVA correspondiente se ha utilizado el software informático STATGRAPHICS Centurion.

Comenzando por análisis de las vibraciones en el eje X, el ANOVA test muestra los siguientes resultados:

A.2.1. EJE X

Tabla 92. Tabla ANOVA para Vibración X por Factor.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,05618	1	0,05618	0,37	0,5503
Intra grupos	2,72908	18	0,151615		
Total (Corr.)	2,78526	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración X en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,370543, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración X entre un nivel de Factor y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Para validar los datos obtenidos del ANOVA test debe comprobarse que se cumplen las hipótesis del ANOVA:

INDEPENDENCIA	NORMALIDAD	HOMOCEASTICIDAD
---------------	------------	-----------------

- Independencia:

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- Normalidad:

Para la realización del test de normalidad se utilizará el Test de Kolmogorov-Smirnov, con las siguientes hipótesis:

H₀: La distribución de la vibración en punto muerto y plena carga es normal.

H₁: La distribución de la vibración en punto muerto y plena carga NO es normal.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_x

Tabla 93. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	Normal
DMAS	0,197664
DMENOS	0,116301
DN	0,197664
Valor-P	0,42101

Esta tabla muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_x puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor o igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_x proviene de una distribución normal** con 95% de confianza.

- **Homocedasticidad:**

La hipótesis de homocedasticidad asume que $\sigma_{\text{Punto Muerto}}^2 = \sigma_{\text{Plena Carga}}^2$

Para ello se realiza el test de LEVENE, con las siguientes hipótesis:

H₀: Las varianzas para los diferentes factores son iguales

H₁: Al menos una de las varianzas difiere

Tabla 94. Verificación de varianza.

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,0871285	0,771238

Tabla 95. Verificación de varianza.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
CC / CM	0,362796	0,414258	0,76698	0,6991

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración X dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor es la misma. De particular interés es el valor-P.

Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.**

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado.**

A.2.2. EJE Y

Tabla 96. Tabla ANOVA para la vibración Y por factor.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,121836	1	0,121836	0,28	0,6004
Intra grupos	7,71151	18	0,428417		
Total (Corr.)	7,83335	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración Y en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,284386, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración Y entre un nivel de Factor y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

- Independencia:

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- Normalidad

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_y

Tabla 97. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,129717
DMENOS	0,0885191
DN	0,129717
Valor-P	0,889471

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_y puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_y proviene de una distribución normal con 95% de confianza.**

- Homocedasticidad:

Tabla 98. Verificación de varianza.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	0,253876	0,62047

Tabla 99. Verificación de varianza.

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
CC / CM	0,570237	0,729153	0,611608	0,4753

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración Y dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.**

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado.**

A.2.3. EJE Z

Tabla 100. Tabla ANOVA para vibración z por factor.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0,278244	1	0,278244	0,87	0,3640
Intra grupos	5,77421	18	0,32079		
Total (Corr.)	6,05246	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración Z en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,867372, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS:

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración Z entre un nivel de Factor y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS:

- Independencia:

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- Normalidad

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_z

Tabla 101. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,134484
DMENOS	0,0936272
DN	0,134484
Valor-P	0,862384

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_z puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_z proviene de una distribución normal con 95% de confianza.**

- Homocedasticidad

Tabla 102. Verificación de Varianza.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	0,644428	0,432584

Tabla 103. Verificación de Varianza.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
CC / CM	0,514837	0,613614	0,70396	0,6094

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración Z dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.**

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado**.

B. ANOVA TEST VIBRACIONES MANO-BRAZO

B.1. DATOS

En primer lugar se analizarán los datos correspondientes a las vibraciones producidas en el volante, siendo éstas las que afectan al sistema mano-brazo. Dichas vibraciones se han tomado tanto en punto muerto como a plena carga. Mediante el test ANOVA se valorará si las medias de ambas poblaciones pueden considerarse iguales.

A continuación se muestran los datos correspondientes a estas vibraciones:

Tabla 104. Datos.

FACTOR	EJE X	EJE Y	EJE Z
Punto Muerto	-0,141	3,861	7,599
Punto Muerto	-1,282	3,369	8,222
Punto Muerto	-1,489	3,029	8,145
Punto Muerto	0,227	3,287	9,365
Punto Muerto	0,862	2,632	7,153
Punto Muerto	1,006	1,368	9,630
Punto Muerto	2,469	1,405	9,867
Punto Muerto	-0,213	3,780	8,898
Punto Muerto	0,670	3,356	7,654
Punto Muerto	1,227	3,441	7,064
Plena Carga	2,831	3,185	9,266
Plena Carga	0,246	3,506	10,117
Plena Carga	1,279	2,956	7,366
Plena Carga	-0,377	3,250	8,198
Plena Carga	0,842	3,374	6,925

Plena Carga	1,312	1,792	6,748
Plena Carga	1,593	1,174	10,725
Plena Carga	-0,253	2,302	9,899
Plena Carga	0,847	1,664	9,659
Plena Carga	-0,254	3,930	10,848

B.2. TEST ANOVA POR EJES

Comenzando por análisis de las vibraciones en el eje X, el ANOVA test muestra los siguientes resultados:

B.2.1. EJE X

Tabla 105. Tabla ANOVA para Vibración X por Factor.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,11864	1	1,11864	0,92	0,3496
Intra grupos	21,8309	18	1,21283		
Total (Corr.)	22,9496	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración X mano en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,922344, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración X mano entre un nivel de Factor mano y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Para validar los datos obtenidos del ANOVA test debe comprobarse que se cumplen las hipótesis del ANOVA:

INDEPENDENCIA	NORMALIDAD	HOMOCEASTICIDAD
---------------	------------	-----------------



- **Independencia:**

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- **Normalidad:**

Para la realización del test de normalidad se utilizará el Test de Kolmogorov-Smirnov, con las siguientes hipótesis:

H₀: La distribución de la vibración en punto muerto y plena carga es normal.

H₁: La distribución de la vibración en punto muerto y plena carga NO es normal.

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_x

Tabla 106. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	Normal
DMAS	0,102291
DMENOS	0,0731775
DN	0,102291
Valor-P	0,984919

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_x_mano puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_x_mano proviene de una distribución normal con 95% de confianza.**

- **Homocedasticidad:**

La hipótesis de homocedasticidad asume que $\sigma_{\text{Punto Muerto}}^2 = \sigma_{\text{Plena Carga}}^2$

Para ello se realiza el test de LEVENE, con las siguientes hipótesis:

H₀: Las varianzas para los diferentes factores son iguales

H₁: Al menos una de las varianzas difiere

Tabla 107. Verificación de Varianza.

