



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**“DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA EL
PERSONAL DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE LA
EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE
DESECHOS SÓLIDOS DE AMBATO (EPM-GIDSA).”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación presentado, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de administración de la salud, seguridad ocupacional y medio ambiente.

AUTOR: Romero Castillo Carlos David

TUTOR: Ing. Mg. Edison Patricio Jordán Hidalgo

Ambato – Ecuador

Julio – 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA EL PERSONAL DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DE AMBATO (EPM-GIDSA)”, elaborado por el Sr. Romero Castillo Carlos David, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Julio de 2016

EL TUTOR

Ing. Edison Patricio Jordán Hidalgo

AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El presente Proyecto de Investigación titulado “DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA EL PERSONAL DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DE AMBATO (EPM-GIDSA)” es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio de 2016

Carlos David Romero Castillo

C.I. 180411945-9

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad y bajo consentimiento del autor.

Ambato, Julio de 2016

Carlos David Romero Castillo

CC: 1804119459

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes, Ing. Jéssica P. López A. Mg. e Ing. Luis A. Morales P. Mg, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación Titulado “DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA EL PERSONAL DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DE AMBATO (EPM-GIDSA)”, presentado por el Señor Carlos David Romero Castillo, de acuerdo al numeral 9.1 de los lineamientos generales para la aplicación de instructivo de las modalidades de titulación de las facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Jéssica P. López A. Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Luis A. Morales P. Mg.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mis padres, hermanos, hermanas y demás familiares que con su apoyo moral y sus consejos, fueron pilares fundamentales y promotores de este gran logro.

A todas aquellas personas, maestros y compañeros que de una u otra manera me acompañaron en esta dura tarea que hoy se ve cumplida.

Carlos David Romero Castillo

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi hermano que en paz descanse, quienes me apoyan espiritualmente y me extienden sus bendiciones cuando más la necesito.

A mis padres que con su apoyo incondicional hicieron que, de todos aquellos momentos llenos de alegrías y tristezas, siempre aprenda algo nuevo.

A la Universidad Técnica de Ambato, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial que me abrió sus puertas, a los docentes de toda mi trayectoria estudiantil universitaria como el Ing. John Reyes del departamento de investigación de la facultad y especialmente al Ing. Edisson Jordán por ser la persona que con sus amplios conocimientos me ayudó durante el desarrollo de la investigación.

A mis amigos, compañeros y aquella mujer que estuvo junto a mí siempre durante mi etapa de estudios, que a pesar de las dificultades estuvo presente para darme ánimos y no dejarme vencer.

A la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato por brindarme la oportunidad para aplicar y llevar a cabo la investigación y a la Doc. Pilar Ramos de Córdova por las facilidades brindadas en la institución.

Carlos David Romero Castillo

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS	xxiii
INTRODUCCIÓN	xxv
CAPÍTULO I.....	26
EL PROBLEMA	26
1.1 Tema.....	26
1.2 Planteamiento del problema.....	26
1.3 Delimitación.....	28
1.4 Justificación	29
1.5 Objetivos	30
1.5.1 General.....	30
1.5.2 Específicos	30
CAPITULO II	31
MARCO TEÓRICO.....	31

2.1	Antecedentes investigativos	31
2.2	Fundamentación teórica	34
2.2.1	Puestos de trabajo.....	34
2.2.2	Seguridad y salud ocupacional.....	35
2.2.3	La seguridad en el trabajo	35
2.2.4	CheckList OCRA	35
2.2.5	Riesgos laborales.....	35
2.2.6	Accidentes de trabajo	37
2.2.7	Enfermedades profesionales.....	38
2.2.8	Antropometría	38
2.2.9	Ergonomía.....	38
2.2.10	Diseño ergonómico de puesto de trabajo	38
2.2.11	Biomecánica.....	38
2.2.12	Biomecánica clínica	39
2.2.13	Biomecánica deportiva.....	39
2.2.14	Biomecánica ocupacional.....	39
2.2.15	Criterios biomecánicos.....	40
2.2.16	Diseño biomecánico de puestos de trabajo	40
2.2.17	Planos de referencia del cuerpo humano.....	41
2.2.18	Puntos de referencia antropométricos	42
2.2.19	Segmentación del cuerpo humano	42
2.2.20	Centros de gravedad.....	43
2.2.21	Parámetros inerciales de DEMPSTER y CLAUSER.....	43
2.2.22	Parámetros inerciales DRILLIS Y CONTINI.....	44
2.2.23	Método de CHAFFIN (1999).....	45
2.2.24	Instrumentos de medición	45
2.2.25	Distribución normal estándar	46
2.3	Propuesta de solución.....	48

CAPITULO III.....	49
METODOLOGIA	49
3.1 Modalidad de investigación	49
3.1.1 Investigación de campo.....	49
3.1.2 Investigación documental o bibliográfica	49
3.2 Población o muestra	50
3.3 Recolección de información.....	50
3.4 Procedimiento y análisis de datos	50
3.5 Desarrollo del proyecto de investigación.....	50
CAPITULO IV.....	52
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	52
4.1 Posturas adoptadas con mayor frecuencia por el personal de barrido y recolección	52
4.2 Organigrama de actividades para realizar el diseño biomecánico	53
4.3 EPM – GIDSA	53
4.3.1 Ubicación geográfica	54
4.3.2 Dependencias de la empresa	54
4.3.3 Servicios de la empresa.....	55
4.3.4 Organigrama estructural por procesos de EPM – GIDSA	58
4.3.5 Organigrama de operaciones para el servicio de barrido de calles y espacios públicos.....	59
4.3.6 Maquinarias y equipos empleados por el personal de barrido	60
4.3.7 Descripción del personal que laboran en el área de barrido.....	60
4.4 Organigrama de actividades para el barrido de calles y espacios públicos.....	61
4.5 Organigrama de operaciones para la recolección de desechos sólidos	62
4.5.1 Maquinarias y equipos empleados por el personal de recolección	63
4.5.2 Descripción del personal de recolección.....	63
4.5.3 Organigrama de actividades que realiza el personal de recolección de desechos sólidos.....	64

4.6	Recolección de información.....	65
4.6.1	Toma de medidas de pesos al personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA.....	65
4.6.2	Toma de medidas de estaturas al personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA.....	66
4.7	Identificar los niveles de riesgo producidos por posturas forzadas y levantamiento de cargas estáticas haciendo uso de listas de verificación OCRA (UNE EN 1005-5).....	68
4.8	Distribución de frecuencias de los datos obtenidos	79
4.8.1	Presentación de tablas de distribución de los datos obtenidos	82
4.8.2	Determinar masas externas o levantadas durante el proceso de barrido o recolección de desperdicios.....	87
4.9	Especificar las posturas del trabajador, duración, frecuencia y carga soportada por el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA	91
4.9.1	Ubicación de coordenadas de cada articulación a evaluar	92
4.9.2	Elaborar los diagramas de cuerpo libre	93
4.10	Determinar los parámetros inerciales del personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA	95
4.10.1	Determinar las masas de los segmentos corporales	95
4.10.2	Determinar las distancias de ubicación de los centros de gravedad de cada segmento corporal.....	96
4.11	Desarrollo de la evaluación biomecánica estática coplanar previa al diseño biomecánico de puestos de trabajo.....	96
4.11.1	Cálculo de coordenadas de cada articulación.....	97
4.11.2	Cálculo de las reacciones involucradas en la articulación analizada con respecto al peso exterior levantado	103
4.11.3	Cálculo de momentos involucrados en cada articulación con respecto al peso exterior levantado y al peso de cada segmento corporal	112
4.11.4	Cálculo de momentos máximos admisibles por articulación	133
4.11.5	Determinar las cargas máximas soportadas por articulación y cargas máximas admisibles para el porcentaje de población a proteger.....	138

4.11.6	Comparación de resultados obtenidos por el investigador con los resultados del estudio realizado en el software	141
4.12	Análisis de resultados de las condiciones actuales.....	143
4.12.1	Análisis de resultados para la posición inclinada del personal masculino	143
4.12.2	Análisis de resultados para la posición agachado del personal masculino.....	150
4.12.3	Análisis de resultados para la posición de pie del personal masculino	153
4.12.4	Análisis de resultados para la posición inclinada del personal femenino	156
4.12.5	Análisis de resultados para la posición agachada del personal femenino	159
4.12.6	Análisis de resultados para la posición de pie del personal femenino	162
4.13	Discusión de los resultados	166
4.13.1	Discusión de resultados del personal masculino	166
4.13.2	Discusión de resultados del personal femenino	170
4.14	Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA.....	173
4.14.1	Actuación en la fuente.....	174
4.14.2	Actuación en el medio.....	183
4.14.3	Actuación en la persona	184
4.14.4	Metodología para adoptar una buena postura de trabajo para el levantamiento de cargas.....	187
CAPITULO V		191
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		191
5.1	Conclusiones	191
5.2	Recomendaciones.....	193
BIBLIOGRAFÍA		194
ANEXOS.....		201

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Representación de planos de trabajo [28].....	42
Fig. 2. Báscula digital.	45
Fig. 3. Kit antropométrico centurión	46
Fig. 4. Curva normal y de percentiles 5, 50 y 95 [33].	47
Fig. 5. Posición inclinada.....	52
Fig. 6. Posición agachada.	52
Fig. 7. Posición de pie.....	52
Fig. 5. Ubicación geográfica de la EPM-GIDSA.	54
Fig. 9. Funda plástica, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.	60
Fig. 10. Carrito recolector, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.	60
Fig. 11. Camión recolector, escoba y gaveta plástica utilizados para la recolección. ..	63
Fig. 12. Toma de medida de la masa corporal	66
Fig. 13. Toma de medida de la estatura.	68
Fig. 14. Levantamiento de cargas del personal de barrido de la EPM - GIDSA.....	71
Fig. 15. Levantamiento de cargas del personal de recolección de la EPM - GIDSA. ..	71
Fig. 16. Modelo es estudio masculino para la evaluación biomecánica.....	86
Fig. 17. Modelo femenino para la evaluación biomecánica.	87
Fig. 18. Medición de masas levantadas por el personal de recolección en la jornada de trabajo.	88
Fig. 19. Medición de masas levantadas en la jornada de trabajo.....	88
Fig. 20. Medición de masa de recipiente utilizado frecuentemente para recolectar desperdicios regados.	88
Fig. 21. Medición de masa de recipiente existente en el recorrido.....	88
Fig. 22. Posición inclinada, adoptada con mayor frecuencia.....	91
Fig. 23. Posición agachada, adoptada con mayor frecuencia.	91
Fig. 24. Posición de pie, adoptada con mayor frecuencia.....	91
Fig. 25. Posición, trabajador inclinado.	92
Fig. 26. Posición, trabajador agachado.	92
Fig. 27. Posición, trabajador de pie.	92

Fig. 28. Coordenadas iniciales en el plano sagital.	93
Fig. 29. Representación del trabajador inclinado con altura máxima.	94
Fig. 30. Diagrama de cuerpo libre del trabajador inclinado con altura máxima.	94
Fig. 31. Diagrama de cuerpo libre total.	104
Fig. 32. Diagrama de cuerpo libre del codo.	104
Fig. 33. Diagrama de cuerpo libre total.	106
Fig. 34. Diagrama de cuerpo libre del hombro.	106
Fig. 35. Diagrama de cuerpo libre total.	107
Fig. 36. Diagrama de cuerpo libre del segmento abdomen, tórax, cuello y cabeza.	107
Fig. 37. Diagrama de cuerpo libre total.	109
Fig. 38. Diagrama de cuerpo libre de la pelvis.	109
Fig. 39. Diagrama de cuerpo libre total.	110
Fig. 40. Diagrama de cuerpo libre del muslo.	110
Fig. 41. Diagrama de cuerpo libre total.	111
Fig. 42. Diagrama de cuerpo libre del tobillo.	111
Fig. 43. Diagrama de cuerpo libre de M _{cf} del codo.	113
Fig. 44. Diagrama de cuerpo libre de M _{csc} del codo.	114
Fig. 45. Diagrama de cuerpo libre de M _{Hf} del hombro.	116
Fig. 46. Diagrama de cuerpo libre de M _{Hsc} del hombro.	117
Fig. 47. Diagrama de cuerpo libre de cuerpo ML5/S1f.	119
Fig. 48. Diagrama de cuerpo libre de ML5/S1sc.	120
Fig. 49. Diagrama de cuerpo libre de M _{caf}	123
Fig. 50. Diagrama de cuerpo libre de M _{cas}	124
Fig. 51. Diagrama de cuerpo libre de M _{rof}	126
Fig. 52. Diagrama de cuerpo libre de M _{rosc}	128
Fig. 53. Diagrama de cuerpo libre de M _{tof}	130
Fig. 54. Diagrama de cuerpo libre de M _{tos}	131
Fig. 55. Valores obtenidos en la evaluación realizada en el software online.	143
Fig. 56. Porcentajes de cargas actuales respecto de las cargas máximas admisibles.	167
Fig. 57. Porcentajes de cargas actuales soportadas en relación de las cargas máximas admisibles.	168

Fig. 58. Porcentajes de cargas soportadas actualmente respecto de las cargas máximas admisibles.	169
Fig. 59. Porcentaje de cargas soportadas actualmente respecto de la carga máxima admisible.	171
Fig. 60. Porcentajes de cargas soportadas actualmente respecto de la carga máxima admisible.	172
Fig. 61. Porcentaje de cargas soportadas actualmente respecto de las cargas máximas admisibles.	173
Fig. 62. Desperdicios regados en viviendas.	174
Fig. 63. Desperdicios públicos generados.	174
Fig. 64. Parte de desperdicios generados en parques.	175
Fig. 65. Desperdicios generados en espacios públicos.	175
Fig. 66. Vista lateral derecha del diseño biomecánico.	176
Fig. 67. Vista ortogonal del diseño biomecánico.	176
Fig. 68. Funda plástica empleada para el levantamiento de desperdicios.	183
Fig. 69. Pala de basura plástica para el levantamiento de desperdicios.	183
Fig. 70. Gaveta plástica empleada para levantar desperdicios.	184
Fig. 71. Pieza plástica para levantar los desperdicios.	184
Fig. 72. Vista lateral derecha del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.	185
Fig. 73. Vista ortogonal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.	185
Fig. 74. Vista frontal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.	185
Fig. 75. Análisis de lugar que contiene desperdicios.	187
Fig. 76. Colocación de piernas en el diseño biomecánico.	187
Fig. 77. Adopción de postura biomecánica.	188
Fig. 78. Tipo de sujeción para el diseño biomecánico.	188
Fig. 79. Levantamiento de cargas con el diseño biomecánico.	189
Fig. 80. Análisis de situación si la carga es menor que 25 Kg.	189

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de segmentos corporales determinados por DEMPSTER y CLAUSER.	43
Tabla 2. Porcentajes de centros de gravedad propuestos por DEMPSTER y CLAUSER.	44
Tabla 3. Estimación de la longitud de los segmentos corporales.	44
Tabla 4. Características para evaluar las tareas repetitivas de levantamiento de cargas.	69
Tabla 5. Valoración del índice OCRA.	70
Tabla 6. Multiplicador de duración.	71
Tabla 7. Multiplicador de recuperación.	72
Tabla 8. Multiplicador de fuerza.	73
Tabla 9. Multiplicador para los factores adicionales.	73
Tabla 10. Multiplicador para repetitividad.	74
Tabla 11. Multiplicador para posturas.	75
Tabla 12. Multiplicador para la frecuencia de acciones técnicas.	76
Tabla 13. Distribución de frecuencias de las masas corporales del personal masculino.	82
Tabla 14. Distribución de frecuencias de las estaturas del personal masculino.	84
Tabla 15. Distribución de frecuencias de masas externas levantadas por los trabajadores.	89
Tabla 16. Segmentos corporales máximos para personal masculino.	93
Tabla 17. Ángulos formados por los segmentos corporales con una altura máxima.	94
Tabla 18. Masas de los segmentos corporales masculinos.	95
Tabla 19. Distancias de los centros de gravedad para el personal masculino.	96
Tabla 20. Valores de ajuste y coeficiente de variación presentados por Chaffin.	134
Tabla 21. Valores de ajuste y coeficiente de variación presentados por Chaffin.	136
Tabla 22. Porcentaje de carga máxima aceptable en función de la repetitividad y la duración.	138
Tabla 23. Comparación de valores obtenidos por el investigador y el software.	141
Tabla 24. Valores obtenidos en el codo masculino con postura inclinada.	144
Tabla 25. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura inclinada.	145

Tabla 26. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura inclinada.	146
Tabla 27. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura inclinada.	147
Tabla 28. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura inclinada.	148
Tabla 29. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura inclinada.	149
Tabla 30. Valores obtenidos en el codo masculino con postura agachado.	150
Tabla 31. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura agachado.	151
Tabla 32. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura agachado.	151
Tabla 33. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura agachada.	152
Tabla 34. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura agachada.	152
Tabla 35. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura agachado.	153
Tabla 36. Valores obtenidos en el codo masculino con postura de pie.	153
Tabla 37. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura de pie.	154
Tabla 38. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura de pie.	154
Tabla 39. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura de pie.	155
Tabla 40. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura de pie.	155
Tabla 41. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura de pie.	156
Tabla 42. Valores obtenidos en el codo femenino con postura inclinada.	157
Tabla 43. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura inclinada.	157
Tabla 44. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) femenino con postura inclinada.	158
Tabla 45. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura inclinada.	158
Tabla 46. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura inclinada.	159
Tabla 47. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura inclinada.	159
Tabla 48. Valores obtenidos en el codo femenino con postura agachado.	160
Tabla 49. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura agachado.	160
Tabla 50. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura agachado.	161
Tabla 51. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura agachada.	161
Tabla 52. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura agachada.	162

Tabla 53. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura agachada.....	162
Tabla 54. Valores obtenidos en el codo femenino con postura de pie.....	163
Tabla 55. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura de pie.	163
Tabla 56. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) femenino con postura de pie.	164
Tabla 57. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura de pie.	164
Tabla 58. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura de pie.	165
Tabla 59. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura de pie.	165
Tabla 60. Resumen de resultados para el personal masculino con postura inclinado.	166
Tabla 61. Resumen de resultados para el personal masculino con posición agachado.	167
Tabla 62. Resumen de resultados para el personal masculino en la posición de pie..	169
Tabla 63. Resumen de resultados para el personal femenino en la posición inclinadas.	170
Tabla 64. Resumen de resultados para el personal femenino en la posición agachada.	171
Tabla 65. Resumen de resultados para el personal femenino en la postura de pie.	172
Tabla 66. Ángulos del diseño biomecánico para el levantamiento de carga analizada.	176
Tabla 67. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el codo	177
Tabla 68. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el hombro	178
Tabla 69. Valores del diseño biomecánico obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1).....	179
Tabla 70. Valores del diseño biomecánico obtenidos en la cadera.	180
Tabla 71. Valores del diseño biomecánico obtenidos para la rodilla	181
Tabla 72. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el tobillo	182
Tabla 73. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico para minimizar el riesgo de aparición de trastornos músculo esqueléticos.	185

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Organigrama de actividades para realizar la evaluación biomecánica.....	53
Diagrama 2. Organigrama estructural por procesos de la EPM - GIDSA.	58
Diagrama 3. Organigrama operaciones para el servicio de barrido de la EPM - GIDSA.	59
Diagrama 4. Organigrama de actividades del barrido de calles y parques.	61
Diagrama 5. Organigrama de procesos para la recolección de desechos sólidos	62
Diagrama 6. Organigrama de actividades para la recolección de desechos sólidos.	64
Diagrama 7. Organigrama de actividades para la toma de medidas de peso.....	65
Diagrama 8. Organigrama de actividades para la toma de medidas de estatura.....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Masas de los segmentos corporales.	202
ANEXO 2: Estaturas de los segmentos corporales.....	203
ANEXO 3: Medidas de masas externas levantadas.....	204
ANEXO 4: Diagramas de cuerpo libre y ángulos formados por los segmentos corporales.....	205
ANEXO 5: Masas de los segmentos corporales y porcentajes de distancias de los centros de gravedad para el personal femenino.....	210
ANEXO 6: Reacciones generadas en las articulaciones de cada postura generadas por acción de la masa exterior.....	211
ANEXO 7: Momentos generados por acción de segmentos corporales y de la carga exterior en cada articulación.	213
ANEXO 8: Momentos máximos admisibles, desviación típica y momentos máximos admisibles para el porcentaje de población a proteger.	216
ANEXO 9: Cargas máximas soportadas y cargas máximas admisibles para cada articulación en las posturas analizadas.....	221
ANEXO 10: Tabla de valores de Z para una distribución normal.....	225
ANEXO 11: Diseños biomecánicos de puestos de trabajo para levantamiento de cargas.	227

RESUMEN

La investigación se realiza a partir de las múltiples molestias músculo esqueléticas presentadas en el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA por causa del levantamiento frecuente de cargas en la jornada de trabajo, para lo cual se realiza una evaluación y análisis de las condiciones actuales en relación a las posturas adoptadas para realizar la actividad.

Para evaluar las condiciones actuales de trabajo se aplica el método de la biomecánica estática coplanar que permite determinar reacciones y momentos generados en las articulaciones del cuerpo humano por acción de la carga externa y la carga producida por sus segmentos corporales durante el levantamiento, de donde se establecen valores máximos permisibles de acuerdo a la postura adoptada y al porcentaje de población que se desea proteger.

De los 130 trabajadores estudiados, el 100% de la población presentan riesgos de sufrir trastornos músculo esqueléticos por sobreesfuerzos debido a las posturas que adoptan con mayor frecuencia que en este caso son tres; inclinada, agachada y de pie, y a la cantidad de carga levantada durante el proceso que es de 15,48 Kg; debiendo tomar medidas correctivas y de prevención de riesgos inmediatas, por lo que se presenta un diseño biomecánico de puestos de trabajo fundamentado en las normas ISO 11228 y NTP 477 de manejo y levantamiento de cargas respectivamente.