	Prueba	Valor-P
Levene's	0,25155	0,622065

Tabla 108. Verificación de Varianza.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
BC/BM	1,0089	1,1865	0,723039	0,6368

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración X mano dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor mano es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.**

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado.**

B.2.2. EJE Y

Tabla 109. Tabla ANOVA para Vibración Y por Factor.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,286801	1	0,286801	0,35	0,5623
Intra grupos	14,814	18	0,823003		
Total (Corr.)	15,1008	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración Y mano en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0,348482, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración Y mano entre un nivel de Factor mano y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

- Independencia:

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- Normalidad

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_y

Tabla 110. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,109356
DMENOS	0,20829
DN	0,20829
Valor-P	0,353632

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_y_mano puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_y_mano proviene de una distribución normal con 95% de confianza.**

- Homocedasticidad:

Tabla 111. Verificación de Varianza.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	0,174477	0,681103

Tabla 112. Verificación de Varianza.

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
CC / CM	0,919127	0,895104	1,0544	0,9384

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración Y mano dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor mano es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una**

diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado.**

B.2.3. EJE Z

Tabla 113. Tabla ANOVA para Vibración Z por Factor.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,89359	1	1,89359	1,10	0,3090
Intra grupos	31,0985	18	1,72769		
Total (Corr.)	32,992	19			

La tabla ANOVA descompone la varianza de Vibración Z mano en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1,09602, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos.

RESULTADOS:

Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración Z mano entre un nivel de Factor mano y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.**

VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS:

- **Independencia:**

El supuesto de independencia se **cumple** ya que los datos han sido tomados en distintos momentos de carga.

- **Normalidad**

Pruebas de Bondad-de-Ajuste para RESIDUOS_z

Tabla 114. Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

	<i>Normal</i>
DMAS	0,109392
DMENOS	0,114903
DN	0,114903
Valor-P	0,954382

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si RESIDUOS_z puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, **no se puede rechazar la idea de que RESIDUOS_z proviene de una distribución normal con 95% de confianza.**

- **Homocedasticidad**

Tabla 115. Verificación de Varianza.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1,63659	0,21704

Tabla 116. Verificación de Varianza.

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
CC / CM	1,55047	1,02538	2,28642	0,2339

El estadístico mostrado en esta tabla evalúa la hipótesis de que la desviación estándar de Vibración Z dentro de cada uno de los 2 niveles de Factor es la misma. De particular interés es el valor-P. Puesto que el valor-P es mayor o igual que 0,05, **no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.**

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

Ya que se cumplen las 3 hipótesis anteriormente mencionadas, puede aceptarse como **válido el test ANOVA realizado.**

C. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ANOVA TEST

El test ANOVA, tanto para cuerpo completo como para mano-brazo, indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Vibración en cada uno de los ejes entre un nivel de Factor y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

Así pues, este resultado demuestra que es indiferente tomar los datos en punto muerto o a plena carga (cuando el vibrador está en funcionamiento), tanto para el sistema mano brazo como para cuerpo completo. Esto indica que las vibraciones provienen fundamentalmente del tractor, ya que la variación producida cuando el vibrador está en marcha no es significativa.

III.8.- Evaluación

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 1311/2005, la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas debe hacerse determinando el valor del parámetro A (8), que representa el valor de la exposición diaria normalizado para un período de 8 horas, y comparando el valor obtenido con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que vienen fijados en el propio real decreto y que varían en función de si se trata de vibraciones transmitidas al cuerpo completo o al sistema mano-brazo. Estos valores se reflejan a continuación:

- Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:
 - a) El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en 5 m/s^2 .
 - b) El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.
- Para la vibración transmitida al cuerpo entero:
 - a) El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.
 - b) El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

En la tabla siguiente se resume lo citado anteriormente:

Tabla 117. Valores que dan lugar a una acción y valores límite.

	VALOR QUE DA LUGAR A UNA ACCIÓN	VALOR LÍMITE
SISTEMA MANO-BRAZO	$2,5 \text{ m/s}^2$	5 m/s^2
CUERPO COMPLETO	$0,5 \text{ m/s}^2$	$1,15 \text{ m/s}^2$

De esta comparación pueden derivarse tres situaciones:

- A (8) es inferior al valor que da lugar a una acción.
- A (8) está comprendido entre el valor de acción y el valor límite
- A (8) es superior al valor límite.

La forma de calcular A (8), depende de si se trata de sistema mano-brazo o cuerpo completo.

Para calcularlo, se necesita conocer el valor de la aceleración de la vibración y el tiempo de exposición de la misma, que se ha medido en el apartado anterior.

- **SISTEMA MANO-BRAZO:**

El valor eficaz de la aceleración ponderada en frecuencia a_{hv} mediante la expresión:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

Donde a_{hwx} , a_{hwy} y a_{hwz} son las aceleraciones ponderadas en frecuencia según cada uno de los ejes antes descritos. El valor de A (8) que deberemos comparar con el valor que da a una acción y el valor límite se calcula mediante la expresión

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

Siendo T_e el tiempo de exposición.

Así pues, mientras está **a plena carga** (acelerando):

$$a_{hv} = \sqrt{-0,377^2 + 3,250^2 + 8,198^2} = 8,827 \text{ m/s}^2$$

Para hallar el T_e para calcular el valor de A (8), se considera el tiempo que durante la jornada laboral el tractor está en el máximo nivel de aceleración, es decir, cuando el paraguas está realizando la vibración para que caiga la almendra. Así pues, considerando la misma distribución de tiempos que en el caso del estudio del ruido:

Tabla 118. Distribución de tiempos.

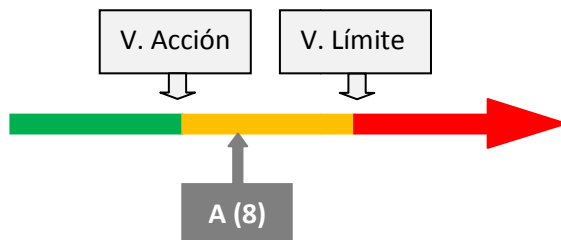
TAREA	TIEMPO (min)
DESPLAZAMIENTO	≈ 14
RECOLECCIÓN:	
• Movimiento entre árboles	198

• Acoplamiento paraguas	40.2
• Apertura paraguas	40.2
• Vibrado tronco	40.2
• Cierre paraguas	40.2
TRASLADO ENTRE TERRENOS	≈ 10
DESCARGA	48
IMPREVISTOS	48

Se observa que de las 8 horas de jornada laboral (480 min), 40,2 min se encuentra realizando el vibrado de tronco, es decir, 0,8 horas. Éste tiempo será el T_e que se debe considerar para obtener el valor de A (8) mediante la siguiente fórmula:

$$A(8) = 8,827 \sqrt{\frac{0,8}{8}} = 2,791 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor está comprendido entre el valor que da lugar a una acción ($2,5 \text{ m/s}^2$) y el valor límite (5 m/s^2). Por tanto, corresponde a una situación de riesgo, tal y como se esquematiza a continuación.



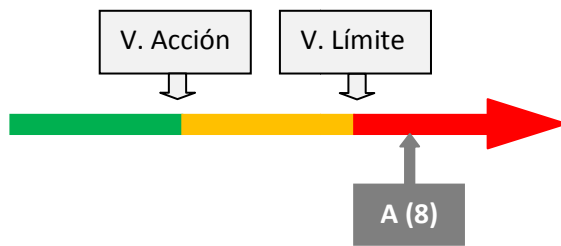
Por otro lado, cuando se encuentra en **punto muerto (o no en su máxima aceleración)**:

$$a_{hv} = \sqrt{-0,141^2 + 3,861^2 + 7,599^2} = 8,522 \text{ m/s}^2$$

Para hallar el T_e se considera el tiempo, que durante la jornada laboral, el tractor no está en el máximo nivel de aceleración. Dicho tiempo es toda la jornada menos el que tarda en realizar el vibrado de tronco. Como se ha comentado en el caso anterior, para el vibrado se emplean 40,2 min de los 480 min de la jornada laboral. Así pues, el tiempo que el tractor no se encuentra en el máximo momento de aceleración será: $480 - 40,2 = 432$ min, es decir 7,2 horas. Éste tiempo será el T_e que se debe considerar para obtener el valor de A (8) mediante la siguiente fórmula:

$$A(8) = 8,792 \sqrt{\frac{7,2}{8}} = 8,085 \text{ m/s}^2$$

Dicho valor es superior al valor límite (5 m/s^2). Por tanto, corresponde a una situación intolerable, tal y como se esquematiza a continuación.



- **CUERPO COMPLETO:**

Una vez conocidos los valores eficaces de la aceleración ponderados en frecuencia a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , se calculan las exposiciones diarias en cada eje mediante las expresiones:

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

$$A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

$$A_z(8) = a_w \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

Así pues, de un lado, mientras el tractor **no se encuentra en el máximo momento de aceleración:**

Para hallar el T_e se considera el tiempo, que durante la jornada laboral, el tractor no está en el máximo nivel de aceleración. Dicho tiempo es toda la jornada menos el que tarda en realizar el vibrado de tronco. Como se ha comentado en el caso anterior, para el vibrado se emplean 40,2 min de los 480 min de la jornada laboral. Así pues, el tiempo que el tractor no se encuentra en el máximo momento de aceleración será: $480 - 40,2 = 432$ min, es decir 7,2 horas. Éste tiempo será el T_e que se debe considerar para obtener el valor de $A(8)$ mediante la siguiente fórmula:

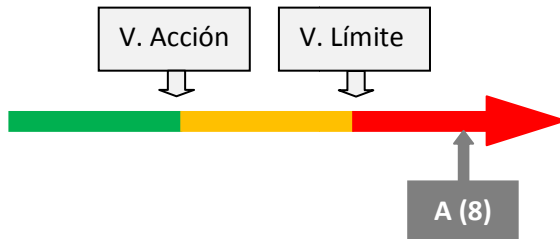
$$A_x(8) = 1,4 * 2,634 \sqrt{\frac{7,2}{8}} = 3,498 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 * 0,461 \sqrt{\frac{7,2}{8}} = 0,612 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 9,913 \sqrt{\frac{7,2}{8}} = 9,404 \text{ m/s}^2$$

Se toma como valor de **A (8)** el máximo de estos tres, es decir, **9,404 m/s²**

Dicho valor es muy superior al valor límite (1,15 m/s²) y por tanto, se encuentra en una situación intolerable, tal y como se muestra en la figura siguiente:



Si se considera, de otro lado, cuando el momento en el que el tractor se encuentra **acelerando al máximo**:

Para hallar el T_e para calcular el valor de $A(8)$, se considera el tiempo que durante la jornada laboral el tractor está en el máximo nivel de aceleración, es decir, cuando el paraguas está realizando la vibración para que caiga la almendra. Así pues, considerando la misma distribución de tiempos que en los casos anteriores, de toda la jornada laboral se emplean 40,2 min realizando el vibrado de tronco. Éste tiempo será el T_e que se debe considerar para obtener el valor de $A(8)$ mediante la siguiente fórmula:

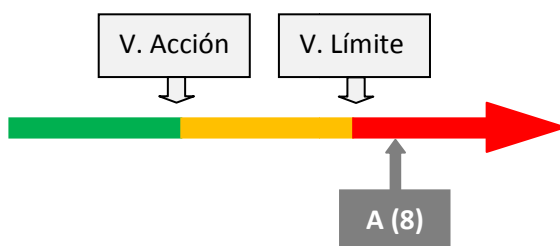
$$A_x(8) = 1,4 * 2,202 \sqrt{\frac{0,8}{8}} = 0,975 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 * -0,090 \sqrt{\frac{0,8}{8}} = -0,040 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 9,700 \sqrt{\frac{0,8}{8}} = 3,067 \text{ m/s}^2$$

Se toma como valor de **A (8)** el máximo de estos tres, es decir, **3,067 m/s²**

Dicho valor es superior al valor límite (1,15 m/s²) y por tanto, se encuentra en una situación intolerable, tal y como se muestra en la figura siguiente:



Así pues, en el sistema mano-brazo se encuentra una situación de riesgo a plena carga e intolerable cuando no está en el momento de máxima aceleración; mientras que en el cuerpo completo se está expuesto a una situación intolerable, tanto en el momento de máxima aceleración como de aceleración normal.

III.9.- Efectos

- SISTEMA MANO-BRAZO:

La utilización prolongada de máquinas que transmiten vibraciones a las manos, pueden ser origen de una serie de efectos sobre los miembros superiores del trabajador que se conocen con el término síndrome de la vibración mano-brazo, que se manifiesta como un grupo de signos y síntomas que pueden ser catalogados en cuatro grupos: trastornos vasculares, neurológicos, musculoesqueléticos y otros trastornos.

a) Trastornos vasculares:

Incluyen cualquier alteración circulatoria que a menudo se identifica con palidez intermitente de los dedos. Es lo que se conoce como síndrome de Raynaud o enfermedad del dedo blanco inducido por vibraciones. El síndrome de Raynaud aparece por un aporte insuficiente del flujo sanguíneo. Los dedos se enfrían, entumecen y sufren hormigueo, perdiendo sensibilidad y control de movimientos.