ABSTRACT

This research Project will be developed due to multiple skeletal muscle problems presented in the sweeping and garbage recollection staff of the Company EPM-GIDSAM, which is caused by the lifting of loads in their working schedule. As a result of that, will be developed an evaluation and analysis of the current conditions in relation to adequate postures to do the activity previously mentioned.

In order to evaluate the current conditions of work, I will apply the biomechanical coplanar static method; which allows to determine reactions and generated moments in the articulations of human body because of lifting external loads produced by corporal segments during the lifting process, where some permissible maximum is established according to the corporal posture the employee adopt and also according to the population who needs to be protected.

Taking into account 130 educated employees, the 100% of the population presents risk of suffering skeletal muscle disorders due to overstrain. First because of corporal postures that working staff frequently adopt. In this case, we will mention three: inclined, crouched and standing. Second, because of the quantity of lifting loads during the process; which is usually 15,48 Kg. ; which promotes to make measures of immediately prevention risks and as a result it is presented the biomechanical design of position job focus on the rules ISO 11228 and NTP 477 of use of respective load lifting.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

Acromión: unión o articulación del omóplato de forma triangular que se articula con un extremo de la clavícula.

Antropómetro: instrumento para medir distintas partes del cuerpo.

Biomecánica ocupacional: parte de la ergonomía que mediante las leyes de la física y la ingeniería describe los movimientos efectuados por los segmentos corporales y las fuerzas que actúan sobre ellos durante las actividades normales de la vida diaria.

Cadera media: altura en donde se une la pelvis con el fémur.

Centros de gravedad: punto de un cuerpo en donde se aplican todas las fuerzas de gravedad.

Ciatalgia: también neuritis ciática o lumbociática, es un conjunto de síntomas entre los cuales destaca el dolor en el territorio del recorrido del nervio ciático, que puede estar acompañado de alteraciones en la función neurológica local

Contractura muscular: contracción continuada e involuntaria del músculo o algunas de sus fibras que aparece al realizar un esfuerzo.

Gonión medio: ángulo de la mandíbula.

Hueco supraesternal: Unión de las clavículas.

Lumbalgia mecánica: dolores de espalda por ocasionados por una distensión muscular lumbar o del espacio intervertebral mismo por ejemplo, una hernia discal lumbar o la discartrosis.

Muesca radiale: Articulación del codo.

Osteoartritis: enfermedad de las articulaciones o coyunturas que afecta principalmente al cartílago.

Percentil: es un número de 0 a 100 que está muy relacionado con el porcentaje pero que no es el porcentaje en sí.

Plano sagital: se denomina plano sagital al que divide el cuerpo humano en dos mitades simétricas, es decir al que divide al lado izquierdo del lado derecho.

Psicosocial: es el estudio científico de cómo los pensamientos, sentimientos y comportamientos de las personas son influidos por la presencia real, imaginada o implícita de otras personas.

Punto distal: indica lejanía hacia el punto de origen o inserción de un órgano, una parte, o cualquier punto de referencia.

Punto proximal: indica proximidad hacia el punto de origen o inserción de un órgano, una parte, o cualquier punto de referencia.

Rediculopatía Cervical: es una condición muy dolorosa que sucede cuando se oprime o irrita uno de los nervios de la columna vertebral.

Segmentación: división de un todo en dos o más partes.

Síndrome del túnel carpiano: neuropatía periférica que ocurre cuando el nervio mediano, se comprime dentro del túnel carpiano, a nivel de la muñeca.

Tendinitis: Inflamación de un tendón debida, generalmente, a un golpe o a un esfuerzo excesivo.

Tenosinovitis: inflamación que implica los tendones y su vaina sinovial (la membrana que los rodea) llevando a cabo en el largo plazo la funcionalidad del cartílago.

Tibiale: ubicación en el extremo del músculo tibial en la articulación de la rodilla.

Vértex: Parte más alta del cráneo de los vertebrados y de los insectos.

EPM – GIDSA: Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato.

OCRA: Occupational Repetitive Action o en español acciones repetitivas laborales.

TME: Trastornos musculo esqueléticos.

INTRODUCCIÓN

El diseño biomecánico de puestos de trabajo propuesto en esta investigación, permite minimizar y prevenir la aparición de trastornos músculo esqueléticos en los trabajadores de las áreas de barrido y recolección de desperdicios, ocasionados por el levantamiento de cargas durante la jornada de trabajo, ya que estos factores son los que determinan la posibilidad de que se produzcan enfermedades profesionales [1] [2].

Las alteraciones del aparato locomotor son una de las condiciones de mayor consulta médica en los diferentes niveles de atención en la salud [3], y dentro de estas, se presentan los trastornos músculo esqueléticos ocasionados por el levantamiento continuo de cargas durante la jornada de trabajo, por esta razón se da cabida al estudio presentado que permite determinar un diseño biomecánico de puestos de trabajo.

Debido a que se presenta un diseño biomecánico de puestos de trabajo, se debe tener en cuenta que en biomecánica suelen aparecer a menudo fuerzas de flexión o compresión dependiendo de movimiento realizado por el trabajador [4], por esta razón se realiza una evaluación biomecánica estática coplanar que permite calcular los momentos y reacciones de flexión y extensión que actúan en una articulación para saber si son o no perjudiciales en el instante en que ejecutan de la actividad.

Se presenta un diseño biomecánico de puestos de trabajo para que el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA no sufra trastornos músculo esqueléticos por causa del levantamiento de cargas ya que actualmente, de las 130 personas analizadas, el 100% de ellas adoptan posturas inadecuadas, lo que implica que están expuestos a sufrir lesiones o enfermedades profesionales al levantar una carga de 15,48 Kg.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO PARA EL PERSONAL DE BARRIDO Y RECOLECCIÓN DE DESPERDICIOS DE LA EMPRESA PÚBLICA MUNICIPAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS DE AMBATO (EPM-GIDSA).

1.2 Planteamiento del problema

En los últimos años las enfermedades profesionales son la causa principal de sufrimientos y pérdidas en el mundo; debido a que, aparentemente no son visibles en el momento de ocasionar un accidente pero que si provocan un número elevado de muertes al año [5], por esta razón las empresas a nivel mundial se ven obligadas a enfocarse en diferentes tipos de estudios en el ámbito laboral que permitan fortalecer la capacidad de prevención de los trastornos músculo esqueléticos.

La organización internacional del trabajo (OIT) en su publicación realizada el 28 de Abril del 2013 por el día mundial del trabajo, enfocado a la prevención de las enfermedades profesionales presenta un documento en el cual da a conocer que en el 2010 en Argentina se registraron 22013 casos de enfermedades profesionales, siendo los trastornos músculo esqueléticos (TME) y las patologías respiratorias las enfermedades más frecuentes, en la República de Corea los TME aumentaron drásticamente de los 1634 casos registrados en el 2001 a los 5502 casos en el 2010, representando un costo económico elevado ya que para el 2011 fueron 6890 millones de dólares estadounidenses empleados en el tratamiento de dichas enfermedades que representa un 0,7 % del producto interno bruto

de ese país, de la misma manera muestra que en el Reino Unido durante el período 2011 – 2012 los TME representaron alrededor del 40% de todos los casos de enfermedades relacionadas con el trabajo [5].

La mayoría de los TME de origen laboral se desarrollan a lo largo del tiempo, originados por el propio trabajo o por el contexto en el que se lleva a cabo, los causantes suelen ser factores biomecánicos (posturas forzadas, estáticas, movimientos repetitivos, levantamiento, manipulación manual y transporte de cargas, movimientos manuales enérgicos de empuje y arrastre de cargas, aplicación de fuerza, esfuerzo físico y postura estáticas puras), afectando principalmente a los músculos, tendones, nervios de las extremidades y el tronco [6].

El estudio realizado en el 2013 a los trabajadores dedicados a efectuar instalaciones mecánicas en edificios de España determina que “las lesiones músculo esqueléticas que han sido relacionadas con estudios epidemiológicos previos, se refieren principalmente a ciatalgias, rediculopatía cervical, lumbalgia mecánica y contracturas musculares, las cuales han sido identificadas muy a menudo en relación a los factores de riesgo biomecánicos”, ya que dichos factores incrementan la posibilidad de producir enfermedades profesionales debido a que se pueden integrar con otros factores perjudiciales que pueden ser de tipo psicosociales, organizativos, genéticos, individuales y ambientales, por esta razón suscita el hecho de que el apoyo y participación activa de las personas inmersas en una situación de riesgo con otras partes interesadas de la organización influencia en buena medida en el desarrollo de patologías (enfermedad física o mental que padece una persona) [6].

En una publicación del diario el Telégrafo del 10 de Diciembre del 2012, acota que desde “Enero hasta Septiembre de este año se han reportado 7.677 accidentes de trabajo en el país. Mientras que en 2011 se registraron 9.305, según el Seguro General de Riesgos del Trabajo (SGRT) del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS); sin embargo, los accidentes de trabajo no son reportados en su totalidad en Ecuador, afirmó Juan Vélez, director del SGRT. “De estas cifras existe un 90% de subregistro a causa del desconocimiento de la normativa técnica legal y por la falta de afiliación al IESS, en este caso, el número cambiaría radicalmente”, anotó. Para Pablo Suasnavas, experto en seguridad y salud ocupacional, las estadísticas son pobres por la falta de profesionales en

la gestión preventiva de las organizaciones. “Solo se registra el 5% de lo que en realidad es, afirmó” [7].

En consecuencia en la provincia de Tungurahua y específicamente en la ciudad de Ambato, la EPM-GIDSA que en sus labores cotidianas realizan las actividades de barrido, recolección y disposición final de desechos sólidos de la ciudad, cuentan con un sistema de seguridad y salud en el trabajo que en su mayoría se lo aplica por obligación al cumplimiento de las normas establecidas en el Ecuador, no obstante los puestos de trabajo establecidos en la empresa no cuentan con un diseño biomecánico que permita mantener los ángulos de confort adecuados para el personal de barrido y recolección de desechos sólidos en la ciudad, siendo éste un factor muy importante en la aparición de lumbalgias, dolor en hombros, dolor de cuello, tendinitis, tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, osteoartritis entre otras enfermedades y/o accidentes laborales causadas por los movimientos repetitivos o el levantamiento de cargas de alto volumen propias de las actividades que desempeña el personal de la entidad, dando origen al deterioro en la salud de los trabajadores que son la principal causa de incremento del índice de ausentismo laboral, elevados costos de tratamiento especializado y pérdidas del recurso humano.

1.3 Delimitación

Área académica: Industrial y Manufactura

Línea de investigación: Industrial

Sublínea de investigación: Sistemas de administración de la salud, seguridad ocupacional y medio ambiente.

Delimitación espacial: El proyecto se realizó al personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA ubicada en la Av. Cesar Augusto Salazar y calle José Luis Cobo de la parroquia de Izamba en el sector del parque la Giralda.

Delimitación temporal: Este proyecto de investigación se desarrolló durante 6 meses a partir de la aprobación de Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

La investigación que se realiza es de vital **importancia** para la EPM-GIDSA por el fin que persigue que es el presentar un diseño biomecánico para los puestos de trabajo de la entidad mencionada, permitiendo reducir el apareamiento de enfermedades profesionales y trastornos músculo esqueléticos en los trabajadores de barrido y recolección por estar expuestos a actividades de riesgo para su salud.

El proyecto posee un alto grado de **interés** para la empresa, debido a que en la actualidad no cuenta con un diseño biomecánico apropiado de los puestos de trabajo para los operadores que realizan las actividades de barrido y recolección de desperdicios de la empresa, es por ello que el diseñar un puesto de trabajo biomecánico permite tener un mejor desempeño de los trabajadores, disminuyendo la exposición a las posturas forzadas.

Es por ello que los propietarios de la empresa, personal administrativo y empleados que laboran en las diferentes áreas de la EPM-GIDSA, son los principales **beneficiarios** de la presente investigación, ya que al realizar un diseño biomecánico de los puestos de trabajo, disminuye la aparición de lesiones en tendones, nervios y músculos en los hombros, muñeca y manos, además de reducir los costos en los tratamientos de enfermedades ocasionados por los TME.

La implementación de un diseño biomecánico para los puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección en la EPM-GIDSA, contribuyen a la minimización de la materialización de un siniestro en la entidad por causa de los TME, ayudando a optimizar recursos económicos y al mejoramiento de la salud de los trabajadores.

Es **factible** realizar un diseño biomecánico de los puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA, porque se cuenta con el apoyo de las autoridades municipales de la ciudad de Ambato, de la empresa misma, de las áreas administrativas y del personal encargado de realizar las actividades de barrido y recolección de desechos sólidos en la ciudad, los mismos que están dispuestos a colaborar sin ningún tipo de interés más que, el de ayudar al mejoramiento de su bienestar en los puestos de trabajo, además se cuenta con varias fuentes de investigación bibliográficas y

de campo, con la asesoría respectiva y con los recursos que requiere la presente investigación.

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Realizar el diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA.

1.5.2 Específicos

- Identificar los niveles de riesgo producidos por posturas forzadas y levantamiento de cargas estáticas a los que se encuentran expuestos el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA, haciendo uso de listas de verificación OCRA (UNE EN 1005-5).
- Determinar los parámetros inerciales del personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA, empleando los métodos aportados por DEMPSTER (1855) y CLAUSER (1969) y por DRILLIS y CONTINI (1966) para establecer los pesos y dimensiones antropométricas de los centros de gravedad de los segmentos corporales.
- Especificar las posturas del trabajador, duración, frecuencia y carga soportada por el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA, mediante la aplicación del método empleado por CHAFFIN (1999) para ajustar los valores medios previstos y estimar el coeficiente de variación de los momentos medios máximos en cada articulación.
- Establecer medidas de control en los puestos de trabajo de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA, presentando un diseño biomecánico de puestos de trabajo para los operadores de dicha entidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

A nivel mundial el hombre desempeña diferentes actividades que le permiten tener un ingreso económico para su desarrollo, en el cual la manipulación de cargas son necesarias para el desplazamiento de objetos entre diferentes puntos, de aquí la necesidad de hacer un estudio de cada uno de los puestos de trabajo en los que se desenvuelve y de las actividades que las realizan en el mismo; debido a que, si se emplean métodos inadecuados durante su ejecución incrementan la probabilidad de originar enfermedades profesionales o accidentes laborales, es por esto que con el fin de diseñar un puesto de trabajo adecuado y disminuir la aparición de enfermedades laborales y TME se han realizado varios estudios de ergonomía en diferentes áreas de trabajo como el realizado en Chile mediante la encuesta nacional de empleo, trabajo, salud y calidad de vida de los trabajadores y trabajadoras (ENETS) durante el período 2009 – 2010 en donde luego de analizar la situación de salud y calidad de vida de la población según las condiciones de empleo y trabajo, se determinó que los TME son uno de los problemas más significativos que presenta la Salud Pública de ese país, ya que son la principal causa de la aparición de dolores de columna, discapacidades laborales, altos costos económicos asociados al servicio de salud, ausencias laborales y retiros prematuros de sus puestos de trabajo, debido a que los puestos de trabajo no tienen un diseño apropiado para la realización de sus actividades [8].

Por otra parte, conociendo que la ergonomía es una ciencia que se encarga de estudiar las interacciones de las personas y los elementos empleados en la realización de una

actividad, para mejorar el bienestar humano y llegar a un mejor desempeño en las actividades que realizan los trabajadores, el investigador Claudio Muñoz Poblete en su estudio de los factores de riesgo ergonómico y su relación con dolores músculo esqueléticos de la columna vertebral y basado en la primera encuesta nacional de condiciones de empleo, equidad, trabajo, salud y calidad de vida de los trabajadores y trabajadoras de Chile realizada en el 2012 menciona que, aquellos trabajadores están expuestos ocasionalmente durante toda una jornada laboral a factores de riesgo ergonómicos como son en un 28.9% por posturas inadecuadas, 28.1% por la manipulación de cargas y el 28.2% por realizar trabajos sentados, lo cual indica que el factor ergonómico influye de una manera importante en el desempeño de las labores cotidianas [8].

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) en un estudio realizado en el 2012 al sector pesquero en Grecia, y teniendo una muestra de 100 pescadores determinó que el levantamiento de elevadas cargas físicas y las posturas forzadas a las cuales se encuentran expuestos, dan origen con mucha frecuencia a TME, en dicho estudio se menciona que el 71% de la muestra se ve afectado por un TME, y el porcentaje restante es originado por fatiga, estrés, patologías en el sistema cardiovascular, enfermedades respiratorias, alteraciones digestivas, afecciones dermatológicas, daños oftalmológicos, ruido, vibraciones entre otras [9].

Todas las actividades realizadas por los trabajadores en un puesto de trabajo presentan dificultades que pueden ocasionar TME, enfermedades laborales o accidentes de trabajo, es por ello que al realizar un estudio en el área de la construcción durante el período de Octubre del 2011 a Septiembre del 2012 en España, por parte del instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo se determinó que los principales problemas músculo esqueléticos en esta área son ocasionados principalmente por factores biomecánicos tales como; la manipulación de cargas, las posturas de trabajo forzadas, la realización de tareas repetitivas y el uso inadecuado de máquinas y herramientas durante el período de trabajo, por lo que originan dolencias en las parte baja de la espalda conocidas como lumbalgias, ya que el trabajo que realizan lo hacen con el cuerpo encorvado o con el tronco girado [10].

De la misma manera, el realizar tareas repetitivas puede dar origen a una enfermedad llamada osteoartritis en las articulaciones involucradas en tal movimiento, por esta razón el estudio realizado en España muestra que los movimientos repetitivos, posturas dolorosas o posturas que causan demasiada fatiga, la manipulación de cargas y los sobreesfuerzos físicos realizados por el sistema músculo esquelético, son las principales causas de lesiones en los trabajadores de la construcción, teniendo en cuenta que las condiciones de trabajo no necesariamente pueden ser inapropiadas durante el desarrollo de sus actividades.

Claudio Muñoz Poblete presenta un estudio realizado en Chile en el año 2012 a 153 sujetos administrativos y usuarios frecuentes de computadores, afirma que las evidencias biomecánicas, antropométricas y de laboratorios han permitido orientar el diseño de puestos de trabajo con criterios ergonómicos, ya que permiten comprobar que un diseño adecuado tiene efectos positivos en la reducción de molestias del cuello, hombros y brazos [11].

En un estudio realizado para presentar un diseño de mobiliario con características ergonómicas permite conocer que el mismo favorece a las personas con capacidades móviles limitadas debido a que un diseño de este tipo presenta funcionalidad, movilidad y flexibilidad en el desempeño de las labores cotidianas del individuo y como parte principal mantiene el confort ergonómico de la persona [12].

El trabajo de investigación realizado en la federación deportiva de Chimborazo determina que, de 24 futbolistas evaluados el 100% de los deportistas encuestados de la sub 16, “admite desconocer cómo se aplica la Biomecánica a los gestos del fútbol en los ejercicios de fundamentos para llegar adquirir una buena técnica”, ya que los deportistas manifiestan que solo han oído que existe la biomecánica pero que jamás la han tratado y creen que solo sirve para el atletismo, lo que significa que ni en el hábito deportivo se realizan dichos estudios, teniendo en cuenta que es la principal área en donde se los debe realizar para que el cuerpo humano no sufra ningún tipo de lesiones en el momento de realizar sus actividades [13].

Para una correcta conformación del puesto de trabajo, es necesario el conocimiento de las medidas más importantes del cuerpo humano y las extensiones de los movimientos de las

manos, brazos, piernas y pies, dependiendo del tipo de población a la que se analiza ya sean del sexo masculino o femenino debido a que las dimensiones y proporciones del cuerpo humano son muy diferentes de una persona a otra” [14], y en el caso de la EPM-GIDSA también se ve influenciada por el área en la que se desenvuelve el personal de barrido y recolección de desperdicios, ya que trabajan en áreas descubiertas como por ejemplo los mismos barredores y los ayudantes de camiones recolectores de los desechos que desempeñan su trabajo en las calles de la ciudad.

2.2 Fundamentación teórica

En la vida cotidiana se observa una variedad de trabajos realizados por las personas, de los cuales en su mayoría no cumplen con las condiciones adecuadas para garantizar un buen desempeño laboral, dando origen a diferentes tipos de molestias corporales como por ejemplo los TME que se presentan por no tener un buen diseño biomecánico de puestos de trabajo al momento de realizar sus actividades, debido a la adopción de posturas inapropiadas en el levantamiento de cargas o por movimientos repetitivos de corta o larga duración durante la jornada laboral que toman los trabajadores.

Entre las molestias más frecuente que se pueden mencionar son:

- Dolores de espalda
- Dolores de hombros
- Dolores de articulaciones
- Dolores musculares
- Problemas de circulación
- Lesiones o fracturas en los huesos, entre otras

2.2.1 Puestos de trabajo

Un puesto de trabajo es aquel lugar en donde una persona desempeña una serie de actividades interactuando con el medio que lo rodea para obtener un producto o servicio final.

2.2.2 Seguridad y salud ocupacional

La seguridad y salud laboral se enfoca principalmente a la aplicación de medidas que permitan desarrollar actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo en todo ámbito laboral.

2.2.3 La seguridad en el trabajo

Se encarga de estudiar los riesgos y condiciones de trabajo que pueden ser causantes de daños a la integridad física de los trabajadores de una forma directa o indirecta, pudiendo ocasionar una variedad de accidentes laborales.

2.2.4 CheckList OCRA

El método de las checklist OCRA evalúa los riesgos que se presentan al realizar una tarea en un puestos de trabajo independientemente de las características particulares del trabajador, permite analizar la repetitividad de movimientos, fuerzas requeridas, posturas forzadas, duración de las tareas, períodos de recuperación, pausas entre otros factores que permiten obtener un valor numérico denominado índice checklist OCRA que ayuda a determinar si un riesgo es aceptable, aceptable condicionalmente y no aceptable. Finalmente, en función del nivel de riesgo, el método sugiere una serie de acciones básicas, salvo en caso de riesgo óptimo o aceptable en los que se considera que no son necesarias actuaciones sobre el puesto [15].