Inicialmente, los ataques de palidez se presentan en la punta de uno o más dedos, pero con la exposición continuada a las vibraciones, el adormecimiento se puede extender a la totalidad del área de los dedos en contacto con la fuente de vibración. Normalmente, los "ataques" son más comunes en invierno.

Durante el ataque la sensibilidad de los dedos queda tan disminuida que no se detectan estímulos que normalmente producen dolor. La sensibilidad táctil y la destreza también se ven afectadas de modo que la actividad laboral no puede reanudarse hasta que el "ataque" no ha finalizado. El "ataque" finaliza cuando la circulación retorna gracias a un recalentamiento de los dedos por masaje local, apareciendo enrojecimiento.



Figura 178. Síndrome de Raynaud.

Suele aparecer esta dolencia cuando se está expuesto a $A(8) > 2 \text{ m/s}^2$, como es el caso estudiado.

b) Trastornos neurológicos:

Aumento de los umbrales táctil y térmico, empeoramiento de la destreza manual y reducción de la sensibilidad, son algunos de los síntomas relacionados con la exposición a vibraciones mano-brazo.

Además, algunos estudios han postulado que la exposición continua a vibraciones puede originar trastornos de los nervios periféricos (neuropatía periférica) que puede ocasionar edema peri-neural a nivel de los dedos con evolución hacia la fibrosis y deterioro severo de la fibra nerviosa. Este cuadro puede tener un parecido clínico al del Síndrome del Túnel Carpiano por lo que se deberá ser muy cuidadoso a la hora de efectuar el diagnóstico diferencial. El estudio de la conducción motora mediante la práctica de la electroneuromiografía puede ayudar a esclarecer la diferencia.

c) Trastornos musculoesqueléticos:

Se ha observado una elevada prevalencia de artrosis de la muñeca y del codo en trabajadores expuestos a vibraciones de baja frecuencia, como es el caso ante el que se está expuesto.

Los síntomas incluyen dolor local, hinchazón y rigidez en varias zonas de los miembros superiores. En cuanto a los efectos musculares, los trabajadores expuestos a vibraciones manifiestan debilidad muscular y dolores en brazos y manos, y en algunos casos reducción de la fuerza de presión. También se han observado trastornos como tendinitis y tenosinovitis, así como contractura de Dupuytren (enfermedad del tejido fascicular de la palma de la mano), aunque la relación directa con la exposición a vibraciones manobrazo, no es concluyente.



Figura 179. Contractura de Dupuytren.

d) Otros trastornos:

Algunos estudios indican que la pérdida auditiva es mayor de la que cabría esperar en función de la edad y de la exposición a ruido debido a la vasoconstricción inducida por las vibraciones.

Además, se han observado otros síntomas como fatiga persistente, dolor de cabeza, irritabilidad, trastornos del sueño, etc.



- CUERPO COMPLETO:

La sintomatología clínica de las vibraciones de cuerpo entero se relaciona, en general, con los efectos de tipo agudo tales como el discomfort y en la reducción de la capacidad de trabajo debido a la fatiga que las vibraciones producen en el organismo. La exposición a vibraciones de cuerpo completo puede causar malestar, trastornos del sistema nervioso central y de la esfera psíquica, trastornos de la columna vertebral, trastornos oftalmológicos y otros trastornos.

a) Malestar:

El malestar causado por la aceleración de la vibración depende de la frecuencia de vibración, la dirección de la vibración, el punto de contacto con el cuerpo y la duración de la exposición a la vibración. En la vibración vertical de personas sentadas, el malestar causado por la vibración vertical a cualquier frecuencia aumenta en proporción a la magnitud de la vibración: si se reduce ésta a la mitad, el malestar tenderá a reducirse a la mitad.

La sintomatología de dicho malestar se caracteriza por palidez, sudoración fría, náuseas y vómitos.

b) Trastornos del sistema nervioso central y de la esfera psíquica:

Las manifestaciones más frecuentes se caracterizan por malestar general, vértigo, cefaleas e irritabilidad. Cuando concurren una serie de interacciones entre el órgano vestibular, el aparato de la visión y la esfera psíquica (concretamente el sistema propioceptivo) se pueden producir ilusiones ópticas u oculográficas acompañadas de mareos.

c) Trastornos de la columna vertebral:

Los estudios epidemiológicos indican con frecuencia que existe un riesgo elevado para la salud en la columna vertebral de los trabajadores expuestos durante muchos años a intensas vibraciones de cuerpo completo. Seidel y Heide (1986), Dupuis y Zerlett (1986) y Bongers y Boshuizen (1990) han realizado minuciosos estudios de la literatura. En estas revisiones se llega a la conclusión de que intensas vibraciones de cuerpo completo de larga duración puede afectar negativamente a la columna e incrementar el riesgo de molestias lumbares. Tales molestias pueden ser consecuencia secundaria de una alteración degenerativa primaria de las vértebras y discos intervertebrales.

Tanto la intensidad de la vibración como el tiempo de exposición, implican un aumento del riesgo, mientras que los periodos de descanso disminuyen el mismo.

Así pues, una exposición prolongada está fuertemente asociada con problemas de espalda, observándose una alta tasa de prevalencia de dolores en la parte baja de la espalda, hernia discal y degeneración temprana de la columna (espondilosis, que es un trastorno causado por el desgaste anormal del cartílago y los huesos del cuello (vértebras cervicales) con degeneración y formación de depósitos minerales en los cojines entre las vértebras (discos

cervicales), osteocondrosis intervertebral, artrosis). La exposición a vibraciones también causa lumbalgias, ciatalgias y cervicalgias.

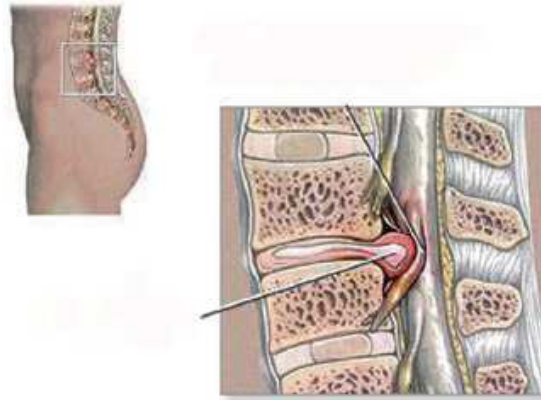


Figura 180. Hernia discal.

d) Trastornos oftalmológicos:

A nivel del órgano de la visión se pueden presentar: déficit de la agudeza visual, ilusiones ópticas y nistagmus, siendo éste un movimiento involuntario e incontrolable de los ojos que puede ser horizontal, vertical, rotatorio, oblicuo o una combinación de ellos.

e) Otros trastornos:

Destacan alteraciones gastrointestinales que se manifiestan por anorexia, ulcera gastroduodenal y alteraciones peristálticas; alteraciones renales con hematuria y especialmente afectación de la función renal; trastornos circulatorios caracterizados por una relativa frecuencia de hemorroides y varices, aunque relacionados también con posturas sentadas de larga duración y alteraciones sobre los órganos reproductores femeninos, entre los que destacan la inflamación de anexos y los desordenes menstruales.