2.2.5 Riesgos laborales

Las personas en su totalidad se encuentran realizando actividades físicas en su vida diaria y con más razón aquellas que lo hacen para obtener una remuneración económica que le permita satisfacer sus necesidades y llevar una vida digna, por tal motivo al momento de realizar dichas actividades están inmersos en una serie de riesgos para la salud debido a las condiciones en las que realizan los trabajos que pueden ocasionar problemas físicos, mentales y sociales (accidentes laborales o enfermedades ocupacionales).

Por esta razón se afirma que un riesgo laboral es aquella situación que influye de manera negativa en el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores originando daños

derivados de las actividades realizadas durante el período de trabajo, en los cuales se pueden presentar de los siguientes casos:

- 1. Riesgos físicos:** los riesgos de este tipo está asociado a la probabilidad de sufrir un daño corporal originado por distintos elementos del entorno en un lugar de trabajo como pueden ser: la humedad, el calor, el frío, el ruido, la iluminación, las presiones, las vibraciones, entre otros que pueden producir daños en los trabajadores.
- 2. Riesgos químicos:** se originan por la presencia y manipulación de agentes químicos, los cuales pueden producir trastornos en la salud del trabajador como las alergias, asfixias, así como también contaminación al medio ambiente por su mal uso.
- 3. Riesgos biológicos:** estos riesgos están presentes en aquellos lugares en donde los trabajos realizados contienen sustancias o agentes infecciosos como es el caso de los recolectores de desperdicios.
- 4. Factores psicosociales:** Son aquellos riesgos que tienen como origen el exceso de trabajo, un clima social negativo, etc., que puede ocasionar trastornos psicosociales como la depresión, fatiga profesional, entre otros.
- 5. Riesgos ergonómicos:** Hace referencia a las posturas adoptadas por los trabajadores en el momento de realizar un trabajo, los cuales pueden ocasionar un TME en las personas involucradas por estar expuestos a cantidad de trabajo, peso excesivo, características personales, mayor o menor esfuerzo físico o intelectual, duración de la jornada, ritmos de trabajo, confort del puesto de trabajo, entre otros factores influyentes.
- 6. Riesgo biomecánico:** es la probabilidad de sufrir algún tipo de lesión o evento adverso (accidente o enfermedad) por causa de acciones mecánicas en los seres vivos, especialmente el hombre al momento de realizar una actividad en el trabajo.

Por otra parte se pueden mencionar los estudios sobre factores de riesgos ergonómicos, que se llevan a cabo por la administración de salud y seguridad ocupacional de los estados unidos de norte América (OSHA), los cuales han permitido establecer la existencia de 5 riesgos que tienen estrecha relación con el desarrollo de TME y son [16]:

- a) Condiciones de seguridad: Son todas las características que tienen que ver con los puestos de trabajo (espacios, superficies de contacto como: suelos, pasillos, columnas, señalización), equipos de trabajo (como herramientas, máquinas, aparatos de precisión, elevación, etc.), instalaciones eléctricas, de gases, de vapor, almacenamiento y manipulación de cargas y otros objetos.
- b) Características físicas del ambiente de trabajo: Son aquellos agentes físicos que conforman el ambiente de trabajo, como pueden ser: el ruido, las vibraciones, radiaciones, la iluminación, condiciones térmicas como: calor, frío, humedad, calidad del aire.
- c) Carga de trabajo: Originados por las exigencias físicas y mentales de la tarea, que son impuestas a la persona durante el desempeño de la misma, por ejemplo: las posturas o diversas posiciones que adopta el cuerpo al realizar un trabajo específico, la fuerza física necesaria para el levantamiento o manipulación de cargas, repetición, velocidad y duración de los movimientos que se utilizan en las actividades de trabajo, tiempo de recuperación o pausas en el trabajo, niveles de atención o concentración en el trabajo, demandas cognoscitivas, etc.
- d) Contaminantes químicos y biológicos: Aquellos agentes que se encuentran principalmente en el medio de trabajo industrial: como gases, vapores, aerosoles, insecticidas, bacterias, virus, hongos.

Organización del trabajo: Originadas por la distribución de las tareas a efectuar, horarios, ritmos de ejecución del trabajo, monotonía y repetitividad del mismo, descansos o pausas en la jornada, turnos y rotaciones en el trabajo.

2.2.6 Accidentes de trabajo

De acuerdo a la legislación nacional en el código de trabajo Art. 348 se define al Accidente de trabajo como “Todo suceso imprevisto y repentino que ocasiona al trabajador una lesión corporal o perturbación funcional, con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena” [17].

2.2.7 Enfermedades profesionales

De acuerdo a la legislación nacional en el código de trabajo Art. 349 se establece que “Enfermedades profesionales son las afecciones agudas o crónicas causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión o labor que realiza el trabajador y que producen incapacidad” [17].

2.2.8 Antropometría

En ergonomía se conoce como la ciencia que estudia las mediciones del cuerpo humano, descubriendo las distintas dimensiones corporales como puede ser la longitud de brazos, piernas; etc. que pueden ser utilizados para el diseño de productos que minimicen la necesidad de que un trabajador adopte posturas desfavorables en su lugar de trabajo [18].

2.2.9 Ergonomía

Es el estudio de las relaciones entre el hombre y su ambiente de trabajo que se refiere a un sentido más global de estudios en donde incluye también equipos, aparatos, herramientas, materiales, métodos de trabajo y la propia organización del trabajo [19].

2.2.10 Diseño ergonómico de puesto de trabajo

“El diseño de puestos de trabajo tiene por objetivo configurar equipos y espacios que faciliten la ejecución de tareas, incluye las mesas mostradores y bancos de trabajo, la ubicación de diferentes útiles y elementos de trabajo sobre dicha superficie, el mobiliario de asiento, de almacenamiento e, incluso, las camas de hospital, ya que es un útil de trabajo desde la perspectiva del asistente sanitario. En general se trata de conseguir posturas adecuadas y colocar los elementos de trabajo de manera que se evite la realización de movimientos innecesarios o que obliguen a separar excesivamente los brazos del cuerpo” [20].

2.2.11 Biomecánica

La biomecánica es definida como el área de estudio en donde el conocimiento y los métodos de la mecánica son aplicados a la estructura y funcionamiento del sistema de locomoción humana, tal estudio lo puede realizar un médico, un ingeniero biomédico o

un ergónomo que a su vez se basa en el estudio de las características del cuerpo humano y los aspectos mecánicos de los movimientos empleados o que son necesarios en los puestos de trabajo [21].

2.2.12 Biomecánica clínica

Es la parte de la ergonomía que evalúa las patologías que perjudican o aquejan al hombre de tal manera que permita generar soluciones capaces de ser evaluadas o reparadas, en el ámbito clínico se puede emplear a la biomecánica en diferentes áreas como puede ser la biomecánica aplicada a la traumatología que estudia las causas de las lesiones, a la rehabilitación de segmentos corporales, a la fisiología o de los órganos del cuerpo humano y sus habilidades motoras y a la ortopedia dedicada a la implantación y adaptación de prótesis entre otras [22].

2.2.13 Biomecánica deportiva

La biomecánica deportiva es una ciencia que aplica las leyes de la física al estudio del movimiento humano, no solo en el alto rendimiento deportivo sino en el ámbito de la salud, su desarrollo está íntimamente ligado al avance tecnológico debido a las aparición de herramientas de mejor utilidad para explicar en detalle los gestos deportivos como es la fotogrametría vídeo que se trata de un método de captación y tratamiento de imágenes digitales que permite valorar si la ejecución del movimiento se realiza sin errores técnicos y sin patrones de movimiento lesivos mediante grabaciones al deportista realizando el gesto con marcadores adheridos al cuerpo y a partir de las imágenes construir una animación tridimensional [23].

2.2.14 Biomecánica ocupacional

En una ciencia que mediante las leyes físicas y de ingeniería describe los movimientos efectuados por los distintos segmentos corporales y las fuerzas que actúan sobre ellos durante las actividades normales de la vida diaria.

La biomecánica tiene como objetivo el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos (fundamentalmente del cuerpo) [24].

2.2.15 Criterios biomecánicos

La biomecánica es una disciplina que estudia las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, particularmente en los seres humanos empleando la física newtoneana, y sirve como apoyo a la ergonomía al igual que una variedad de disciplinas como son [25]:

- La anatomía.
- La fisiología.
- La administración.
- La ingeniería, entre otras.

La biomecánica es un campo interdisciplinar de conocimientos para mejorar el aprovechamiento de los movimientos. La biomecánica ocupacional tiene su campo de aplicación en las siguientes áreas de trabajo [24]:

- El diseño de herramientas.
- El diseño de puestos de trabajo.
- El diseño de mobiliario.
- La determinación de límites en las tareas asociadas al manejo de cargas.

2.2.16 Diseño biomecánico de puestos de trabajo

En la biomecánica, un diseño de puestos de trabajo deberá considerar principalmente los siguientes aspectos [26]:

- La disminución del esfuerzo por realizar.
- Reducir la fuerza que se ha de emplear, utilizando ganchos o abrazaderas para sostener los objetos.
- Distribuir la fuerza prefiriendo la actuación de varios dedos a uno solo, o favoreciendo el uso alternativo de las manos.
- Usar grupos musculares potentes y herramientas con mangos largos.
- Controlar el efecto del uso de guates sobre las maniobras por realizar (desarrollo de una fuerza por encima de lo necesario por falta de sensibilidad o de ajuste de la prenda de protección).

- Mantenimiento de herramientas.
- Adiestramiento.
- La reducción de la repetitividad. Reducción del tiempo de trabajo repetitivo o reestructuración de los métodos de trabajo haciendo que se alternen los diferentes grupos musculares, que sea más variada la tarea de los operarios, mecanizando o automatizando el trabajo.
- Los cambios posturales. Actuar modificando el proceso, favoreciendo los cambios de posición de herramientas, objetos, controles para asegurar un buen alineamiento de la muñeca con el antebrazo o el mantenimiento de los hombros en su posición de reposo.

Algunos de los problemas en los cuales se han intensificado las investigaciones biomecánicas han sido el movimiento manual de cargas, microtraumatismos repetitivos o trastornos por traumas acumulados [26].

2.2.17 Planos de referencia del cuerpo humano

Al realizar un estudio biomecánico se debe tener en cuenta el espacio ocupado por cada segmento corporal implicado en la tarea, que permita establecer la posición de un punto del segmento en un instante determinado ya que las fuerzas pueden actuar en un solo plano determinado para lo cual se acostumbra a representar tres planos de referencia para el estudio de cada articulación con respecto a las coordenadas (X, Y, Z), de esta manera se tiene el plano frontal que divide al cuerpo en parte anterior y posterior (plano X, Y); el plano sagital que lo separa en dos mitades, derecha e izquierda (plano Y, Z); y el plano horizontal o transversal (paralelo al suelo) que lo corta en parte superior e inferior (plano X-Z) como se muestra en la Fig. 1 [27].

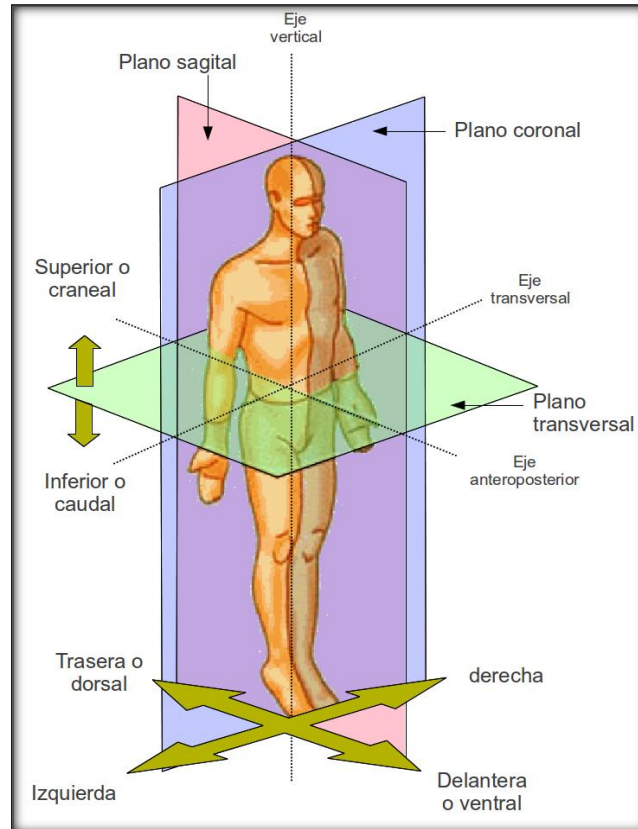


Fig. 1. Representación de planos de trabajo [28].

2.2.18 Puntos de referencia antropométricos

Los puntos de referencia antropométricos son aquellos en donde inician o terminan los segmentos corporales de donde se hace referencia para realizar la medición, por esta razón en la presente evaluación se toma en cuenta los puntos de referencia propuestos por Dempster presentados en la Tabla 2 del capítulo II.

2.2.19 Segmentación del cuerpo humano

Cuando un cuerpo se encuentra en movimiento es muy complicado comprender su funcionamiento mecánico si no se tiene claro un conocimiento de la distribución de masas de los distintos segmentos corporales en los que se pueden dividir el cuerpo desde un punto de vista del movimiento, para lo cual se procede a realizar la segmentación de la siguiente manera: cabeza-cuello, torso, brazos, antebrazos, manos, muslos, piernas y pies, cada uno de ellos considerados como una barra rígida que se mueve en relación a otros segmentos corporales [29].

2.2.20 Centros de gravedad

El centro de gravedad (CG) se encuentra en el punto de balance de un cuerpo, en el cual todas las partículas están eventualmente representadas, por esta razón se pueden encontrar varias formas y métodos de calcularlos pero para el estudio del tema planteado se emplea el más conocido y aplicado que es el propuesto por Dempster (1955) cuyos valores fueron obtenidos luego de realizar varios estudios [30].

2.2.21 Parámetros inerciales de DEMPSTER y CLAUSER

DEMPSTER (1855) y CLAUSER (1969) luego de varios estudios ergonómicos realizados a personas que se desenvuelven en el ámbito industrial, presentaron una serie de valores que sirven para definir el peso de cada uno de los segmentos corporales como un porcentaje del peso total del individuo, en la actualidad es el método más empleado para realizar un estudio ergonómico de puestos de trabajo a nivel internacional, por esta razón y con el criterio presentados en el apartado 2.2.15 en donde menciona que la biomecánica es una disciplina de apoyo para la ergonomía, se toma el método para realizar el presente estudio en donde los valores establecidos por estos dos investigadores son valores promedios aplicables a los trabajadores de la industria como se muestran en la Tabla 1 y Tabla 2 [31].

Tabla 1. Porcentajes de segmentos corporales determinados por DEMPSTER y CLAUSER.

Segmento	% Masa
Cuerpo	100,00%
Cabeza	6,20%
Cuello	2,20%
Tórax	21,90%
Abdomen	14,70%
Pelvis	13,40%
Brazo	2,80%
Antebrazo	1,70%
Mano	0,60%
Muslo	10,00%
Pierna	4,30%
Pie	1,40%

Tabla 2. Porcentajes de centros de gravedad propuestos por DEMPSTER y CLAUSER.

Segmento	Centro de gravedad (cg) %	Punto proximal	Punto distal
Cabeza y cuello	46,40	Vertex (Punta de la cabeza)	Gonión medio (ángulo de la mandíbula)
Tronco	38,03	Hueco supraesternal (unión de las clavículas)	Cadera media (altura de la ingle)
Brazo	51,30	Acromión (Hombro)	Muesca Radiale (Codo)
Antebrazo	38,96	Muesca Radiale (Codo)	Articulación de la Muñeca
Mano	82,00	Articulación de la Muñeca	Estiloides 3° dedo
Muslo	37,19	Articulación de la Cadera	Tibiale (Rodilla)
Pantorrilla	37,05	Tibiale (Rodilla)	Tobillo
Pie	44,90	Talón	Dedo 1°

2.2.22 Parámetros inerciales DRILLIS Y CONTINI

De la misma manera que DEMPSTER y CLAUSER, los investigadores DRILLIS y CONTINI (1966), luego de realizar varios estudios presentan una serie de valores promedio como los que muestran en la tabla 3, que permite estimar la longitud de los segmentos corporales en función de la estura del individuo, los cuales juntamente con el método anteriormente mencionado se emplean para realizar los cálculos de los pesos máximos que pueden soportar las articulaciones del cuerpo humano [31].

Tabla 3. Estimación de la longitud de los segmentos corporales.

Segmento	% Distancia
Mano	10.8
Tórax	28.8
Brazo	18.6
Antebrazo	14.6
Pelvis	4.5
Muslo	20.0
Pantorrilla y pie	28.5

2.2.23 Método de CHAFFIN (1999)

Basado en la postura, duración, frecuencia y carga soportada por el trabajador, se emplea el método propuesto por el investigador CHAFFIN (1999) para ajustar los valores medios previstos y estimar el coeficiente de variación de los momentos medios máximos en cada articulación; para que, mediante el análisis de la información obtenida en el estudio se presente acciones correctivas dependiendo del caso, para el efecto se debe tener en cuenta lo siguiente [31].

$$-S_j < M_{j/L} < S_j \quad (1)$$

Donde:

$-S_j$: es el momento máximo que puede producirse en la articulación **j** cuando actúan los músculos extensores.

$M_{j/L}$: es el momento que actúa en cada articulación **j** debido a la carga externa **L** sostenida y al peso de los segmentos corporales que sostienen dicha articulación **j**.

S_j : es el momento máximo que puede producirse en la articulación **j** cuando actúan los músculos flexores.

2.2.24 Instrumentos de medición

Para la toma de medidas antropométricas se hace uso de una báscula y un kit antropométrico como se muestran en la fig. 2 y fig.3 el cual fue facilitado por el área de investigación de la FISEI de la UTA.



Fig. 2. Báscula digital.



Fig. 3. Kit antropométrico centurión

2.2.25 Distribución normal estándar

La distribución normal estándar es la distribución normal $N(0, 1)$ que tiene media 0 y desviación estándar 1. Si una variable x tiene una distribución normal $N(\mu, \sigma)$ entonces la variable estándar está dada por la ecuación 2, y tiene una distribución normal.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (2)$$

Donde:

z : Es el valor estadístico de la curva normal

x : Cualquier valor de una muestra estadística

μ : Promedio o media aritmética obtenida de una muestra estadística, valor representativo.

σ : Es la desviación estándar

En el estudio realizado se hace uso de esta herramienta estadística debido a su utilidad y versatilidad para ajustarse a poblaciones de estatura, peso, características físicas, errores de medición en experimentos científicos, tiempos de reacción en experimentos psicológicos, mediciones de inteligencia y aptitud, calificaciones en diversas pruebas y muchas medidas e indicadores económicos como se muestra en la fig. 4 [32].

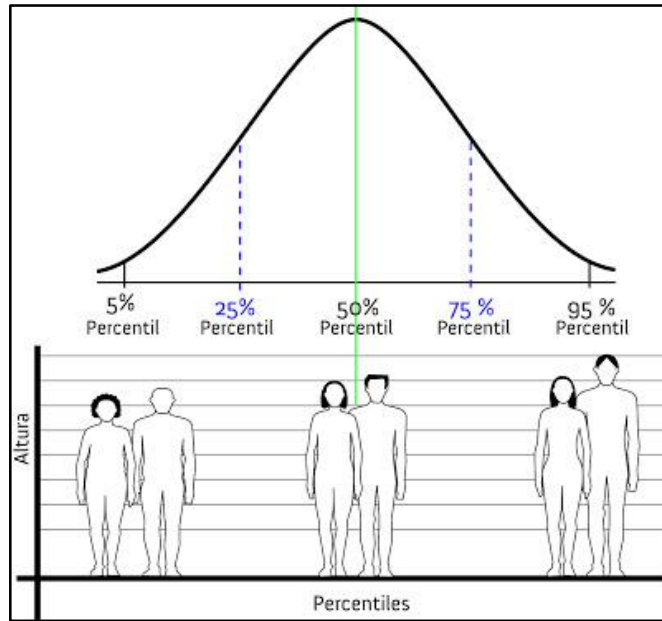


Fig. 4. Curva normal y de percentiles 5, 50 y 95 [33].

Un percentil es aquel valor numérico situado entre 0 y 100 que está muy relacionado con el porcentaje pero que no es el porcentaje en sí. Para un conjunto de datos, el percentil para un valor dado indica el porcentaje de datos que son iguales o menores que dicho valor; en otras palabras, nos dice dónde se posiciona una muestra respecto al total y para su cálculo se emplea la ecuación 3 [34].

$$Pr_i = L_{RicPr_i} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_i}} \right] * i \quad (3)$$

Donde:

Pr_i : Percentil a calcular

L_{RicPr_i} : Límite real inferior de la clase del percentil a calcular

N : Número total de datos

fa_a : Frecuencia acumulada anterior a la clase del percentil a calcular

fc_{Pr_i} : Frecuencia de la clase del percentil a calcular

i : Ancho del intervalo de la tabla de distribución

2.3 Propuesta de solución

El proyecto está orientado a minimizar y prevenir la adopción de posturas inapropiadas en los trabajadores de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA con la presentación de un diseño biomecánico de puestos de trabajo de tal manera que no den origen a molestias o enfermedades profesionales como los TME ocasionados por factores de riesgo biomecánicos.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Modalidad de investigación

3.1.1 Investigación de campo

El proyecto se basa en una investigación aplicada (I), se desarrolla mediante la investigación de campo, para la cual se la obtiene información visual directamente en los puestos de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA, lugar en donde se producen los hechos, para indagar y recabar la información que es fundamental para el desarrollo de la propuesta y apoya al alcance de los objetivos planteados en la investigación.

3.1.2 Investigación documental o bibliográfica

Conjuntamente se aplica una investigación bibliográfica - documental para conocer todo lo referente a materiales, documentos, publicaciones que sean de relevancia para complementar y guiar a la investigación propuesta.

De la misma forma se realiza una investigación descriptiva para conocer los fenómenos de las diversas situaciones que se presentan en el diseño biomecánico de un puesto de trabajo, además de tener una idea clara de los problemas que surgen debido a las condiciones de trabajo que tienen los trabajadores.

3.2 Población o muestra

La investigación se realiza a toda la población de barrido y recolección de la EPM-GIDSA conformado por un total de 127 trabajadores quienes se encargan de hacer la recolección de los desperdicios para su posterior transportación, por tal motivo no es necesario sacar una muestra representativa para el estudio ya que se desea obtener el menor error posible.

3.3 Recolección de información

Se aplica un formato de recolección de datos basados en los distintos requerimientos de la investigación como las listas de verificación OCRA (UNE EN 1005-5) para evaluar los riesgos que se presentan en el levantamiento de cargas y medidas requeridas para la aplicación de los parámetros inerciales del cuerpo humano, que se registrarán ayudados de la herramienta informática excel para llevar una cuantificación rápida y apropiada.

3.4 Procedimiento y análisis de datos

Con la información recolectada de masas corporales y masas externas levantadas al igual que de distancias de los segmentos corporales y alturas totales, se procede a realizar lo siguiente:

- Elaboración de tablas de frecuencia.
- Determinación de masas y longitudes mínimas, promedios y máximas obtenidas con el cálculo de percentiles.
- Interpretación de los resultados obtenidos de las tablas de distribución.
- Evaluación biomecánica estática coplanar.
- Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección.

3.5 Desarrollo del proyecto de investigación

- Evaluación de las condiciones actuales de la empresa.
- Descripción de las actividades realizadas por el personal de barrido y recolección de la empresa mediante diagramas de procesos.
- Toma de medidas de peso y estatura al personal de barrido y recolección.

- Determinación de los riesgos críticos a los que están expuestos los trabajadores a partir del análisis biomecánico de las condiciones actuales.
- Desarrollo del diseño biomecánico ocupacional de puestos de trabajo apropiados para un correcto levantamiento de cargas del personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA.
- Presentación del diseño biomecánico de puestos de trabajo de solución para los problemas biomecánicos encontrados en los puestos de trabajo analizados.
- Elaboración del informe final.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Posturas adoptadas con mayor frecuencia por el personal de barrido y recolección

Para el desarrollo de la propuesta se toma en cuenta varios parámetros como son; las posturas analizadas que son tres, inclinada, agachada y de pies, ya que son las posturas que adoptan los trabajadores con mayor frecuencia en el instante en que van a realizar el levantamiento de una carga como se muestran en las Fig. 5, Fig. 6 y Fig. 7.



Fig. 5. Posición inclinada.



Fig. 6. Posición agachada.



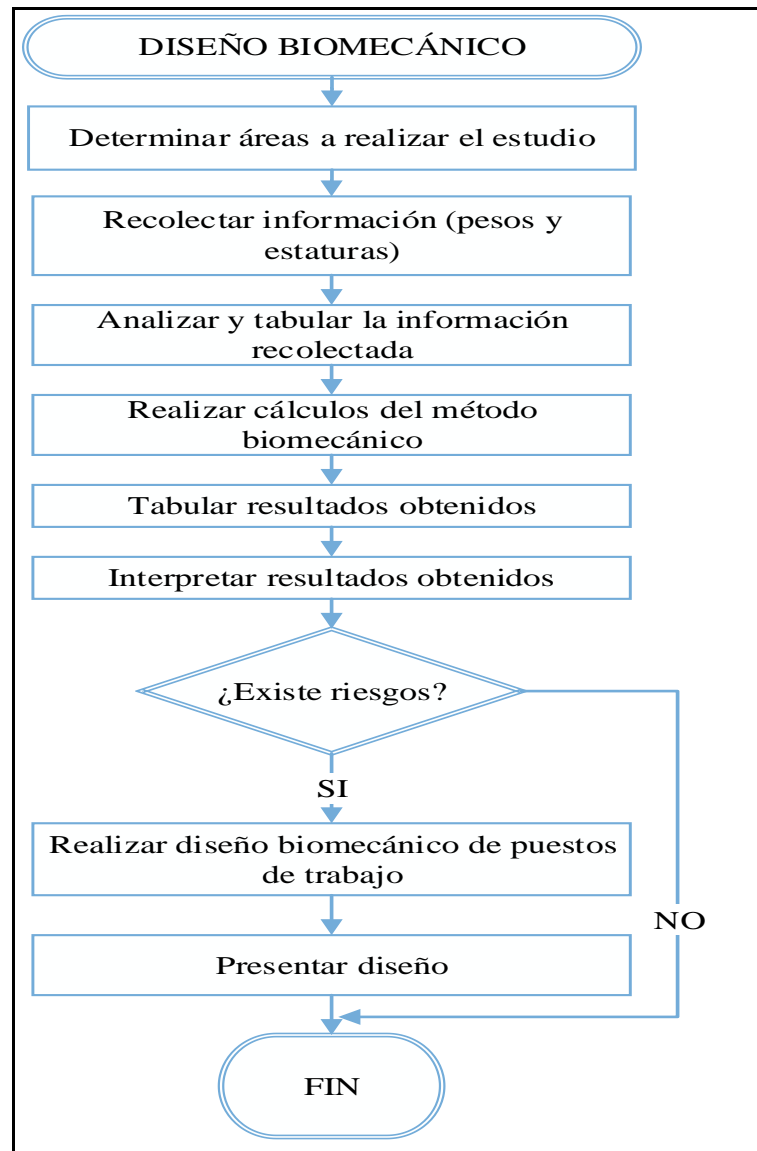
Fig. 7. Posición de pie.

Las posturas mostradas son las que adopta el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA en sus labores cotidianas de recolección de desperdicios, por esta razón son las analizadas durante el proceso para que permitan determinar los problemas que presentan actualmente y poder dar solución a los mismos mediante la presentación de un diseño biomecánico de puestos de trabajo.

4.2 Organigrama de actividades para realizar el diseño biomecánico

En el diagrama 1 se presenta las actividades que se llevan a cabo para realizar un diseño biomecánico de puestos de trabajo para prevenir riesgos ocasionados por los levantamientos de cargas, basado en la metodología de evaluación biomecánica de la Universidad Politécnica de Valencia en su página oficial www.ergonautas.com [31].

Diagrama 1. Organigrama de actividades para realizar la evaluación biomecánica.



Fuente: Elaborado por investigador.

4.3 EPM – GIDSA

La empresa pública municipal de gestión integral de desechos sólidos de Ambato (EMP–GIDSA) es una empresa con dos años en funcionamiento operativo encargada de la

recolección, manejo y disposición final de todos los residuos sólidos domésticos e industriales que se generan en el cantón Ambato, ciudad con una densidad de población aproximada de 329.856 habitantes, de los cuales cerca del 50% viven en la zona urbana y el restante en zonas rurales.

El personal actualmente tiene menos de 2 años dentro de la empresa GIDSA pero anteriormente más de 10 años laborando dentro del municipio de la ciudad de Ambato.

4.3.1 Ubicación geográfica

La EPM – GIDSA se encuentra ubicada en la parroquia Izamba, en las calles Cesar Augusto Salazar y José Luis Cobo como se muestra en la Fig. 5 [35].

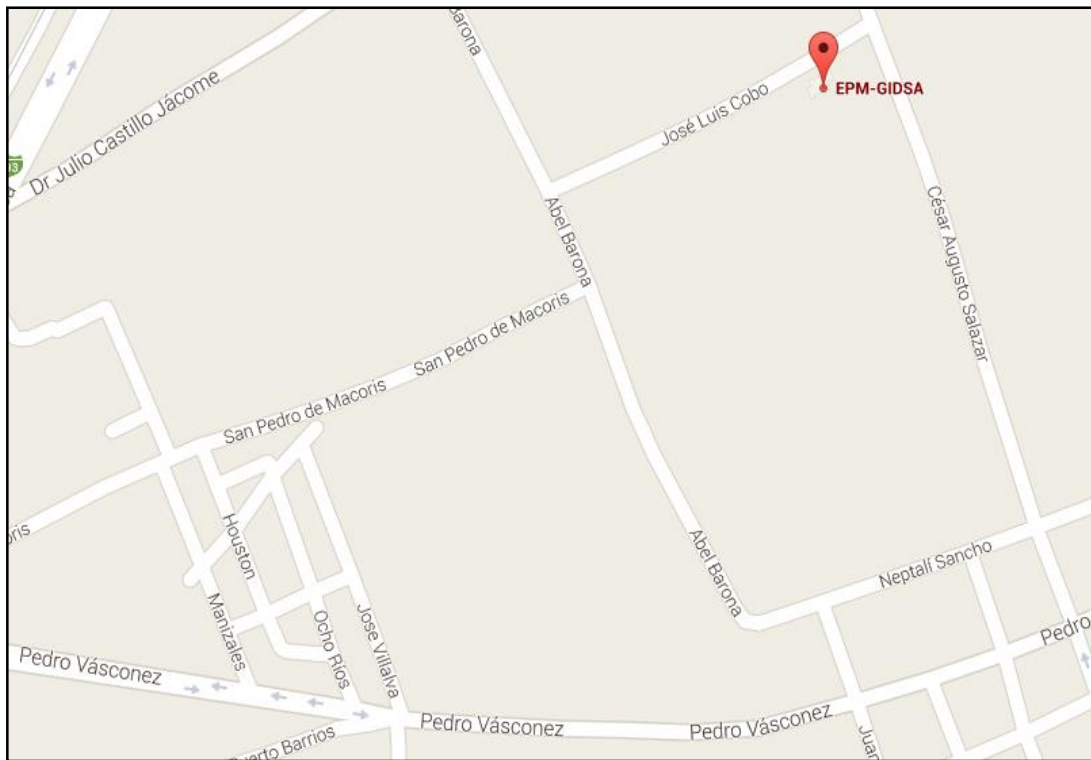


Fig. 8. Ubicación geográfica de la EPM-GIDSA.

4.3.2 Dependencias de la empresa

La EMP-GIDSA, posee las siguientes dependencias:

- Área administrativa, ubicada en la localidad de Izamba, donde funcionan las áreas financieras, recursos humanos, control de citaciones, sistemas de información, operaciones y gerencia.
En esta área laboran 30 personas, realizando labores administrativas de oficina en un horario de 08:00 a 16:00, de lunes a viernes.
- Talleres de mantenimiento, ubicada en la vía a Píllaro, donde se realiza la limpieza y mantenimiento mecánico de todas las unidades móviles y recipientes contenedores ecotachos que brindan el servicio a la comunidad.
En esta área laboran 3 personas realizando labores administrativas de oficina y 5 personas operativas de mantenimiento y limpieza en un horario de 08:00 a 16:00, de lunes a viernes.
- Área de relleno sanitario, ubicado en la vía a Píllaro, donde se realiza la disposición final de los desechos sólidos.
En esta área laboran 5 personas realizando labores operativas de recepción, gestión y disposición final de los desechos y mantenimiento del área en un horario de 06:00 a 14:00, de lunes a domingos.
- Garaje de barredores, ubicado en el parqueadero del Mercado Artesanal es un punto de encuentro para los barredores donde guardan sus herramientas de trabajo y se organizan para trabajar los fines de semana en el horario de 03:00 a 09:00.

4.3.3 Servicios de la empresa

EMP-GIDSA, pone a disposición de la comunidad el servicio de los siguientes equipos de recolección y manejo de desechos sólidos:

- Barrido de vías y espacios públicos en coordinación con las entidades pertinentes y los gobiernos autónomos parroquiales rurales.
- Recolección y transporte de desechos.
- Disposición temporal de los desechos sólidos y disposición final de los residuos sólidos del cantón Ambato.
- Servicio de barrido en plazas y mercados.

Para cumplir con todos estos servicios, se cuentan con el siguiente personal que día a día recorren las calles de Ambato cumpliendo con responsabilidad sus labores de limpieza de esta gran urbe.

- Barredores, está conformado por 2 grupos de 36 barredores que laboran de lunes a viernes de 06:00 a 14:00 y sábados a domingos de 03:00 a 09:00 recorriendo toda la ciudad, con descansó programados los días miércoles.
El personal que realiza este servicio realiza el barrido de las calles y avenidas usando escobas de madera y alambre recogiendo la basura en fundas plásticas que dejan en las esquinas de las calles para ser recogidas por una volqueta de la empresa.
- Barredoras mecánicas, está conformado por un solo equipo, el cual labora de lunes a viernes en un horario de 01:00 a 06:00, con mantenimientos programados los días martes.
Esta unidad realiza el barrido y recolección de la basura usando su sistema de cepillos mecánicos que recogen los desperdicios dentro del equipo. Junto con el operador trabajan dos ayudantes los cuales se encargan de barrer los desperdicios a la calle para que así sean recogidos por la barredora.
Una volqueta se encarga de descargar los desperdicios recogidos para que la barredora continúe con su labor.
- Volquetas, está conformada por 4 volquetas las cuales brindan la asistencia a los barredores y barredoras mecánicas para la recolección de los desperdicios, por lo que su horario de trabajo es el mismo que el de ellos.
- Camiones recolectores carga lateral, está conformado por cinco equipos los cuales laboran de lunes a viernes en un horario de 16:00 a 00:00, con mantenimiento programados los días miércoles.
Estas unidades realizan la recolección de los desperdicios contenidos en los recipientes ecotachos mediante un sistema mecánico que voltea el contenido dentro del camión para luego ubicarlo en su ubicación inicial. Junto con el operador trabaja un ayudante, el cual se encarga de barrer los desperdicios aledaños al ecotacho, inspeccionar y evitar el cruce de las personas mientras el camión recolector este en operación.

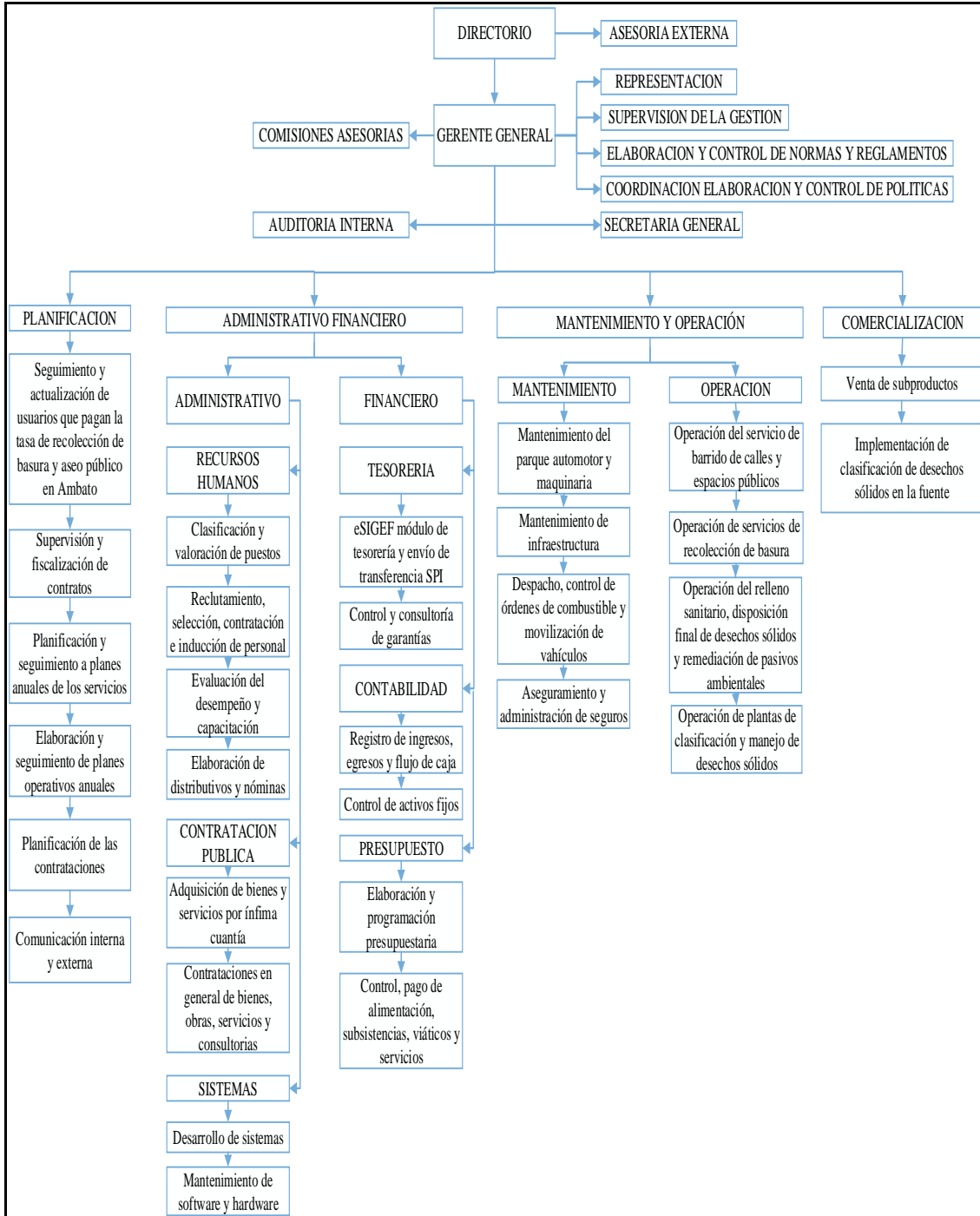
- Camiones recolectores carga posterior, está conformado por 15 equipos los cuales laboran de lunes a viernes en un horario de 06:00 a 14:00, con mantenimiento programado diariamente después de la jornada de trabajo.
Esta unidad realiza la recolección de los desperdicios en zonas donde no hay ecotachos y la basura es dispuesta en fundas, junto con el operador trabajan tres ayudantes los cuales realizan el ingreso de las fundas de basura para su compactación dentro del camión.
- Camiones recolectores carga frontal, está conformado por 2 equipos los cuales laboran de en turnos de martes a sábados de 06:00 a 14:00 y lunes, jueves, viernes de 10:00 a 18:00, con mantenimiento programado después de la jornada de trabajo.
Estas unidades realizan la recolección de los desperdicios en zonas industriales donde se han adaptado contenedores de gran capacidad, junto con el operador trabaja un ayudante, el cual se encarga de barrer el área aledaña al contenedor y evitar el cruce de las personas mientras el camión se encuentra en operación.
- Camión de limpieza, está conformada por 1 equipo el cual labora en turnos de lunes a viernes de 16:00 a 00:00, con mantenimientos programados los días miércoles en la mañana.
Esta unidad realiza la limpieza de los recipientes ecotachos, de esta manera se garantiza eliminar malos olores y proliferación de vectores en las zonas en que se encuentran ubicados, junto con el operador trabaja un ayudante el cual se encarga de barrer el área aledaña al ecotacho y evitar el cruce de las personas mientras el camión se encuentra en operación.
- Tractor de relleno sanitario, está conformada por 1 unidad la cual labora de lunes a viernes de 06:00 a 14:00.

Esta unidad realiza el tendido de los desperdicios y su cobertura sobre capas de tierra en el área de relleno sanitario, junto con el operador trabaja un ayudante el cual se encarga de dirigir el tráfico de camiones que ingresan a descargas los desechos y dirige al operador, así también como realizar las labores de mantenimiento básico y limpieza del tractor y encender las chimeneas de metano en el sector [36].

4.3.4 Organigrama estructural por procesos de EPM – GIDSA

Determina los departamentos jerárquicos conformados en la empresa para su desenvolvimiento diario [37].

Diagrama 2. Organigrama estructural por procesos de la EPM - GIDSA.

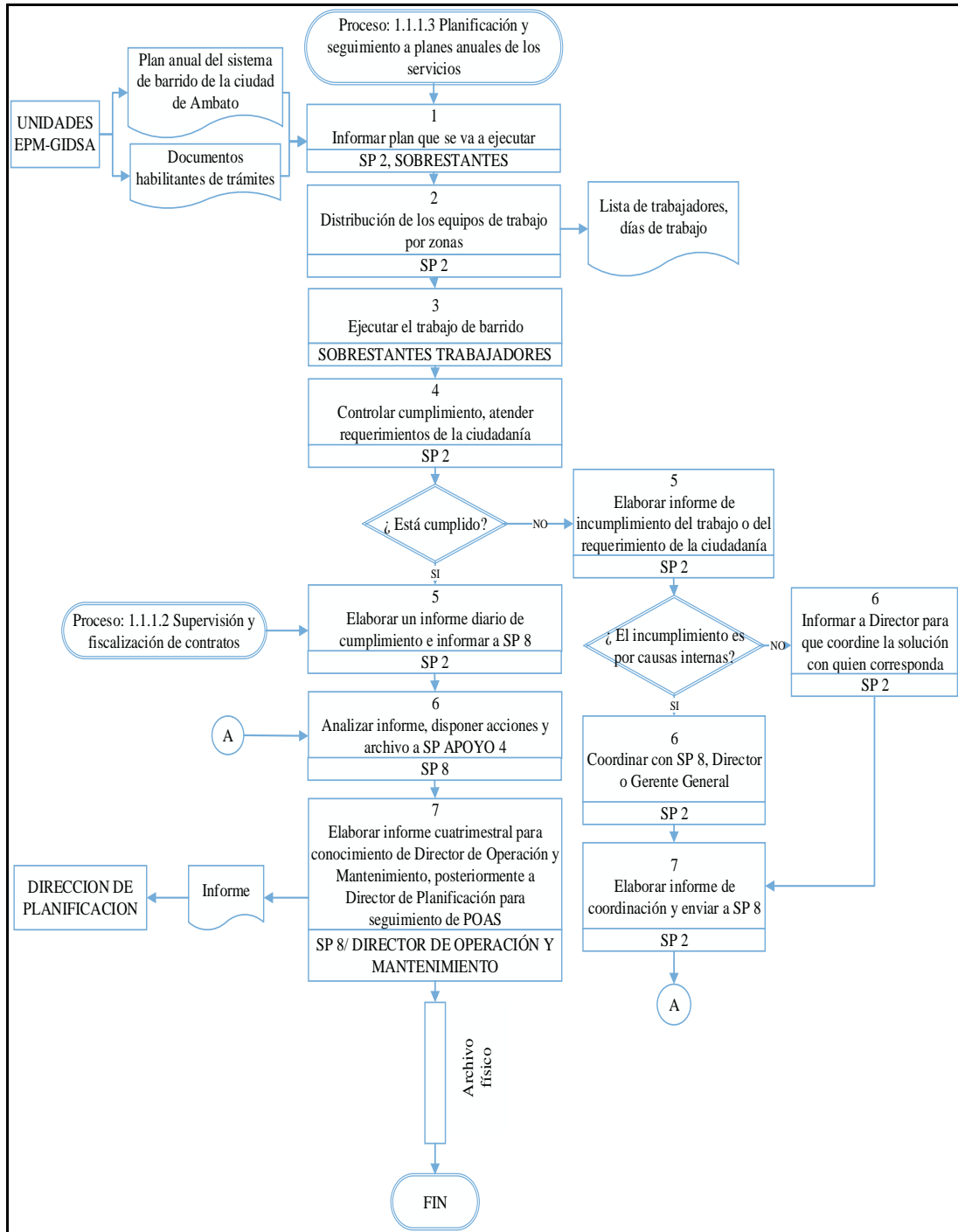


Fuente: Página de la EPM – GIDSA.