Tras estudiar los efectos que producen producir las vibraciones, se resumen dichos efectos en función de la frecuencia de vibración. Cabe destacar que:

- Entre 2,5 y 3 Hz se mantiene la frecuencia natural de las partes del cuerpo humano (con estas vibraciones se garantiza que el usuario tenga el máximo confort).
- Por encima de esas frecuencias hay una disminución de la sensibilidad.
- Los fenómenos de lumbalgia aparecen entre 5 y 8 Hz
- Entre 3 y 5 Hz aparecen desórdenes del estómago y del intestino.
- Los operadores de tractores y de vehículos muy pesados son el grupo que se encuentra más expuesto al riesgo de sufrir trastornos ya que se encuentra con mayor frecuencia que en el resto de la población sometida a vibraciones.
- Cuando la frecuencia baja de los 2 Hz hay un aumento de la sensibilidad, que se puede llegar a manifestar como mareo.

Tabla 119. Resumen de los efectos de las vibraciones en función de su frecuencia.

FRECUENCIA DE LA VIBRACIÓN	MÁQUINA O HERRAMIENTA	EFFECTOS SOBRE EL ORGANISMO
Muy baja frecuencia (1 Hz)	Transporte: avión, coche, barco, tren (movimiento de balanceo)	<ul style="list-style-type: none"> - Estimulan el laberinto del oído izquierdo - Provocan trastornos en el sistema nervioso central
Baja frecuencia (1-20 Hz)	<ul style="list-style-type: none"> - Vehículos de transporte para pasajeros y mercancías - Vehículos industriales: carretillas - Tractores y maquinaria agrícola - Maquinaria y vehículos de obras públicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede producir mareos y vómitos - Lumbalgias, hernias, pinzamiento discal, lumbociáticas - Inciden sobre los trastornos debidos a las malas posturas - Síntomas neurológicos: Variación del ritmo cerebral, dificultad de equilibrio
Alta frecuencia (20-1000 Hz)	Herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras: pulidoras, lijadoras, motosierras, martillos neumáticos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Artrosis hiperostósante de codo - Afecciones anginoneuróticas de la mano como calambres que pueden acompañarse de trastornos prolongados de sensibilidad - Aumento de la incidencia de enfermedades estomacales

Resumiendo los efectos, tanto los que afectan al sistema mano-brazo como los del cuerpo completo, en el siguiente cuadro:

Tabla 120. Efectos.

SISTEMA MANO-BRAZO	CUERPO COMPLETO
<p>Trastornos vasculares:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Síndrome de Raynaud 	<p>Malestar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Palidez - Sudoración fría - Náuseas y vómitos
<p>Trastornos neurológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de los umbrales táctil y térmico - Empeoramiento de la destreza manual - Reducción de la sensibilidad 	<p>Trastornos del sistema nervioso central y de la esfera psíquica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vértigo - Cefaleas - Irritabilidad
<p>Trastornos musculoesqueléticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Artrosis de la muñeca y del codo en trabajadores expuestos a vibraciones de baja frecuencia - Dolor local, hinchazón y rigidez en varias zonas de los miembros superiores - Debilidad muscular y dolores en brazos y manos - Tendinitis y tenosinovitis - Contractura de Dupuytren 	<p>Trastornos de la columna vertebral:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dolores en la parte baja de la espalda - Hernia discal - Degeneración temprana de la columna - Lumbalgias - Ciatalgias - Cervicalgias
<p>Otros trastornos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pérdida auditiva - Fatiga persistente - Dolor de cabeza - Irritabilidad - Trastornos del sueño 	<p>Trastornos oftalmológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Déficit de la agudeza visual - Ilusiones ópticas - Nistagmus
	<p>Otros trastornos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alteraciones gastrointestinales y renales - Trastornos circulatorios (varices) - Pérdida auditiva



ANEXO IV: ESTUDIO DE GOLPEO



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



IV.1.- Introducción

El golpeo de la varilla contra el cuerpo humano al abrirse el paraguas, es un factor muy importante a considerar ya que puede tener grandes repercusiones en la seguridad y salud de los trabajadores, debido a la energía cinética de rotación con la que impacta y la zona en la que lo hace, ya que ésta es aproximadamente a la altura de la cabeza del trabajador.

La energía cinética de un sistema es la suma de la energía cinética de las partículas que lo forman. Cuando un sólido rígido gira en torno a un eje que pasa por su centro de masas las partículas describen un movimiento circular en torno a dicho eje con una velocidad lineal distinta según sea la distancia de la partícula al eje de giro pero todas giran con la misma velocidad angular ω , ya que en caso contrario el sólido se deformaría. La relación entre ambas velocidades aparece en la figura siguiente:

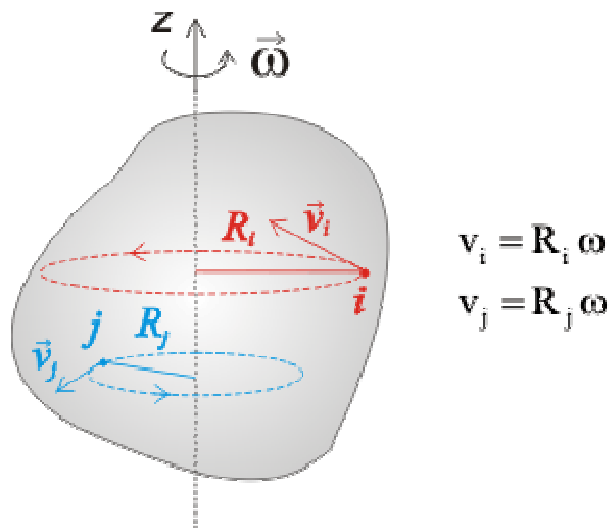


Figura 181. Relación entre velocidades.