4.3.5 Organigrama de operaciones para el servicio de barrido de calles y espacios públicos

Determina el procedimiento que deben realizar las personas que están a cargo del personal de barrido de la EPM-GIDSA [37].

Diagrama 3. Organigrama operaciones para el servicio de barrido de la EPM - GIDSA.



Fuente: Página de la EPM – GIDSA.

4.3.6 Maquinarias y equipos empleados por el personal de barrido

Para realizar el barrido de las calles y parques en la ciudad de Ambato el personal de la EPM – GIDSA hace uso de una pala para basura, una escoba y un carrito recolector o funda de basura que les permite transportar los desechos hacia los ecotachos como se muestra en la Fig. 9 y Fig. 10 los cuales son de uso diario durante la jornada de trabajo.



Fig. 9. Funda plástica, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.



Fig. 10. Carrito recolector, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.

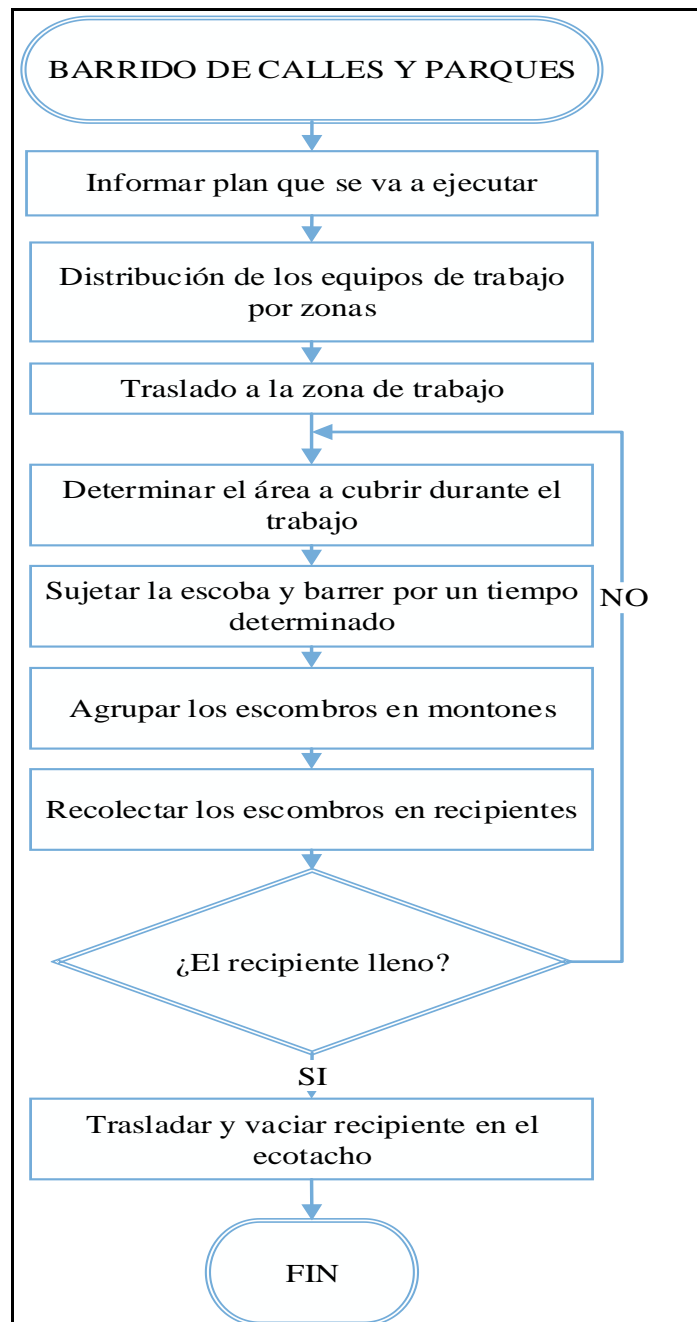
4.3.7 Descripción del personal que laboran en el área de barrido

El personal que labora en el área de barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato están divididos en tres turnos (dos en el día y uno en la madrugada), en donde la mayoría de personas involucradas en estas labores son del sexo masculino y en uno de los turnos existe la presencia de tres personas del sexo femenino quienes hacen uso del mismo material y equipo que el personal masculino.

4.4 Organigrama de actividades para el barrido de calles y espacios públicos

El barrido de calles y parques es realizado en toda la ciudad de Ambato por el personal de la EPM-GIDSA quienes luego de ingresar a su turno de trabajo cumplen con las actividades mencionadas en el siguiente diagrama de flujo que es realizado por el investigador.

Diagrama 4. Organigrama de actividades del barrido de calles y parques.

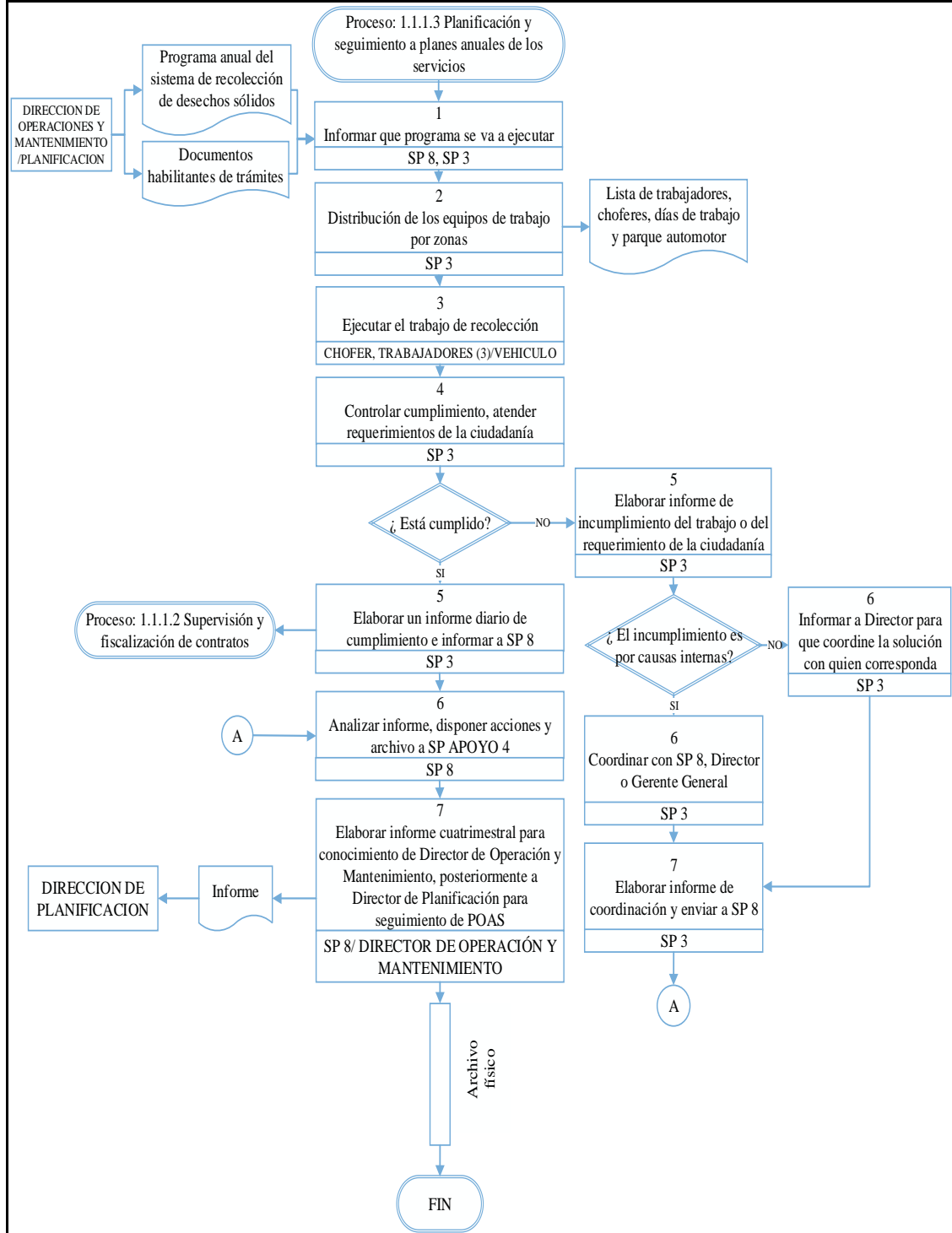


Fuente: Elaborado por investigador.

4.5 Organigrama de operaciones para la recolección de desechos sólidos

Determina el procedimiento que deben realizar los encargados de personal que trabaja en la recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA [37].

Diagrama 5. Organigrama de procesos para la recolección de desechos sólidos



Fuente: Página de la EPM – GIDSA.

4.5.1 Maquinarias y equipos empleados por el personal de recolección

Para realizar la recolección de desechos sólidos de la ciudad de Ambato el personal de la EPM – GIDSA hace uso de un camión recolector de basura en el cual existe un conductor y tres operadores de recolección quienes son los encargados de colocar las fundas de basura o vaciar los recipientes que contienen desperdicios generados por las viviendas y locales comerciales de la ciudad como se muestra en la Fig. 11.



Fig. 11. Camión recolector, escoba y gaveta plástica utilizados para la recolección.

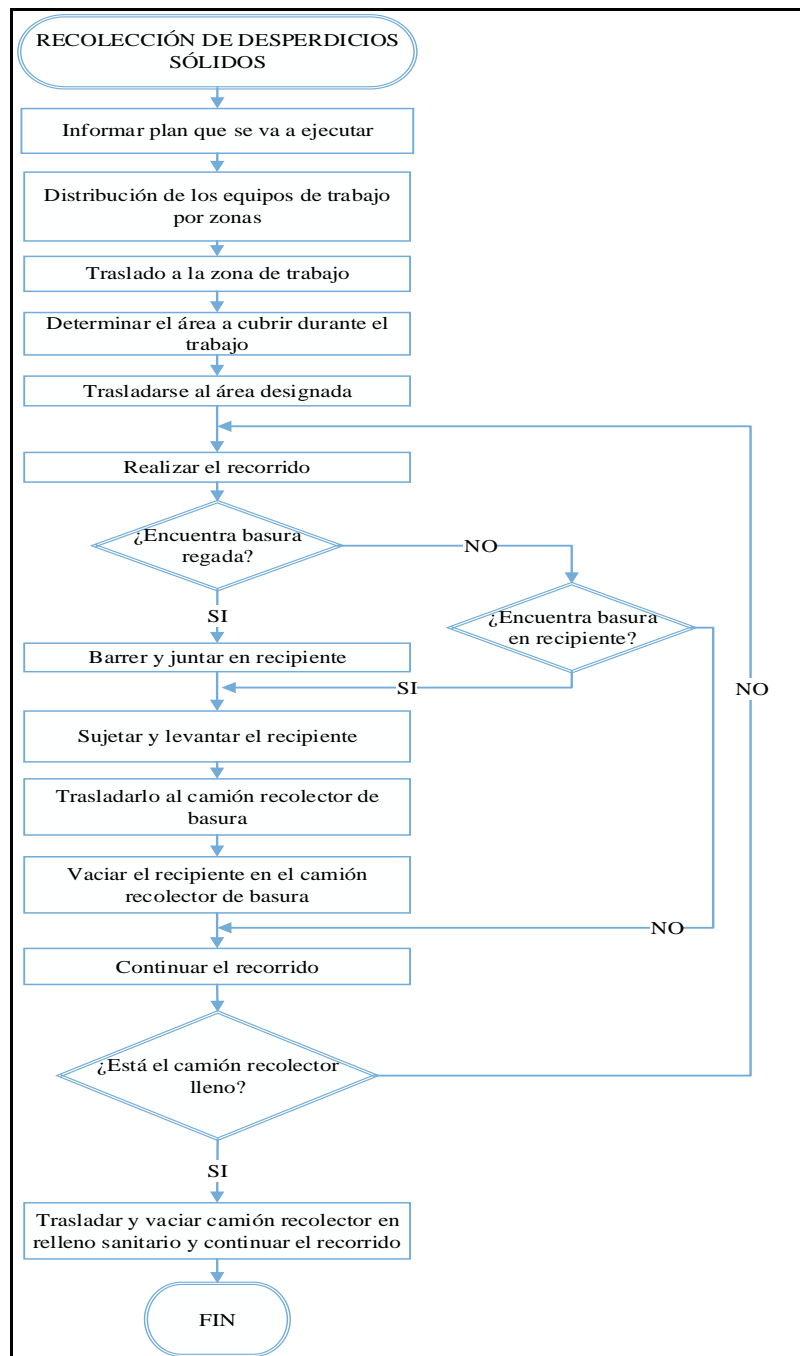
4.5.2 Descripción del personal de recolección

Para la recolección de desechos sólidos de la ciudad de Ambato el personal empleado para este fin es únicamente del sexo masculino quienes al igual que el personal de barrido se dividen en tres turnos en los mismos horarios mencionados en la descripción del personal de barrido, de tal manera que todos deben cumplir con las tareas designadas para su turno de trabajo.

4.5.3 Organigrama de actividades que realiza el personal de recolección de desechos sólidos

Determina cada una de las actividades realizadas por el personal de recolección de basura durante los recorridos por la ciudad, ya sea en la jornada de la mañana, tarde, noche o madrugada como se muestra en el diagrama siguiente elaborado por el investigador.

Diagrama 6. Organigrama de actividades para la recolección de desechos sólidos.



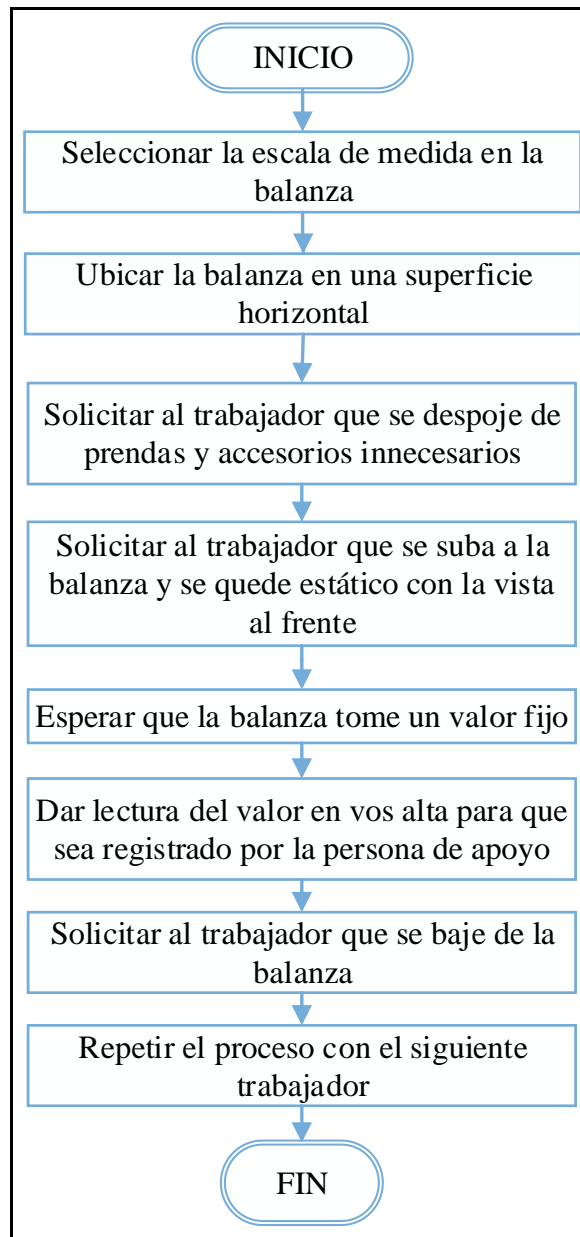
Fuente: Elaborado por investigador.

4.6 Recolección de información

4.6.1 Toma de medidas de pesos al personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA

Para la toma de las medidas de peso del personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA se realiza las actividades descritas en el Diagrama 7, elaborado por el investigador.

Diagrama 7. Organigrama de actividades para la toma de medidas de peso.



Fuente: Elaborado por investigador

El diagrama 7 presenta el procedimiento que se debe realizar para tomar las medidas de peso del personal de barrido y recolección de desperdicios como se muestra en la Fig. 12, esta medida fue tomada a las 130 personas al finalizar cada turno de trabajo.

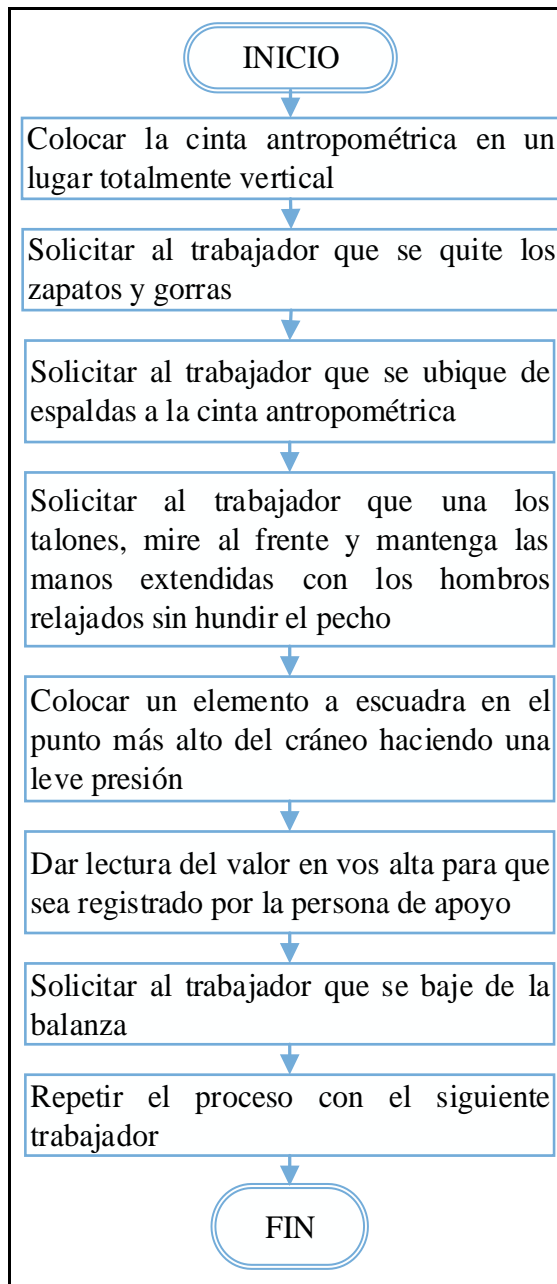


Fig. 12. Toma de medida de la masa corporal

4.6.2 Toma de medidas de estaturas al personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA

Otra de las medidas tomadas a las 130 personas que trabajan en el área de barrido y recolección de la EPM – GIDSA es la estatura, medida que se obtiene siguiendo el orden establecido en el diagrama de actividades para la toma de medidas de estatura. Como se presenta en el Diagrama 8.

Diagrama 8. Organigrama de actividades para la toma de medidas de estatura.



Fuente: Elaborado por investigador

En el diagrama 8 se presenta el procedimiento que se sigue para tomar las medidas de estatura de las 130 personas que trabajan en las áreas de barrido y recolección de desperdicios como se muestra en la Fig. 13, y estas medidas son tomadas al finalizar cada uno de los tres turnos de trabajo.



Fig. 13. Toma de medida de la estatura.

4.7 Identificar los niveles de riesgo producidos por posturas forzadas y levantamiento de cargas estáticas haciendo uso de listas de verificación OCRA (UNE EN 1005-5)

Las listas de chequeo OCRA (UNE EN 1005-5) como su nombre lo indica “occupational repetitive action” en inglés o “movimiento repetitivo en el trabajo” en su traducción, es una norma española (UNE) de las normas europeas (EN) que fue adoptada después de ser aprobada por la asociación española de normalización y certificación (AENOR) [38], es tomada como una de las técnicas empleadas para evaluar los movimientos repetitivos de levantamiento de cargas en el trabajo y fue elegido por las características que toma en cuenta para realizar la evaluación como se muestra en la Tabla 4 [39].

A continuación en la Tabla 4 se detallan algunos de los métodos empleados para realizar la evaluación de las tareas repetitivas con sus respectivas características

Tabla 4. Características para evaluar las tareas repetitivas de levantamiento de cargas.

Método	Zona corporal	Factores de riesgo
Check list OCRA (UNE EN 1005-5)	Miembros superiores	<ul style="list-style-type: none"> • Modalidades de interrupciones del trabajo a turnos con pausas o con otros trabajos de control visivo • Actividad de los brazos y la frecuencia de trabajo • Actividad del trabajo con uso repetitivo de la fuerza en manos y brazos • Presencia de posiciones incómodas de los brazos, muñeca y codos durante el desarrollo de una tarea repetitiva • Presencia de factores de riesgo complementarios

Ventajas del método checklist OCRA (ENE EN 1005-5)

- Es bastante completo en cuanto a la consideración de riesgos, intuitivo y fácil de aplicar.
- Evalúa modalidades en turnos con pausas.
- Se evalúa la actividad del trabajo con uso repetitivo de fuerza en manos/brazos en función de las vueltas/ciclo y/o el tiempo empleado en la realización de esa actividad.
- Evalúa de acuerdo las posturas incómodas que toman el brazo, muñeca y codos en un tiempo determinado.
- Evalúa el tipo de sujeción o agarre con la mano de objetos o herramientas para una tarea repetitiva.
- Evalúa la presencia de otros factores complementarios (guantes inadecuados, vibración, compresión de la piel, realización de tareas que requieran precisión).
- Evalúa el porcentaje de horas de trabajo repetitivo, entre otros factores.

La lista de chequeo OCRA (UNE EN 1005-5) es una lista que toma en cuenta varios parámetros como son: la frecuencia y duración de los movimientos entre otros, para una postura determinada la cual permite calcular un índice OCRA que es un valor que muestra

si la actividad realizada es o no perjudicial para el trabajador como se muestra en la Tabla 5 [40].

Tabla 5. Valoración del índice OCRA.

índice OCRA	Nivel de riesgo
$\leq 2,2$	Riesgo aceptable
2,3 - 3,5	Riesgo incierto
3,6 - 4,5	Riesgo inaceptable leve
4,6 - 9	Riesgo inaceptable medio
$> 9,1$	Riesgo inaceptable alto

Para la identificación de riesgos, se procede a realizar grabaciones de videos y toma de fotografías que permiten tener una mejor percepción al momento de aplicar la metodología checklist OCRA (UNE EN 1005-5).

Desarrollo:

Gracias a una de las ventajas que presenta el método checklist OCRA, que es bastante completo en cuanto a la consideración de riesgos, intuitivo (permite conocer, comprender o percibir algo de manera clara e inmediata, sin la intervención de la razón) y fácil de aplicar, se procede a realizar una evaluación para el levantamiento de cargas como se muestran en las Fig.14 y Fig. 15, que permite determinar el índice OCRA de la actividad que se realiza, evaluación que está basada en la norma NTP 629 del instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT) y en la metodología planteada por la universidad politécnica de Valencia para el movimiento repetitivo de levantamiento de cargas, en la cual se tienen en cuenta vario factores como los presentados a continuación, aclarando que, en lo posible y para obtener mejores resultados, se debe realizar un estudio de tiempos y movimientos a las actividades realizadas, el cual necesita de una investigación más profunda que no se la realiza en este caso, debido a que el método biomecánico estático coplanar cuenta con sus propios análisis de movimientos repetitivos; por este motivo, la metodología checklist OCRA se aplica para determinar los riesgos existentes por el número de repeticiones en el levantamiento de cargas en una jornada de trabajo que comprende las 8 horas laborales [41] [15].



Fig. 14. Levantamiento de cargas del personal de barrido de la EPM - GIDSA.



Fig. 15. Levantamiento de cargas del personal de recolección de la EPM - GIDSA.

a) Duración neta de la tarea repetitiva (D)

Tiempo en minutos de la tarea repetitiva dentro de la jornada de trabajo, como en 4 [15].

$$D = \text{Jornada Laboral} - (\text{Tiempo total empleado en otras tareas} + \text{descansos})(4)$$

$$D = 480 - (60 + 60)$$

$$D = 360 \text{ minutos}$$

b) Multiplicador de duración (Dum)

Se calcula según el tiempo total dedicado a la tarea repetitiva durante el turno para lo cual se toma en cuenta los valores mostrados en la Tabla 6 [15].

Tabla 6. Multiplicador de duración.

Tiempo total de tarea repetitiva durante el turno (D) minutos	Dum
D < 120	2
120 > D < 239	1,5
240 > D < 480	1
D > 480	0,5

Debido al que el tiempo total que realiza la tarea repetitiva sin recuperación (D) es de 360 minutos, entonces el factor de multiplicador de repetición es igual a 1.

c) Multiplicador de recuperación (Rcm)

Determinado según el tiempo de trabajo seguido sin descanso durante la jornada de trabajo y para ello se presenta los valores mostrados en la Tabla 7 [15].

Tabla 7. Multiplicador de recuperación.

Trabajo seguido sin recuperación (min)	Rcm
0	1
60	0,9
120	0,8
180	0,7
240	0,6
300	0,45
360	0,25
420	0,1
480	0

Debido a que se evalúa el levantamiento de cargas, el multiplicador de recuperación es igual a 1 ya que la actividad es realizada en un lapso muy corto de tiempo.

d) Multiplicador para la fuerza (Fom)

Los valores son determinados de acuerdo a la escala de BORG, en caso de que se pueda generar acciones como el empujar palancas, pulsar botones, cerrar, abrir, manejar, levantar y bajar cargas entre otros, alorados de acuerdo a la ponderación presentada en la Tabla 8 [39].

Tabla 8. Multiplicador de fuerza.

Característica de acción	Fom
Ausencia de esfuerzos	0
Esfuerzo muy bajo, apenas perceptible	0,5
Esfuerzo muy débil	1
Esfuerzo débil / ligero	2
Esfuerzo moderado / regular	3
Esfuerzo algo fuerte / pesado	4
Esfuerzo fuerte pesado	5
	6
	7
Esfuerzo muy fuerte / muy pesado	8
	9
Esfuerzo extremadamente fuerte /máx soportable	10

La evaluación está orientada al levantamiento repetitivo de cargas, por esta razón se toma un factor de 10 como multiplicador para la fuerza debido a la variedad de pesos levantados por los trabajadores.

e) Multiplicador para los factores adicionales (Adm.)

Se analiza si existen factores como vibración, agarre, frío, aparición de contragolpes, exactitud, alto ritmo de trabajo, uso de guantes entre otros, de no existir factores presentes tomar a la unidad (1) como multiplicador para lo cual se presenta los multiplicadores en la Tabla 9 [15].

Tabla 9. Multiplicador para los factores adicionales.

Si uno o varios factores están presentes al mismo tiempo durante al menos el 24% del tiempo de ciclo	1
Si uno o varios factores están presentes al mismo tiempo durante el 1/3 del tiempo de ciclo (del 25 % al 50 %)	0,95
Si uno o varios factores están presentes al mismo tiempo durante el 2/3 del tiempo de ciclo (del 51 % al 80 %)	0,9
Si uno o varios factores están presentes al mismo tiempo durante el 3/3 del tiempo de ciclo (más del 80 %)	0,8

En las áreas en donde se desenvuelve el personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo, están expuestos a factores desfavorables para el trabajador debido a que se desempeñan al aire libre en donde pueden estar propensos a sentir frío, calor, presencia de polvo, entre otros, por esta razón se toma un factor multiplicador de 0,8 para la evaluación.

f) Multiplicador para repetitividad (Rem)

Se lo registra si la tarea requiere del mismo tipo de repetición en las extremidades superiores en un tiempo determinado como se muestra en la Tabla 10 [15].

Tabla 10. Multiplicador para repetitividad.

Características del movimiento	Rem
Para al menos el 50 % del tiempo ciclo o el tiempo ciclo es menor a 15 segundos	0,7
En cualquier otro caso se considerará	1

Dado que el levantamiento de cargas varía dependiendo de la distancia a la que se ubica cada recipiente lleno de desechos se toma un factor de repetitividad igual a 1 por no tener un tiempo ciclo fijo en la jornada de trabajo.

g) Multiplicador para posturas (Pom)

Determinar el porcentaje de tiempo que se mantiene el codo y/o muñeca en una postura forzada o movimientos altamente repetitivos y para este fin se presenta los valores de la Tabla 11 [15].

Tabla 11. Multiplicador para posturas.

Característica de la postura forzada adoptada (para el análisis se debe tomar el valor menor comparando las dos series)	Partes y porcentaje del tiempo empleado			
	Menos del 1/3	1/3	2/3	1
	del 1% al 24%	del 25% al 50%	del 51% al 80%	más del 80%
Supinación del codo ($\geq 60^\circ$) (palma hacia arriba)	1	0,7	0,6	0,5
Extensión ($\geq 45^\circ$) o Flexión de Muñeca ($\geq 45^\circ$) (palma hacia delante o hacia atrás)				
Agarre en pinza, en gancho o en palma (Puños cerrados o semicerrados)				
Pronación del codo ($\geq 60^\circ$) (palma abajo) o Flexión / Extensión ($\geq 60^\circ$) del codo (mano al hombro o brazo extendido)	1	1	0,7	0,6
Desviación radio-ulnar de muñeca ($\geq 20^\circ$) (palma a la derecha o izquierda)				
Agarre de fuerza fino (≤ 2 cm) (usando solo dedos)				

El levantamiento de cargas realizado por el personal de barrido y recolección lo hacen en recipientes, por esta razón se toma un factor de 0,5 para la postura.

h) Constante de frecuencia de acciones técnicas (Cf)

El valor de la constante de acciones técnicas (levantamientos de carga), está dada por el mayor número de repeticiones que realiza un trabajador en la jornada de trabajo, el cual depende de la cantidad de desperdicios o recipientes llenos de basura encontrados en un lugar y la cantidad de trabajadores presentes para realizar el levantamiento de todos los recipientes que contienen los desperdicios; ya que, a mayor número de trabajadores, menor es la cantidad de levantamientos que realiza, y a mayor cantidad de recipientes, mayor la cantidad de levantamientos realizados.

Para la investigación se toma un valor máximo de 7 acciones/minuto, que son las realizadas en una jornada de trabajo y permiten determinar un factor multiplicador de acuerdo a las características del movimiento como se muestra en la Tabla 12 [39].

Tabla 12. Multiplicador para la frecuencia de acciones técnicas.

Tipo y frecuencia del movimiento	Cf
Los movimientos de los brazos son lentos con posibilidad de frecuentes interrupciones (20 acciones/minuto)	0
Los movimientos de los brazos no son demasiado rápidos pero son constantes y regulares; la posibilidad de interrupción no son frecuentes (30 acciones/minuto)	1
Los movimientos de los brazos son moderados y constantes entre 31 y 39 acciones/minuto con descansos moderados (variable que más caracteriza la exposición en ambientes industriales)	2
Los movimientos de los brazos son bastante rápidos y constantes, entre (40 a 50 acciones/minuto) pero con posibilidad de breves interrupciones	3
Los movimientos de los brazos son bastante rápidos y constantes, la posibilidad de interrupción es más escasa e irregular (40 acciones/minuto)	4
Los movimientos de los brazos son muy rápidos y constantes, la ausencia de interrupciones del trabajo hace difícil mantener el ritmo (50 acciones/minuto o más)	8
Frecuencia elevadísima, entre el (70 a 80 acciones/minuto o más) más de una vez por segundo	10

Para el estudio realizado y de acuerdo a las características del movimiento se toma como factor de multiplicación a la segunda opción que tiene un valor de 1 ya que los movimientos de los brazos en el levantamiento de cargas son rápidos y regulares con poca interrupción entre cada levantamiento.

i) Cálculo de las acciones técnicas de referencia (RTA)

Es el máximo número de repeticiones de referencia o que debe realizar en una jornada de trabajo de acuerdo a las características analizadas, como en 5 [15].

$$RTA = \sum_{i=1}^n [Cf \cdot (Pom \cdot Rem \cdot Adm \cdot Fom) Dj] \cdot Rcm \cdot Dum \quad (5)$$

Dónde:

RTA: Acciones técnicas de referencia.

Cf: Contante de frecuencia de acciones técnicas.

Pom: Multiplicador para posturas.

Rem: Multiplicador para repetitividad.

Adm: Multiplicador para factores adicionales.

Fom: Multiplicador para la fuerza.

Dj: Duración neta de la tarea repetitiva.

Rcm: Multiplicador de recuperación.

Dum: Multiplicador de duración.

Entonces:

$$RTA = \sum_{i=1}^n ([1 * (0,5 * 1 * 0,8 * 10)360] * 1 * 1)$$

$$RTA = 1440 \text{ Repeticiones por jornada}$$

j) Frecuencia de acciones técnicas por minuto (FF)

Se refiere al número de repeticiones por minuto determinado de manera visual en el campo de trabajo, como en 6 [15].

$$FF = \frac{NTC * 60}{FCT} \quad (6)$$

Dónde:

FF: Frecuencia de acciones técnicas por minuto.

60: Factor de conversión de segundos a minutos.

FCT: Duración de las repeticiones en segundos.

Entonces:

$$FF = \frac{7 * 60}{60}$$

$FF = 7$ Repeticiones por minuto

k) Repeticiones actualmente empleadas en el turno de trabajo (ATA)

Repeticiones del levantamiento de cargas realizadas actualmente en la jornada de trabajo u 8 horas, como en 7 [15].

$$ATA = FF * Dj \quad (7)$$

Donde:

ATA: Repeticiones actualmente empleadas.

FF: Frecuencia de acciones técnicas por minuto.

Dj: Duración neta de la tarea repetitiva.

Entonces:

$$ATA = 7 * 360$$

$$ATA = 2520 \text{ Repeticiones en la jornada}$$

l) Índice OCRA

Representa el nivel de riesgo que tiene una tarea de acuerdo a la escala valorada en la tabla 5, como 8 [15].

$$\text{índice OCRA} = \frac{ATA}{RTA} \quad (8)$$

Donde:

ATA: Repeticiones actualmente empleadas.

RTA: Acciones técnicas de referencia.

Entonces:

$$\text{índice OCRA} = \frac{2520}{1440}$$

$$\text{índice OCRA} = 1,75$$

Una vez realizada la evaluación de las acciones repetitivas de levantamiento de cargas se determina que el índice OCRA es de 1,75 que equivale a un riesgo aceptable ya que el número máximo de levantamientos empleados en un puesto de trabajo es de 7 repeticiones por minuto que puede aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de recipientes encontrados en un lugar determinado, teniendo pausas frecuentes al trasladarse de un lugar a otro en donde se encuentran los recipientes.

El valor del índice OCRA puede variar dependiendo del número de trabajadores y la cantidad de recipientes que contienen los desperdicios; de tal forma que, mientras el valor del índice se aproxime más a cero, el riesgo disminuye como se muestra en la escala de valores mostrados en la tabla 5.

4.8 Distribución de frecuencias de los datos obtenidos

Para presentar el diseño biomecánico de puestos de trabajo primero se realiza una evaluación a 127 personas del género masculino y a 3 personas del género femenino que son el total de trabajadores que laboran en los tres turnos de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, por tal motivo se hace uso de las herramientas estadísticas para el análisis de datos agrupados que permita trabajar con tablas de frecuencias para cada medida tomada ayudando a tener un mejor desenvolvimiento durante la evaluación y para este efecto se deben realizar previamente varios cálculos como los que se muestran a continuación:

a) Rango (R)

Es la distancia total de alejamiento existente entre el valor máximo y el valor mínimo de la muestra como se muestra en la ecuación 9 [34].

$$R = L \text{ máx.} - L \text{ mín.} \quad (9)$$

Donde:

R: Rango.

L máx: Límite máximo de clase.

L mín: Límite mínimo de clase.

b) Número de clases (ni)

Es el número de intervalos a los cuales se les asigna una frecuencia y se obtiene empleando la ecuación 10, recuerde que el número de clases debe ser siempre un número entero por tal motivo se debe aproximar a su inmediato superior o inferior de acuerdo a las reglas de aproximación [34].

$$ni = \sqrt{n} \quad (10)$$

Donde:

ni: Número de clases.

n: Número de muestras.

c) Ancho del intervalo (i)

Es la distancia que existe entre el límite inferior y el límite superior de cada clase el cual es el mismo en todas las clases y se calcula mediante la ecuación 11 [34].

$$i = \frac{R}{ni-1} \quad (11)$$

Donde:

i: Ancho del intervalo.

R: Rango.

ni: Número de clases.

d) Realizar la tabla de distribución de frecuencias

Para este fin se debe tener en cuenta que el límite mayor de la primera clase es igual al valor máximo de la muestra más un valor de 0,05 para obtener mayor seguridad en que todos los datos estén comprendidos en la distribución de frecuencias para lo cual se emplea la ecuación 12 y de la misma manera se obtiene el límite inferior se calcula restando el ancho del intervalo del límite máximo de clase como se muestra en la ecuación 13 [34].

$$L \text{ máx. clase} = L \text{ máx.} + 0,05 \quad (12)$$

$$L \text{ mín. clase} = L \text{ máx. clase} - i \quad (13)$$

Donde:

L máx. clase: Límite máximo de clase.

L mín. clase: Límite mínimo de clase.

0,05: Valor de seguridad.

L máx: Límite máximo inicial de clase.

L mín: Límite mínimo inicial de clase.

i: Ancho de intervalo.

Para la segunda clase el límite máximo de clase es igual al límite mínimo de la primera clase y para el límite mínimo de la segunda clase se aplica la ecuación 13, para el resto de clases se repite este último procedimiento hasta completar el número de clases (n) calculado.

e) Frecuencias (f)

Es el número de valores comprendidos entre cada límite de clase y se lo obtiene realizando un conteo de los valores para lo cual se deberá ordenar los datos para tener mayor facilidad en el conteo [34].

f) Frecuencias acumuladas (fa)

Es el valor acumulado de las frecuencias iniciando desde el menor valor de frecuencia f_i mostrado en las frecuencias y sumado la siguiente frecuencia f_{i+1} como se muestra en la ecuación (14) [34].

$$fa = f_i + f_{i+1} \quad (14)$$

Donde:

fa: Frecuencia acumulada.

fi: Frecuencia de clase actual.

f_{i+1}: Frecuencia de la clase anterior.

4.8.1 Presentación de tablas de distribución de los datos obtenidos

La Tabla 13 permite obtener las masas corporales mínima, promedio y máxima de los trabajadores de barrido y recolección de desechos de la EPM – GIDSA mediante el cálculo de los percentiles 5, 50 y 95 empleando la ecuación 3 presentada en el capítulo II, y para este fin se toma referencia a los valores de masa y peso tomados a los trabajadores de la entidad como se muestran en el ANEXO 1.

Tabla 13. Distribución de frecuencias de las masas corporales del personal masculino.

MASAS CORPORALES (Kg)				
Número de clases (ni)	Clases		Frecuencias (f)	Frecuencia acumulada (Fa)
	Lmax	Lmin		
1	90,95	86,76	4	127
2	86,76	82,57	3	123
3	82,57	78,38	5	120
4	78,38	74,19	12	115
5	74,19	70	21	103
6	70	65,81	19	82
7	65,81	61,62	23	63
8	61,62	57,43	23	40
9	57,43	53,24	11	17
10	53,24	49,05	5	6
11	49,05	44,86	1	1

Cálculo de percentiles 5, 50 y 95 para las medidas de masas corporales.

Percentil 5 (Pr₅)

Representa aquel valor de masa mínimo a levantar por el personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

Solución:

$$N = 127$$

$$Pr_5 = L_{Ric_{Pr_5}} + \left[\frac{(Pr_5 * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_5}} \right] * i$$

$$L_{RicPr_5} = 53,24 \quad Pr_5 = 53,24 + \left[\frac{(5 * \frac{127}{100}) - 6}{11} \right] * 4,19$$

$$Pr_i = 5 \quad Pr_5 = 53,24 + \left[\frac{6,35 - 6}{11} \right] * 4,19$$

$$fa_a = 6 \quad Pr_5 = 53,37 \text{ Kg.}$$

$$i = 4,19$$

$$fc_{Pr_5} = 11$$

Percentil 50 (Pr₅₀)

Representa aquel valor de masa promedio a levantar por el personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

Solución:

$$N = 127$$

$$Pr_{50} = L_{RicPr_{50}} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{50}}} \right] * i$$

$$L_{RicPr_{50}} = 65,81$$

$$Pr_{50} = 65,81 + \left[\frac{(50 * \frac{127}{100}) - 63}{19} \right] * 4,19$$

$$Pr_i = 50$$

$$fa_a = 63$$

$$Pr_{50} = 65,81 + \left[\frac{63,5 - 63}{11} \right] * 4,19$$

$$i = 4,19$$

$$Pr_{50} = 65,92 \text{ Kg.}$$

$$fc_{Pr_{50}} = 19$$

Percentil 95 (Pr₉₅)

Representa aquel valor de masa máximo a levantar por el personal e barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

Solución:

$$N = 127$$

$$Pr_{95} = L_{RicPr_{95}} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{95}}} \right] * i$$

$$L_{RicPr_{95}} = 82,57 \quad Pr_{95} = 82,57 + \left[\frac{(95 \cdot \frac{127}{100}) - 120}{3} \right] * 4,19$$

$$Pr_i = 95 \quad Pr_{95} = 82,57 + \left[\frac{120,65 - 120}{3} \right] * 4,19$$

$$fa_a = 120$$

$$Pr_{95} = 83,48 \text{ Kg.}$$

$$i = 6,30$$

$$fc_{Pr_{95}} = 3$$

La Tabla 14 presenta la distribución de frecuencias de las alturas corporales medidas a los trabajadores de barrido y recolección de desechos sólidos de la EPM – GIDSA de donde se puede obtener el valor mínimo, promedio y máximo mediante el cálculo de los percentiles 5, 50 y 95 aplicando la ecuación 3 presentada en el capítulo II, con los datos obtenidos de las alturas corporales de los trabajadores que se muestran en el ANEXO 2.

Tabla 14. Distribución de frecuencias de las estaturas del personal masculino.

ESTATURAS CORPORALES (cm)				
Número de clases (ni)	Clases		Frecuencias (f)	Frecuencia acumulada (fa)
	Lmax	Lmin		
1	174,55	171,95	4	127
2	171,95	169,35	4	123
3	169,35	166,75	7	119
4	166,75	164,15	17	112
5	164,15	161,55	16	95
6	161,55	158,95	27	79
7	158,95	156,35	22	52
8	156,35	153,75	13	30
9	153,75	151,15	11	17
10	151,15	148,55	3	6
11	148,55	145,95	3	3

Cálculo de percentiles 5, 50 y 95 para las medidas de masas corporales.