De este modo, sea un cuerpo de momento de inercia (o inercia rotacional) I , el cual se mueve respecto a su centro de masa con una velocidad angular ω (que será la misma en cualquier punto del cuerpo que consideramos ya que se trata de un cuerpo rígido no deformable). Su energía cinética de rotación es aquella que posee este cuerpo por el mero hecho de encontrarse en movimiento circular respecto a su propio centro de masas. Así pues, la energía cinética del sólido causada por el movimiento de rotación será:

$$E_{c(rot)} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} m_i R_i^2 \omega^2 = \frac{1}{2} \omega^2 \sum_{i=1}^N m_i R_i^2$$

Dado que el sumatorio es el momento de inercia del sólido con respecto al eje de rotación, se obtiene:

$$E_{c(rot)} = \frac{1}{2} I \omega^2$$

IV.2.- Descripción del puesto de trabajo

Para el estudio del golpeo, se ha escogido un único puesto de trabajo y en un momento concreto.

El puesto que se ve afectado por dicho riesgo es el de ayudante de recolección, es decir, aquél que se encuentra a pie de árbol, bajo el tractor para guiar en las maniobras al tractorista, recoger las almendras del suelo que caen del árbol y manejar el vehículo auxiliar que transporta el remolque. El momento en el que se está expuesto a este riesgo es en el que se realiza la apertura del paraguas.

IV.3.- Mediciones

Tabla 121. Mediciones.

Longitud de la varilla	L = 3,30 m	
Radio de la varilla	R = 2,5 cm	
Ángulo varilla-suelo	$\alpha = 30^\circ$	

IV.4.- Equipo de muestreo

Para la realización de las mediciones, tan sólo es necesaria una cinta métrica de 5 metros de longitud para medir la longitud de la varilla y una regla de 10 centímetros para medir con mayor precisión el diámetro de la misma. A su vez, si se dispone de un inclinómetro también sería útil para medir el ángulo que forma la varilla con el suelo. En su defecto, éste ángulo se podría hallar mediante trigonometría, midiendo la altura del extremo de la varilla al suelo con la cinta métrica.

IV.5.- Análisis y cálculo de la muestra

Aunque el paraguas esté compuesto por 8 varillas, sólo es la primera de ellas la que se va a considerar para el efecto del golpeo, ya que todas ellas están unidas por elementos que no confieren rigidez. Es decir, elementos que no transmiten fuerzas de compresión. Por tanto, todas ellas son independientes en el momento del choque.

Por ello, la energía de impacto vendrá determinada por la energía de rotación en el extremo de la varilla. Dicha energía viene determinada en función del momento de inercia (I) y de la velocidad angular (W), siguiendo la siguiente ecuación:

$$\text{Energía cinética de rotación} = \frac{1}{2} * I * W^2$$

- **En primer lugar, se procede a calcular en momento de inercia (I):**

Se define el momento de inercia como, $I = \sum m_i * R_i^2$

De su definición se deduce que el momento de inercia de un sólido depende del eje de giro (puesto que el radio de giro de cada partícula depende del eje). Como un sólido está constituido por un número muy grande de partículas, en vez de tratarlo como un sistema discreto puede ser analizado como un sistema continuo. Por tanto, el sumatorio de la ecuación anterior puede ser sustituido por la siguiente integral:

$$I = \int dm R^2$$

Donde dm es un elemento infinitesimal de masa del sólido y R^2 su distancia al eje de giro del mismo.

El elemento de masa dm está relacionado con la densidad ρ del sólido y, si éste es homogéneo, al sustituir dm en la expresión del momento de inercia podemos sacar la densidad de la integral. A su vez, dm depende de dV que es un elemento de volumen sólido:

$$dm = \rho dV$$

Así pues se deduce que el momento de inercia (I) es:

$$I = \rho \int R^2 dV$$

Con todo ello, para obtener el momento de inercia de una varilla delgada homogénea respecto a un eje perpendicular que pasa por un extremo E:

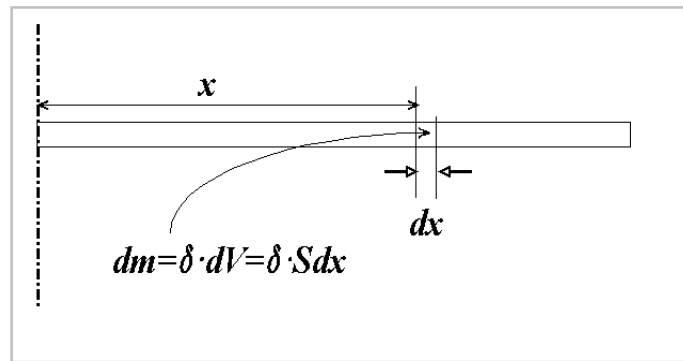


Figura 182. Momento de inercia.

$$I_E = \int r^2 dm = \int_{VOL} r^2 \delta dV = \int_0^L x^2 \delta S dx = \delta S \left. \frac{x^3}{3} \right|_0^L = \delta S \frac{L^3}{3} = \frac{\delta S L \cdot L^2}{3} = \frac{\delta VL^2}{3} = \frac{ML^2}{3}$$

$$I_E = \frac{ML^2}{3}$$

Obteniendo la solución exacta para el momento de inercia respecto a un eje perpendicular a la varilla respecto a un eje que pasa por el centro de masas (CM) es:

$$I_E = \int r^2 dm = \int_{VOL} r^2 \delta dV = \int_{-l/2}^{l/2} x^2 \delta S dx = \delta S \left. \frac{x^3}{3} \right|_{-l/2}^{l/2} = \delta S \frac{L^3/8}{3} + \delta S \frac{L^3/8}{3} = \frac{\delta S L \cdot L^2}{12} = \frac{\delta VL^2}{12} = \frac{ML^2}{12}$$

$$I_{CM} = \frac{ML^2}{12}$$

Como se puede apreciar, el momento de inercia respecto a un eje E que pase por un extremo (I_E), es 4 veces superior al momento de inercia respecto al eje que pasa por el centro de masa de la varilla (I_{CM}).

Pero, en el caso que nos atañe, se debe calcular el momento de inercia de una varilla delgada homogénea respecto a un eje que pasa por un extremo pero que no es perpendicular a la varilla. Así pues, a priori se puede deducir que éste nuevo momento de inercia será menor al anterior porque cada elemento de masa, ahora está más cerca del eje que en el caso de la varilla perpendicular.