Percentil 5 (Pr₅)

Representa aquel valor de altura mínima del personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 127$$

$$L_{RicPr_5} = 151,15$$

$$Pr_i = 5$$

$$fa_a = 6$$

$$i = 2,60$$

$$fc_{Pr_5} = 11$$

Solución:

$$Pr_5 = L_{RicPr_5} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_5}} \right] * i$$

$$Pr_5 = 151,15 + \left[\frac{(5 * \frac{127}{100}) - 6}{11} \right] * 2,60$$

$$Pr_5 = 151,15 + \left[\frac{6,35 - 6}{11} \right] * 2,60$$

$$Pr_5 = 151,23 \text{ cm.}$$

Percentil 50 (Pr₅₀)

Representa aquel valor de altura promedio del personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 127$$

$$L_{RicPr_{50}} = 158,95$$

$$Pr_i = 50$$

$$fa_a = 52$$

$$i = 2,60$$

$$fc_{Pr_{50}} = 27$$

Solución:

$$Pr_{50} = L_{RicPr_{50}} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{50}}} \right] * i$$

$$Pr_{50} = 158,95 + \left[\frac{(50 * \frac{127}{100}) - 52}{27} \right] * 2,60$$

$$Pr_{50} = 158,95 + \left[\frac{63,5 - 52}{27} \right] * 2,60$$

$$Pr_{50} = 160,06 \text{ cm.}$$

Percentil 95 (Pr₉₅)

Representa aquel valor de altura máxima del personal e barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 127$$

$$L_{RicPr_{95}} = 166,75$$

$$Pr_i = 95$$

$$fa_a = 112$$

$$i = 6,30$$

$$fc_{Pr_{95}} = 7$$

Solución:

$$Pr_{95} = L_{RicPr_{95}} + \left[\frac{(Pr_i \cdot \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{95}}} \right] * i$$

$$Pr_{95} = 166,75 + \left[\frac{(95 \cdot \frac{127}{100}) - 112}{7} \right] * 2,60$$

$$Pr_{95} = 166,75 + \left[\frac{120,65 - 112}{7} \right] * 2,60$$

$$Pr_{95} = 169,96 \text{ cm.}$$

Selección del modelo de trabajador a ser evaluado

Para el diseño biomecánico de puestos de trabajo se toman los valores de los percentiles número 5 de las masas corporales; porque, a menor masa corporal, menor es la reacción que genera el trabajador y el percentil número 95 para la estatura; porque genera que los segmentos corporales sean los más largos y son las que generen un mayor torque, cumpliendo con una de las leyes de la estática que dice: a mayor longitud de palanca, mayor es el momento generado en su punto de acción, con este análisis se realiza un modelo para estudio del personal masculino que trabajan en las áreas de barrido y recolección, como se muestra en la Fig. 16.

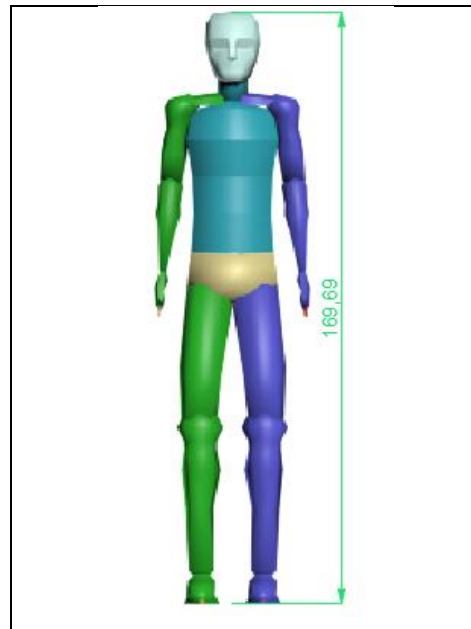


Fig. 16. Modelo es estudio masculino para la evaluación biomecánica

En la EPM – GIDSA existen 3 personas del sexo femenino trabajando en el área de barrido, por esta razón también se realiza un modelo para la evaluación biomecánica ya que se debe tomar en cuenta que los valores de alturas y masas corporales son diferentes a los valores que presenten el personal masculino, y aplicando el mismo razonamiento para la modelación del personal masculino (masas corporales mínimas y las alturas corporales máximas) se presenta el modelo de evaluación para el personal femenino como se muestra en la Fig. 17.

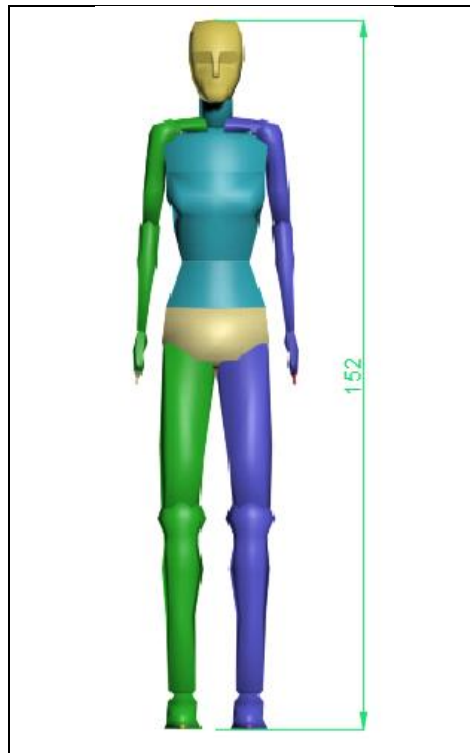


Fig. 17. Modelo femenino para la evaluación biomecánica.

4.8.2 Determinar masas externas o levantadas durante el proceso de barrido o recolección de desperdicios

Al igual que las tablas de distribución de masas y alturas realizadas para el personal masculino, se procede a realizar una tabla de distribución de frecuencias para los valores de masas levantadas por los trabajadores como se muestra en la Tabla 10, valores obtenidos de la medición en campo en una jornada de trabajo como se muestra en las Fig. 18, Fig. 19, Fig. 20 y Fig. 21, para calcular los percentiles 5, 50 y 95 que determine los valores mínimos y máximos de las masas levantadas por los trabajadores.



Fig. 18. Medición de masas levantadas por el personal de recolección en la jornada de trabajo.



Fig. 19. Medición de masas levantadas en la jornada de trabajo.



Fig. 20. Medición de masa de recipiente utilizado frecuentemente para recolectar desperdicios regados.



Fig. 21. Medición de masa de recipiente existente en el recorrido.

Los valores obtenidos en las mediciones realizadas a los recipientes que contienen los desperdicios generados en los hogares y espacios públicos que son empleados para realizar el presente estudio, se presentan en el ANEXO 3 de donde se toman para realizar la distribución de frecuencias como se muestra en la Tabla 15 de tal manera que facilite el cálculo de los percentiles.

Tabla 15. Distribución de frecuencias de masas externas levantadas por los trabajadores.

Masas externas levantadas (Kg)				
Número de clases (ni)	Clases		Frecuencias (f)	frecuencia acumulada (fa)
	Lmax	Lmin		
1	72,85	66,55	1	139
2	66,55	60,25	0	138
3	60,25	53,95	0	138
4	53,95	47,65	0	138
5	47,65	41,35	1	138
6	41,35	35,05	3	137
7	35,05	28,75	3	134
8	28,75	22,45	6	131
9	22,45	16,15	6	125
10	16,15	9,85	15	119
11	9,85	3,55	103	104
12	3,55	-2,75	1	1

Cálculo de percentiles 5, 50 y 95 de las masas externas levantadas

Percentil 5 (Pr_5)

Representa aquel valor de masa mínimo a levantar por el personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 139$$

$$L_{RicPr_5} = 3,55$$

$$Pr_i = 5$$

$$fa_a = 1$$

$$i = 6,30$$

$$fc_{Pr_5} = 103$$

Solución:

$$Pr_5 = L_{RicPr_5} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_5}} \right] * i$$

$$Pr_5 = 3,55 + \left[\frac{(5 * \frac{139}{100}) - 1}{103} \right] * 6,30$$

$$Pr_5 = 3,55 + \left[\frac{6,95 - 1}{103} \right] * 6,30$$

$$Pr_5 = 3,91 \text{ Kg.}$$

Percentil 50 (Pr₅₀)

Representa aquel valor de masa promedio a levantar por el personal de barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 139$$

$$L_{RicPr_{50}} = 3,55$$

$$Pr_i = 5$$

$$fa_a = 1$$

$$i = 6,30$$

$$fc_{Pr_{50}} = 103$$

Solución:

$$Pr_{50} = L_{RicPr_{50}} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{50}}} \right] * i$$

$$Pr_{50} = 3,55 + \left[\frac{(50 * \frac{139}{100}) - 1}{103} \right] * 6,30$$

$$Pr_{50} = 3,55 + \left[\frac{69,5 - 1}{103} \right] * 6,30$$

$$Pr_{50} = 7,74 \text{ Kg.}$$

Percentil 95 (Pr₉₅)

Representa aquel valor de masa máximo a levantar por el personal e barrido y recolección durante la jornada de trabajo.

Datos:

$$N = 139$$

$$L_{RicPr_{95}} = 28,75$$

$$Pr_i = 95$$

$$fa_a = 131$$

$$i = 6,30$$

$$fc_{Pr_{95}} = 3$$

Solución:

$$Pr_{95} = L_{RicPr_{95}} + \left[\frac{(Pr_i * \frac{N}{100}) - fa_a}{fc_{Pr_{95}}} \right] * i$$

$$Pr_{95} = 28,75 + \left[\frac{(95 * \frac{139}{100}) - 131}{3} \right] * 6,30$$

$$Pr_{95} = 28,75 + \left[\frac{132,5 - 131}{3} \right] * 6,30$$

$$Pr_{95} = 30,96 \text{ Kg.}$$

Para realizar la evaluación y asegurar el diseño biomecánico de puestos de trabajo, se toma el valor del percentil 95 de las masas externas levantadas, ya que este valor será el máximo que deberá levantar un individuo de mayor altura y menor masa corporal.

4.9 Especificar las posturas del trabajador, duración, frecuencia y carga soportada por el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA

Para realizar la evaluación biomecánica se debe tener conocimientos de varias materias de ingeniería como son: estática, geometría plana, resistencia de materiales, estadística, probabilidades entre otras materias afines, por esta razón se presenta un ejemplo de los cálculos realizados en la evaluación previa al diseño biomecánico de puestos de trabajo, para las cuáles se toman como base tres posturas que son las que se repiten con mayor frecuencia en la jornada de trabajo como se muestran en las Fig. 22, Fig. 23 y Fig. 24.



Fig. 22. Posición inclinada, adoptada con mayor frecuencia.



Fig. 23. Posición agachada, adoptada con mayor frecuencia.



Fig. 24. Posición de pie, adoptada con mayor frecuencia.

Para tener un mejor análisis en la evaluación que permite realizar un diseño biomecánico acorde a las necesidades de los trabajadores, se realiza las simulaciones de las tres posturas presentadas anteriormente con el modelo de evaluación establecido mediante el cálculo de percentiles como se muestran en las Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27.

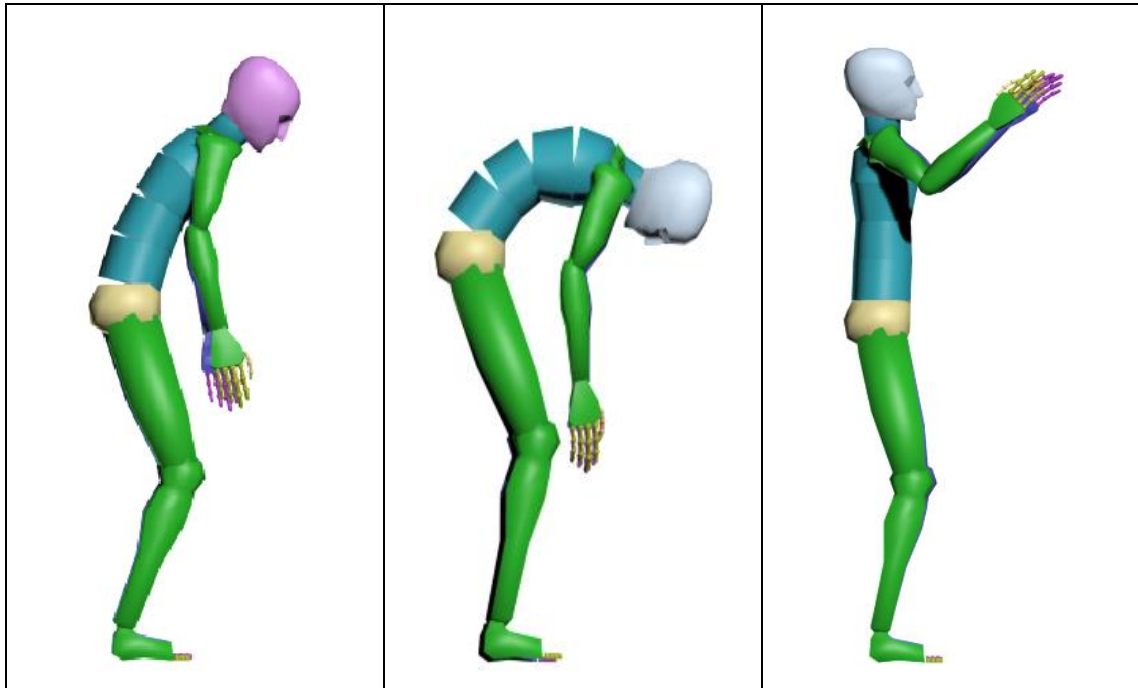


Fig. 25. Posición, trabajador inclinado.

Fig. 26. Posición, trabajador agachado.

Fig. 27. Posición, trabajador de pie.

Las posturas mostradas en las Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 son las que se repiten cíclicamente más de una vez cada 5 minutos durante la jornada de trabajo que dura 8 horas; de las cuales, una hora aproximadamente es el tiempo que se demora el carro recolector en vaciar los desperdicios en el relleno sanitario tiempo en el que los trabajadores pueden descansar o realizar otras actividades, se designa una antigüedad en el puesto de trabajo de dos años ya que la empresa cambia de trabajadores en este lapso de tiempo y la carga externa es determinada por el percentil 95 de masas externas levantadas por el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA ya que esta cantidad de masa la levantan con mayor frecuencia y se la selecciona debido a los criterios presentados anteriormente en el cálculo de percentiles.

4.9.1 Ubicación de coordenadas de cada articulación a evaluar

La evaluación parte de las coordenadas (0,0) tanto en (x) como en (y) y se ubica en la articulación de la cadera en donde el cuerpo está dividido por el plano transversal, a partir de aquí se realizan los cálculos respectivos para determinar las coordenadas de cada articulación y las coordenadas del punto de aplicación de la fuerza exterior como se muestra en la Fig. 28.

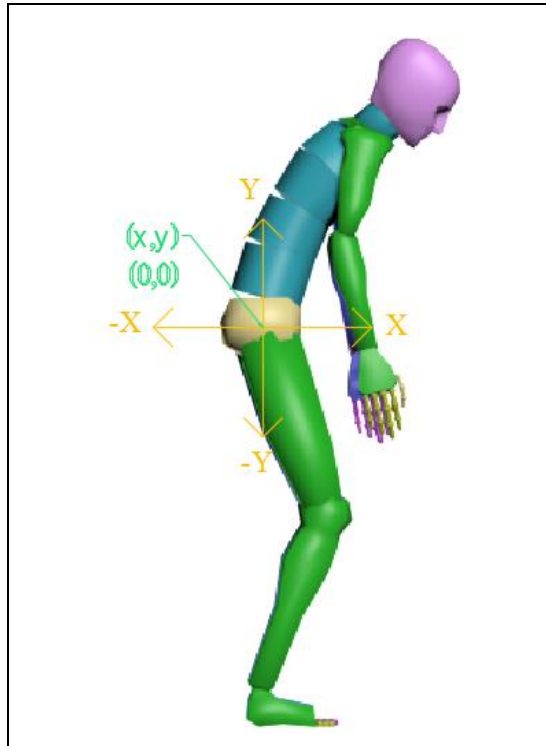


Fig. 28. Coordenadas iniciales en el plano sagital.

4.9.2 Elaborar los diagramas de cuerpo libre

A partir del modelo presentado en la Fig. 25, se traza un diagrama de cuerpo libre tomando en cuenta a los segmentos corporales como barras rígidas que están conectadas entre sí y para este efecto las medidas se determinan haciendo uso de la Tabla 3 del capítulo II para obtener resultados como los mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16. Segmentos corporales máximos para personal masculino.

Segmento	% Longitud	Medida (cm)
Cuerpo	100,00%	169,96
Cabeza y cuello (Lcc)	18,78%	31,918
Tórax (Lt)	28,80%	48,948
Pelvis (Lpe)	4,50%	7,648
Brazo (Lb)	18,60%	31,613
Antebrazo (La)	14,60%	24,914
Mano (Lma)	10,80%	18,356
Muslo (Lm)	20,00%	33,992
Pierna (Lp) y pie (Lto)	28,50%	48,439

Con los datos de la Tabla 11 se realiza la simulación de la postura presentada en la Fig. 25 de acuerdo a las alturas encontradas en la distribución de frecuencias, como se muestran en las Fig. 29 y Fig. 30.

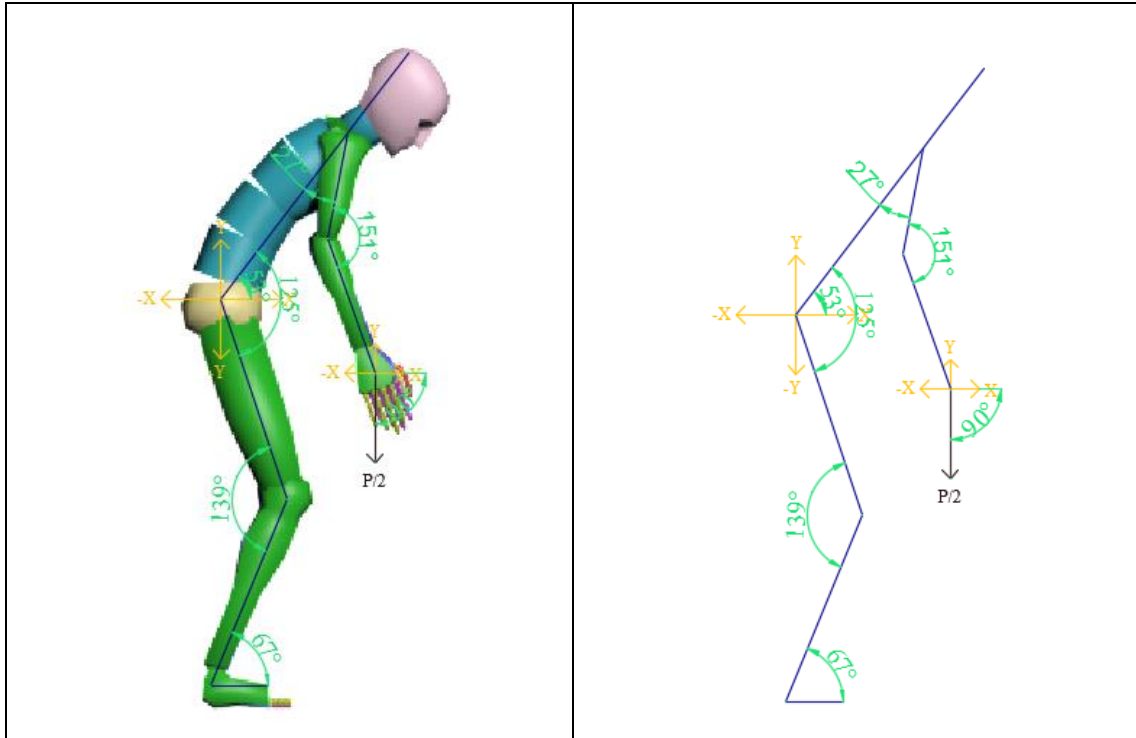


Fig. 29. Representación del trabajador inclinado con altura máxima.

Fig. 30. Diagrama de cuerpo libre del trabajador inclinado con altura máxima.

Del diagrama de cuerpo libre de la postura analizada se obtienen los ángulos necesarios formados por los segmentos corporales que se necesitan en la evaluación biomecánica como se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Ángulos formados por los segmentos corporales con una altura máxima.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	67°
(Muslo - Pierna) α_k	139°
(Cadera – Tronco) α_h	125°
(Horizontal - Tronco) α_t	53°
(Tronco - Brazo) α_s	27°
(Brazo - Antebrazo) α_e	151°
(Horizontal - Peso) α_f	90°

Las medidas de los ángulos se toman a partir de la postura adoptada por el trabajador, el mismo procedimiento se realiza para las posturas mostradas en las Fig. 26 y Fig. 27 tanto para el personal masculino como para el personal femenino con sus respectivas medidas, presentando los resultados, simulaciones y diagramas de cuerpo libre en el ANEXO 4.

4.10 Determinar los parámetros inerciales del personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA

Los parámetros inerciales están dados por los valores de las masas de los segmentos corporales y los porcentajes de distancias a los cuales se ubican los centros de gravedad de cada segmento corporal teniendo en cuenta los puntos referenciales designados por Dempster y Clauser enunciados en la Tabla 2 del capítulo II que serán empleados para el cálculo de reacciones, momentos máximos soportados y momentos máximos admisibles para cada articulación.

4.10.1 Determinar las masas de los segmentos corporales

El cálculo de las masas de los segmentos corporales es de vital importancia para el proceso de evaluación previo al diseño biomecánico, por esta razón para determinar dichos valores se hace uso de la Tabla 1 enunciada en el capítulo II, para el valor de masa corporal máxima presentada por el percentil 95 permitiendo mostrar los resultados obtenidos en la Tabla 18.

Tabla 18. Masas de los segmentos corporales masculinos.