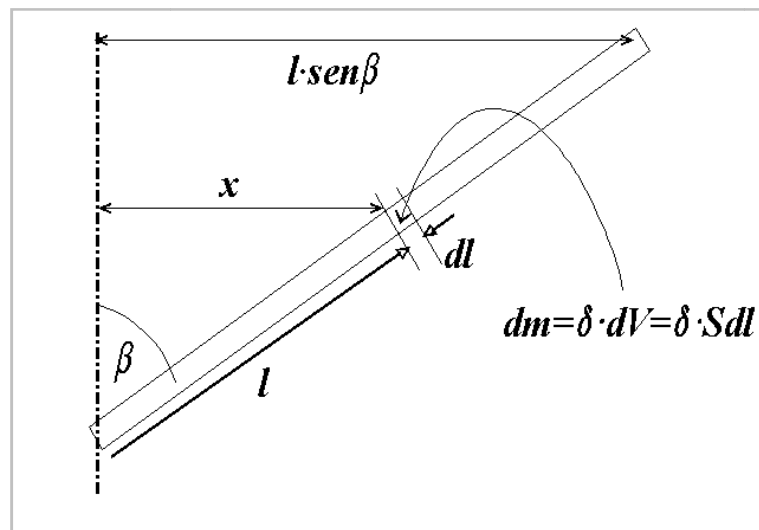


Figura 183. Momento de inercia.

Como se acaba de comentar, cada elemento de masa dm está a una distancia del eje x que ahora es $l \cdot \text{sen } \beta$, por lo tanto toda la varilla está más cerca del eje y el momento de inercia debe ser menor a $ML^2/3$.

El resultado obtenido debe cumplir con la condición que para $\beta = 90^\circ$ debe dar $ML^2/3$.

Los límites de integración ahora serán $x_1 = 0$ y $x_2 = L \cdot \text{sen } \beta$.

El elemento de volumen hay que expresarlo en función del diferencial de longitud que ahora no coincide con el dx .

$$I_E = \int_{VOL} r^2 dm = \int_{VOL} r^2 \delta dV = \int_0^{l \cdot \text{sen } \beta} x^2 \delta S dl = \delta S \frac{x^3}{3} \Big|_0^{l \cdot \text{sen } \beta} = \delta S \frac{L^3 \text{sen}^3 \beta}{3} = \frac{\delta S L \text{sen } \beta \cdot L^2 \text{sen}^2 \beta}{3} = \frac{\delta V L^2 \text{sen}^2 \beta}{3} = \frac{ML^2 \text{sen}^2 \beta}{3}$$

Por tanto, para la varilla inclinada el momento de inercia respecto al eje que pasa por un extremo es: $I_E = \frac{ML^2}{3} \text{sen}^2 \beta$

$$\text{Así pues, } I_E = \frac{M \cdot 3,30^2}{3} \text{sen}^2 60$$

Para calcular la masa de la varilla (M):

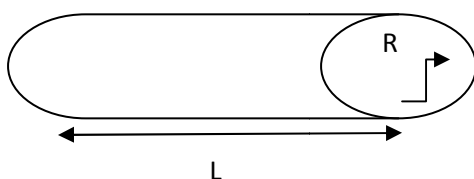


Figura 184. Varilla.

Radio varilla(R)= 2,5 cm

Longitud de la varilla (L) = 3,30 m

$$\rho = M/V$$

Las varillas son de aluminio, por tanto $\rho_{\text{aluminio}} = 2700\text{kg/m}^3$

Las varillas son cilíndricas, por tanto el Volumen de las mismas es: $V = \pi r^2 h = \pi * 0,025^2 * 3,30 = 0,0065 \text{ m}^3$

$$M = \rho * V = 2700\text{kg/m}^3 * 0,0065 \text{ m}^3 = 17,50 \text{ kg}$$

Calculando el momento de inercia para el caso concreto:

$$I_E = \frac{17,50 \cdot 3,30^2}{3} \text{sen}^2 60 = 47,60\text{kg} \cdot \text{m}^2$$

- En segundo lugar, la velocidad angular (W):

Radio de apertura (r) = Longitud de la varilla (L) = 3,30 m

Tiempo apertura (t) = 5 s

Por tanto, la velocidad de apertura será: $V = s/t$



Siendo el espacio que recorre, el radio de giro del extremo de la varilla. Es decir la longitud de la varilla por $\cos \alpha$



Por tanto, Radio de giro del extremo de la varilla = $3,30 * \cos 30 = 2,8 \text{ m}$

Así pues, la velocidad de apertura será igual al espacio que recorre, dividido entre el tiempo que tarda en abrirse. Por lo que se refiere a la velocidad lineal, el espacio que recorre será: $2\pi r/2 = \pi r$ y el tiempo en abrirse de 4 s. En cuanto a la velocidad angular, el tiempo de apertura será el mismo, en cambio el espacio que recorre será π . De este modo, se obtiene:

$$W = \pi \text{ rad} / 4 \text{ s} = \mathbf{0,78 \text{ rad/s}}$$

Así pues, resolviendo la energía cinética de rotación de una varilla al abrirse el paraguas, se obtiene:

$$E_{cr} = \frac{1}{2} * I * W^2 = \frac{1}{2} * 47,60 * 0,78^2 = \mathbf{14,57 \text{ J}}$$

IV.6.- Evaluación

El resultado obtenido es comparable a la energía recibida cuando golpea una pieza metálica de 1 kg dejada caer desde 1 metro de altura

IV.7.- Efectos

En la cabeza se encuentran los órganos esenciales, estando expuesta a riesgos muy diversos, entre los que pueden señalarse los de origen mecánico, especialmente golpes e impactos, que son los que se han estudiado en este apartado.

Sufrir golpes de forma repetida en la cabeza puede favorecer la aparición de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer a largo plazo, según los resultados de un estudio realizado por la Facultad de Medicina de la Universidad de Boston (Estados Unidos).

Además, se pueden producir otros efectos como encefalopatía traumática crónica (ETC), también conocida como "demencia pugilística", lesiones en el cráneo, etc.



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”





ANEXO V: ESTUDIO DE ATRAPAMIENTO



TRABAJO FINAL MÁSTER PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

“Impacto de la evolución tecnológica en los riesgos laborales de la recogida de la almendra en los últimos años. Análisis y prevención de los riesgos asociados al vibrador de tronco”



V.1.- Introducción

El atrapamiento se produce cuando una parte del cuerpo queda enganchada o aplastada por algún componente del vehículo o entre objetos del mismo. En el caso a analizar, son dos los componentes que provocan dicho riesgo. De un lado, el tornillo sinfín y de otro, el enganche del tripuntal con la toma de fuerza (TDF), al acoplar o desacoplar la misma.

En cuanto al tornillo sinfín, éste es un sistema capaz de mover materiales en cualquier dirección y está constituido por un cilindro dotado de un álabe helicoidal, tal y como se muestra en la figura adjunta:

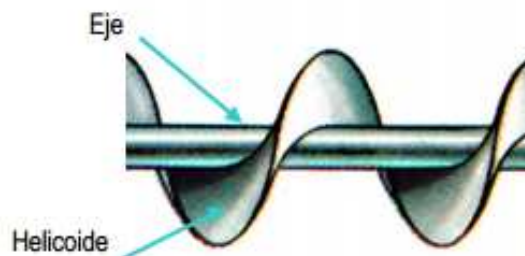


Figura 185. Tornillo sinfín.

Por lo que se refiere al enganche tripuntal, es un sistema de accionamiento para enganchar aperos. En este caso, es el encargado de unir el vibrador con el tractor. Se trata de un sistema colocado en la parte posterior del tractor formado por tres brazos (actuadores y tensor), mediante el cual se levanta y se baja el elemento enganchado. Los dos brazos inferiores son accionados por una bomba hidráulica mediante un distribuidor, que a su vez es movida por el motor del vehículo. El brazo de arriba es el extensible para poder regular el apero. El atrapamiento se puede producir al realizar el enganche del apero interponiéndose entre éste y el tractor.

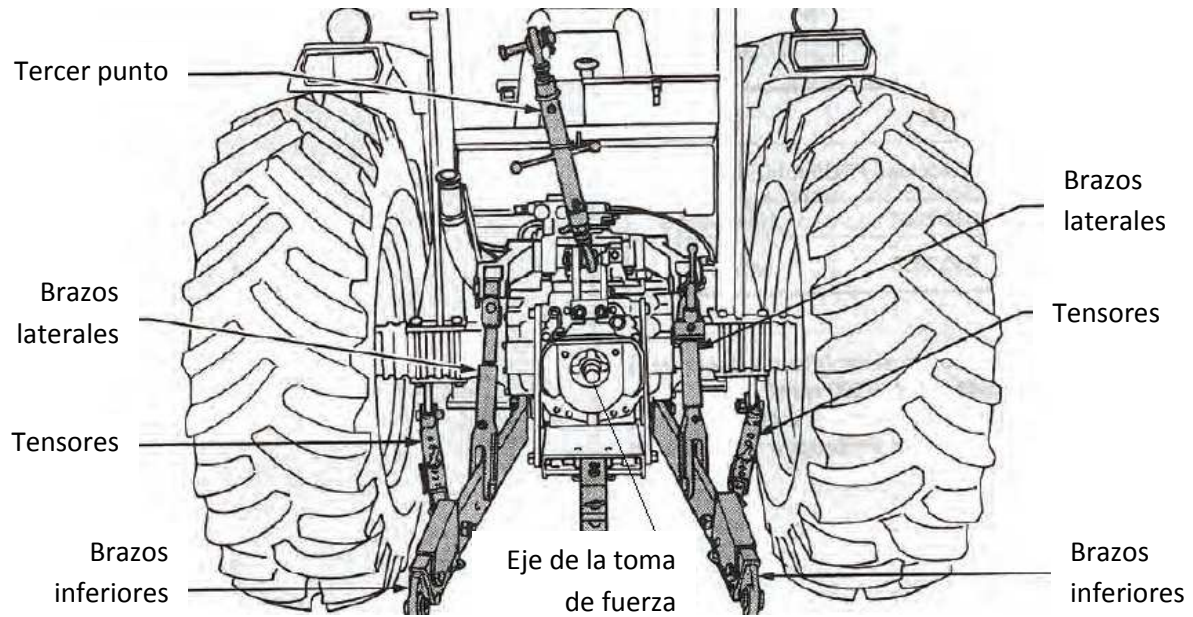


Figura 186. Enganche tripuntal.

Además, dispone de una toma de fuerza, que es un eje en rotación que transmite energía para el accionamiento de las máquinas acopladas al tractor, situado en la parte posterior del mismo. De este eje constituyen los componentes necesarios para dicho accionamiento: un árbol de transmisión articulado mediante juntas "cardan" para permitir el cambio de dirección y, un eje telescópico, denominado eje cardánico.

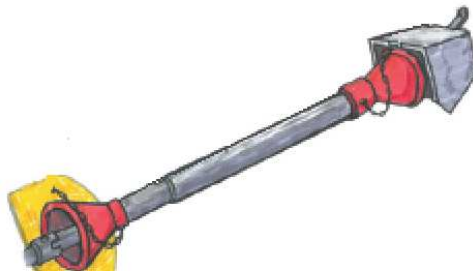


Figura 187. Toma de fuerza.

V.2.- Descripción del puesto de trabajo

Para el estudio del atrapamiento, se ha escogido tanto el puesto de trabajo de conductor como el de ayudante.

Ambos puestos se ven afectados por dicho riesgo, ya que los dos realizan operaciones de enganche y desenganche del apero, así como el mantenimiento del tractor, que son los momentos en los que se está expuesto a dicho riesgo.

V.3.- Equipo de muestreo

Para realizar la evaluación se ha utilizado la observación directa de la situación en la que se encuentran los mecanismos que producen el riesgo de atrapamiento, así como las medidas preventivas y el uso que se hace de las mismas para, posteriormente, proponer mejoras.

V.4.- Evaluación

De un lado, el tornillo sinfín que encuentra en el paraguas recolector, está totalmente desprotegido, siendo fácil el acceso al mismo en operaciones de mantenimiento, atasque con ramas, etc.



Figura 188 y 189. Tornillo sinfín.

De otro lado, el enganche mediante el cual se encuentra conectado el vibrador de almendra al tractor, es de tipo tripuntal como se ha comentado anteriormente. Si no se realizan las acciones de enganche y desenganche con cuidado y siguiendo el procedimiento adecuado, el operario puede quedar atrapado entre tractor y vibrador.



Figura 190. Tripuntal.

Además, dispone de una TDF que contiene todos los elementos de protección exigibles para disminuir el riesgo de atrapamiento que ésta conlleva. Al ser un eje en rotación, puede enganchar la ropa, el pelo, cinturones, joyas, etc y atraer al operario contra el eje que gira a gran velocidad. Este atrapamiento puede producirse, siempre que la toma de fuerza esté accionada:

- Al subir o bajar del tractor por la parte posterior del mismo.
- Al pasar por encima de los elementos de la toma de fuerza.
- En las labores de mantenimiento de la toma de fuerza o próximo a ella.
- Cualquier otra operación que se realice próxima a la toma de fuerza.



Figura 191 y 192. Toma de fuerza.

V.5.- Efectos

El atrapamiento puede causar graves heridas, amputaciones e incluso la muerte.