Segmento	% Masa	Máximo (Kg)
Cuerpo	100,00%	53,37
Cabeza	6,20%	3,309
Cuello	2,20%	1,174
Tórax	21,90%	11,688
Abdomen	14,70%	7,845
Pelvis	13,40%	7,152
Brazo	2,80%	1,494
Antebrazo	1,70%	0,907
Mano	0,60%	0,320
Muslo	10,00%	5,337
Pierna	4,30%	2,295
Pie	1,40%	0,747

4.10.2 Determinar las distancias de ubicación de los centros de gravedad de cada segmento corporal

Las distancias de ubicación de los centros de gravedad (CG) de cada segmento corporal son necesarios para realizar el cálculo de los momentos a los cuales están sometidas las articulaciones por la cantidad de masa que tienen y para ello se hace uso de la Tabla 2 enunciada en el capítulo II, partiendo de los puntos de referencia enunciados Dempster y Clauser en tabla mencionada, como se indica en la Tabla 19 para la altura del personal masculino.

Tabla 19. Distancias de los centros de gravedad para el personal masculino.

Segmento	Centro de gravedad (cg) %	Distancia del segmento (cm)	% del segmento (cm)
Cabeza y cuello	46,40%	31,907	14,805
Tronco	38,03%	48,931	18,609
Brazo	51,30%	31,601	16,212
Antebrazo	39,96%	24,805	9,912
Mano	82,00%	18,349	15,046
Muslo	37,19%	33,980	12,637
Pantorrilla	37,05%	48,422	17,940

Los valores obtenidos en el procedimiento 4.9 se realiza para la evaluación de las 3 posturas para el personal masculino, de la misma manera para el personal femenino y estos resultados se muestran en el ANEXO 5.

4.11 Desarrollo de la evaluación biomecánica estática coplanar previa al diseño biomecánico de puestos de trabajo

La evaluación que permite establecer un diseño biomecánico de puestos de trabajo apropiado a los requerimientos presentados por la EPM – GIDSA para el personal de barrido y recolección, está formada por una serie de pasos que se deben cumplir; de tal manera, que los datos calculados sean empleados en los siguientes procedimientos para conocer la situación actual en el levantamiento de cargas y para presentar un diseño biomecánico de puestos de trabajo acorde a la situación del trabajo.

4.11.1 Cálculo de coordenadas de cada articulación

Se determinan las coordenadas para cada articulación en la posición mostrada en la Fig. 25, para este fin se hace uso de varias ecuaciones como las enunciadas a continuación:

a) Coordenadas de la articulación L5/S1 (Lumbosacra)

Para la ubicación de las coordenadas (X, Y) en la articulación lumbosacra (L5/S1) se aplican las ecuaciones 15 y 16 debido a que, en este punto se va a iniciar el cálculo de las coordenadas para las demás articulaciones y porque la mayoría de las afectaciones por levantamiento de cargas las sufren en esta articulación.

$$X_{L5/S1} = 0 \quad (15)$$

$$Y_{L5/S1} = 0 \quad (16)$$

b) Coordenadas de la articulación del hombro

Para el cálculo de las coordenadas (X, Y) del hombro se emplean las ecuaciones 17 y 18.

$$X_H = Lt * \cos \alpha t \quad (17)$$

$$Y_H = Lt * \sen \alpha t \quad (18)$$

Donde:

Lt: Longitud del tronco

αt: Ángulo formado por el tronco y el eje horizontal

Desarrollo:

Para el desarrollo se toman en cuenta los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador:

Datos:

$$Lt = 48,948$$

cm

$$\alpha t = 53^\circ$$

$$X_H = 48,948 * \cos 53$$

$$X_H = 29,458 \text{ cm}$$

$$Y_H = 48,948 * \sen 53$$

$$Y_H = 39,092 \text{ cm}$$

c) Coordenadas de la articulación del codo

Para el cálculo de las coordenadas (X, Y) del codo se emplean las ecuaciones 19 y 20.

$$X_C = X_H + (Lb * \text{sen}[\alpha s - (90 - \alpha t)]) \quad (19)$$

$$Y_C = Y_H + (Lb * \text{cos}[\alpha s - (90 - \alpha t)]) \quad (20)$$

Donde:

X_H : Coordenadas en X del hombro

Y_H : Coordenadas en Y del hombro

Lb : Longitud del brazo

αt : Ángulo formado por el tronco y el eje horizontal

αs : Ángulo formado por el tronco y el brazo

Desarrollo:

Para el desarrollo se toman en cuenta los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador:

Solución:

Datos:

$$X_H = 29,458 \text{ cm}$$

$$Y_H = 39,092 \text{ cm}$$

$$Lb = 31,613 \text{ cm}$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

$$\alpha s = 27^\circ$$

$$X_C = 29,458 + (31,613 * \text{sen}[27 - (90 - 53)])$$

$$X_C = 29,458 + (31,613 * \text{sen}[27 - 37])$$

$$X_C = 29,458 + (31,613 * \text{sen}[-10])$$

$$X_C = 29,458 + (-[31,613 * \text{sen} 10])$$

$$X_C = 29,458 - 5,490$$

$$X_C = 23,968 \text{ cm}$$

$$Y_C = 38,092 + (31,613 * \text{cos}[27 - (90 - 53)])$$

$$Y_C = 38,092 + (31,613 * \text{cos}[27 - 37])$$

$$Y_C = 38,092 + (31,613 * \cos[-10])$$

$$Y_C = 38,092 + [-(31,613 * \cos 10)]$$

$$Y_C = 38,092 - 31,133$$

$$Y_C = 6,959 \text{ cm}$$

d) Coordenadas del punto de aplicación de la fuerza externa

Para el cálculo de las coordenadas (X, Y) del punto de aplicación de la fuerza externa se emplean las ecuaciones 21 y 22.

$$X_F = X_C + (La + [Lma/2]) * \cos(\alpha e - 90 - [\alpha s - (90 - \alpha t)]) \quad (21)$$

$$Y_F = Y_C - (La + [Lma/2]) * \sin(\alpha e - 90 - [\alpha s - (90 - \alpha t)]) \quad (22)$$

Donde:

X_C : Coordenadas en X del codo

Y_C : Coordenadas en Y del codo

La : Longitud del antebrazo

Lma : Longitud de la mano

αt : Ángulo formado por el tronco y el eje horizontal

αs : Ángulo formado por el tronco y el brazo

αe : Ángulo formado por el brazo y el antebrazo

Desarrollo:

Para el desarrollo se toman en cuenta los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador:

Datos:

$$X_C = 23,968 \text{ cm} \quad \alpha t = 53^\circ$$

$$Y_C = 6,959 \text{ cm} \quad \alpha s = 27^\circ$$

$$L_a = 24,914 \text{ cm} \quad \alpha e = 151^\circ$$

$$L_{ma} = 18,356 \text{ cm}$$

Solución:

$$X_F = X_C + (L_a + [L_{ma}/2]) * \cos(\alpha e - 90 - [\alpha s - (90 - \alpha t)])$$

$$X_F = 23,968 + ([24,914 + (18,356/2)] * \cos(151 - 90 - [27 - (90 - 53)]))$$

$$X_F = 23,968 + ([24,914 + 9,178] * \cos(151 - 90 - [27 - 37]))$$

$$X_F = 23,968 + (34,092 * \cos(151 - 90 + 10))$$

$$X_F = 23,968 + (34,092 * \cos 71)$$

$$X_F = 23,968 + 11,099$$

$$X_F = 35,067 \text{ cm}$$

$$Y_F = Y_C - (L_a + [L_{ma}/2]) * \sin(\alpha e - 90 - [\alpha s - (90 - \alpha t)])$$

$$Y_F = 6,959 - ([24,914 + (18,356/2)] * \sin(151 - 90 - [27 - (90 - 53)]))$$

$$Y_F = 6,959 - (34,092 * \sin(151 - 90 + 10))$$

$$Y_F = 6,959 - (34,092 * \sin 71)$$

$$Y_F = 6,959 - 32,235$$

$$Y_F = -25,976 \text{ cm}$$

e) Coordenadas de la articulación rodilla

Para el cálculo de las coordenadas (X, Y) de la rodilla se emplean las ecuaciones 23 y 24.

$$X_R = (L_{pe} + L_m) * \cos(\alpha h - \alpha t) \quad (23)$$

$$Y_R = -(L_{pe} + L_m) * \sin(\alpha h - \alpha t) \quad (24)$$

Donde:

L_{pe} : Longitud de la pelvis

L_m : Longitud del muslo

αh : Ángulo formado por el tronco y el muslo

αt : Ángulo formado por el tronco y el eje horizontal

Desarrollo:

Para el desarrollo se toman en cuenta los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador:

Datos:

$$L_{pe} = 7,648 \text{ cm}$$

$$L_m = 33,992 \text{ cm}$$

$$\alpha h = 125^\circ$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

Solución:

$$X_R = (L_{pe} + L_m) * \cos(\alpha h - \alpha t)$$

$$X_R = (7,648 + 33,992) * \cos(125 - 53)$$

$$X_R = 41,640 * \cos(72)$$

$$X_R = 12,867 \text{ cm}$$

$$Y_R = -(L_{pe} + L_m) * \sin(\alpha h - \alpha t)$$

$$Y_R = -(7,648 + 33,992) * \sin(125 - 53)$$

$$Y_R = -(41,640) * \sin(72)$$

$$Y_R = -39,602 \text{ cm}$$

f) Coordenadas de la articulación tobillo

Para el cálculo de las coordenadas (X, Y) del tobillo se emplean las ecuaciones 25 y 26.

$$X_T = X_R - [Lp * \cos(\alpha k - [\alpha h - \alpha t])] \quad (25)$$

$$Y_T = Y_R - [Lp * \sin(\alpha k - [\alpha h - \alpha t])] \quad (26)$$

Donde:

X_R : Coordenadas en X de la rodilla.

Y_R : Coordenadas en Y de la rodilla.

Lp : Longitud de la pierna.

αk : Ángulo formado por el muslo y la pierna.

αh : Ángulo formado por el tronco y el muslo.

αt : Ángulo formado por el tronco y el eje horizontal.

Desarrollo:

Para el desarrollo se toman en cuenta los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador:

Datos:

$$X_R = 12,867 \text{ cm}$$

$$Y_R = -39,602 \text{ cm}$$

$$Lp \text{ y } Lto = 48,439 \text{ cm}$$

$$\alpha k = 139^\circ$$

$$\alpha h = 125^\circ$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

Solución:

$$X_T = X_R - [Lp * \cos(\alpha k - [\alpha h - \alpha t])]$$

$$X_T = 12,867 - [48,439 * \cos(139 - [125 - 53])]$$

$$X_T = 12,867 - [48,439 * \cos(139 - 72)]$$

$$X_T = 12,867 - [48,439 * \cos(67)]$$

$$X_T = 12,867 - 18,927$$

$$X_T = -6,060 \text{ cm}$$

$$Y_T = Y_R - [Lp * \sin(\alpha k - [\alpha h - \alpha t])]$$

$$Y_T = -39,602 - [48,439 * \text{sen}(139 - [125 - 53])]$$

$$Y_T = -39,602 - [48,439 * \text{sen}(139 - 72)]$$

$$Y_T = -39,602 - [48,439 * \text{sen}(67)]$$

$$Y_T = -39,602 - 44,588$$

$$Y_T = -84,190 \text{ cm}$$

Los procedimientos del literal 4.10.1, se los realiza para las posturas presentadas en las Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27, aunque se los puede omitir debido que para el cálculo de momentos se puede emplear los ángulos formados entre los segmentos corporales.

4.11.2 Cálculo de las reacciones involucradas en la articulación analizada con respecto al peso exterior levantado

Tener conocimientos en el área de la física y específicamente en la rama de la estática es de vital importancia para realizar la presente evaluación que permite determinar un diseño biomecánico de puestos de trabajo, ya que es necesario saber las condiciones que debe cumplir un cuerpo para que éste se encuentre en equilibrio, por esta razón se puede afirmar que las ecuaciones 27 y 28 determinan la condición principal para dicho análisis y es que, la sumatoria de fuerzas en los ejes (X, Y) deben ser iguales a cero.

$$\sum fx = 0 \quad (27)$$

$$\sum fy = 0 \quad (28)$$

Donde:

$\sum fx$: Sumatoria de fuerzas en el eje X

$\sum fy$: Sumatoria de fuerzas en el eje Y

Desarrollo

Se realiza el cálculo de las reacciones para cada articulación con las medidas de los modelos de trabajador que están dados por el percentil 5 para el valor de masa corporal

del individuo y el percentil 95 para la masa exterior y estatura del trabajador durante la jornada de trabajo.

Reacción en el codo (Rc)

Se debe realizar el diagrama de cuerpo libre del segmento antebrazo y mano para determinar la reacción producida en el codo como se muestran en la Fig. 31 y Fig. 32.

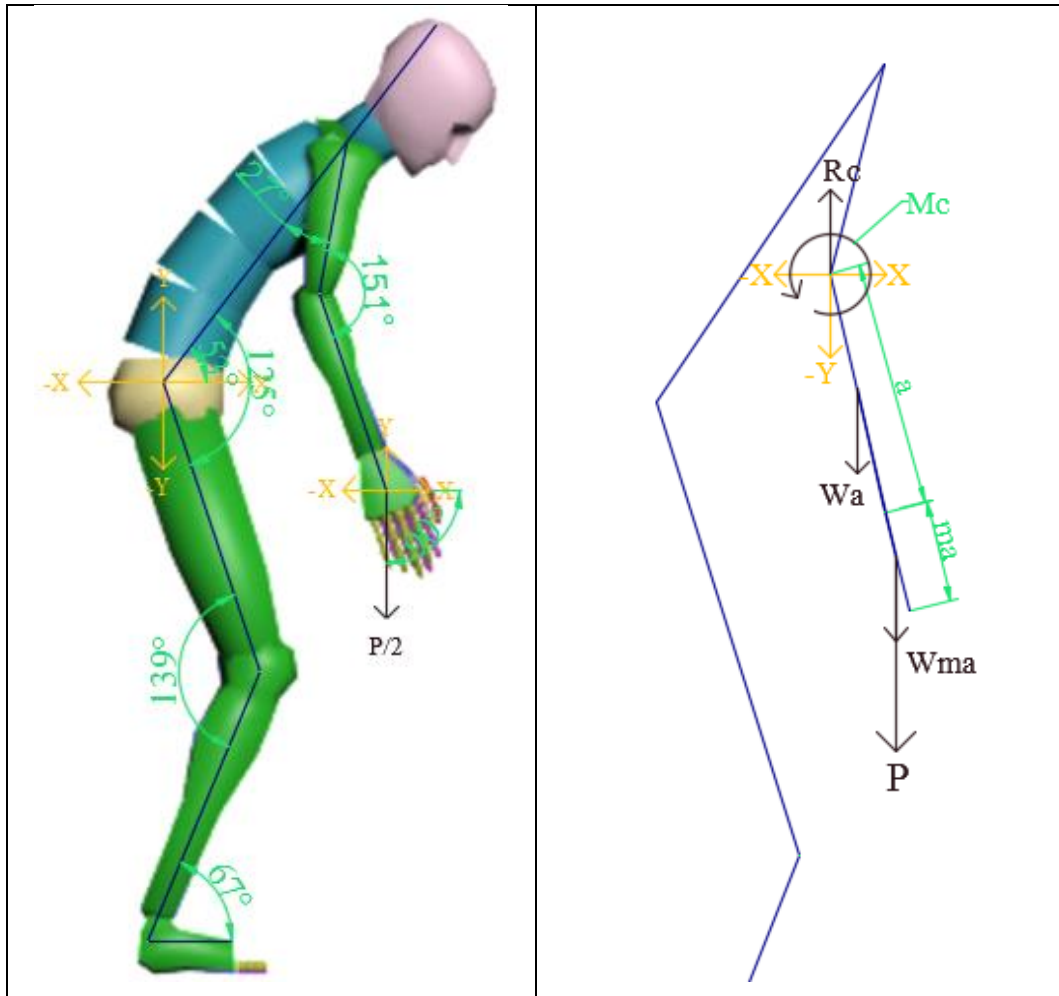


Fig. 31. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 32. Diagrama de cuerpo libre del codo.

Los datos para realizar la sumatoria de fuerzas en (X, Y) se los obtiene del percentil 95 calculado anteriormente para masas y longitudes de los segmentos corporales además de las longitudes de ubicación de los centros de gravedad de cada segmento, aclarando que el levantamiento de las masas externas se lo realiza con las dos manos, por esta razón se toma la mitad del peso calculado (P/2) como masa externa total levantada.

Para realizar los cálculos de preferencia se debe transformar los valores presentados en las tablas de masas y longitudes, al Sistema Internacional (Metros, Newtons) respectivamente; dado que las medidas tomadas se encuentran en Centímetros y Kilogramos, por esta razón todas las masas se deben transformar a pesos multiplicando por $9,81 \text{ m/s}^2$ que equivale al valor de la gravedad y las distancias deben dividir para 100 que es la cantidad de centímetros que contiene un metro en todos los casos.

Todas las sumatorias de fuerzas en (X) son iguales a cero ya que las articulaciones simulan ser apoyos de rodillo y la fuerza externa levantada forma un ángulo de 90° con respecto al eje horizontal teniendo así únicamente reacciones paralelas al eje vertical, como en 29.

$$\sum fy = R_c - (W_{ma} + W_a) - P/2 = 0 \quad (29)$$

Datos:

Solución

$$W_{ma} = (0,320 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2)$$

$$\sum fx = 0$$

$$W_{ma} = 3,139 \text{ N}$$

$$\sum fy = R_c - (W_{ma} + W_a) - P/2 = 0$$

$$W_a = (0,907 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2)$$

$$R_c = (W_{ma} + W_a) - P/2$$

$$W_a = 8,898 \text{ N}$$

$$R_c = [(3,139 + 8,898) + 75,929] \text{ N}$$

$$P/2 = (7,740 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2)/2$$

$$R_c = (12,037 + 75,929) \text{ N}$$

$$P/2 = 75,929 \text{ N}$$

$$R_c = 87,966 \text{ N}$$

Reacción en el hombro (Rh)

Realizar el diagrama de cuerpo libre del segmento brazo para determinar la reacción producida en dicha articulación como se muestran en la Fig. 33 y Fig. 34.

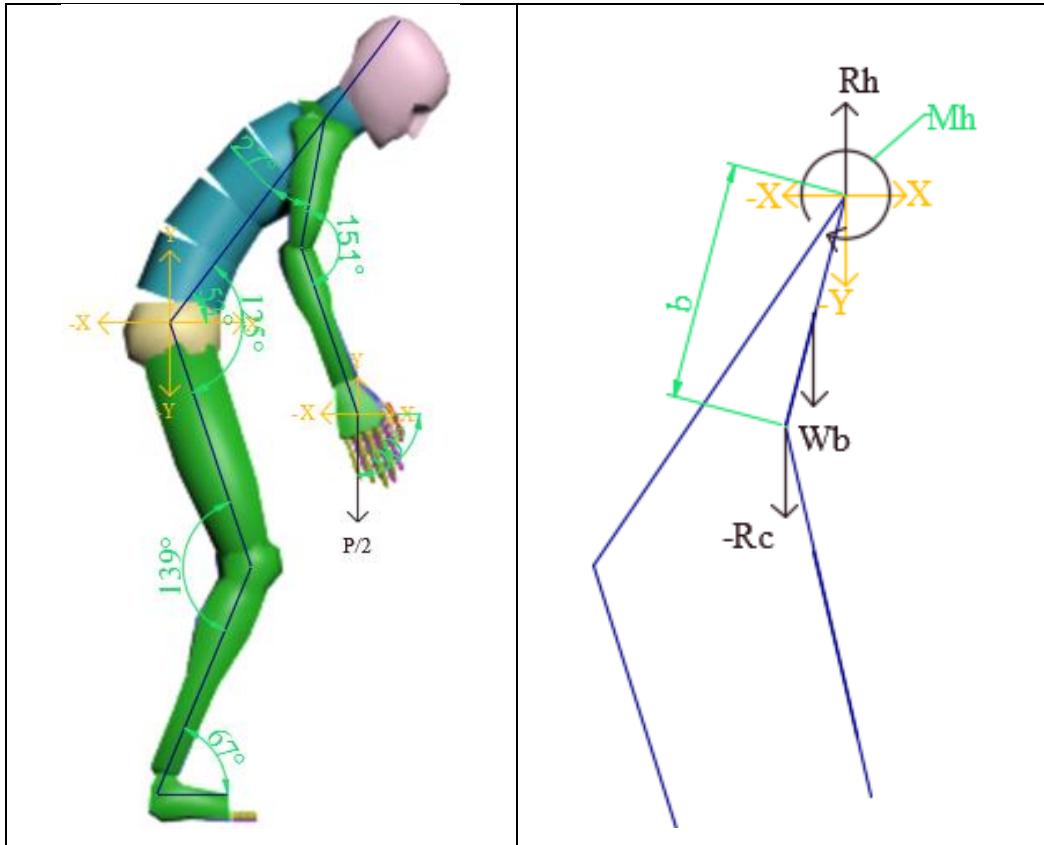


Fig. 33. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 34. Diagrama de cuerpo libre del hombro.

Para el cálculo de (R_h) se toma en cuenta únicamente la sección involucrada como se muestra en el diagrama de cuerpo libre del hombro de donde se obtiene la ecuación de sumatoria de fuerzas en el eje vertical, como en 30.

$$\sum f_y = R_h - W_b - R_c = 0 \quad (30)$$

Datos:

$$W_b = (1,494 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_b = 19,120 \text{ N}$$

$$R_c = 87,966 \text{ N}$$

Solución

$$\sum f_x = 0$$

$$\sum f_y = R_h - W_b - R_c = 0$$

$$R_h = W_b + R_c$$

$$R_h = [19,120 + 87,966] \text{ N}$$

$$R_h = 107,086 \text{ N}$$

Reacción en el las vértebras ($R_{L5/S1}$)

Para encontrar ($R_{L5/S1}$) se debe realizar el diagrama de cuerpo libre de los segmentos cabeza, cuello, tórax y abdomen en otras palabras los pesos de todos los segmentos que forman parte o están unidos a la columna vertebral hasta llegar a la articulación L5/S1 que en donde se va a determinar la reacción producida como se muestran en la Figs. 35 y Fig. 36.

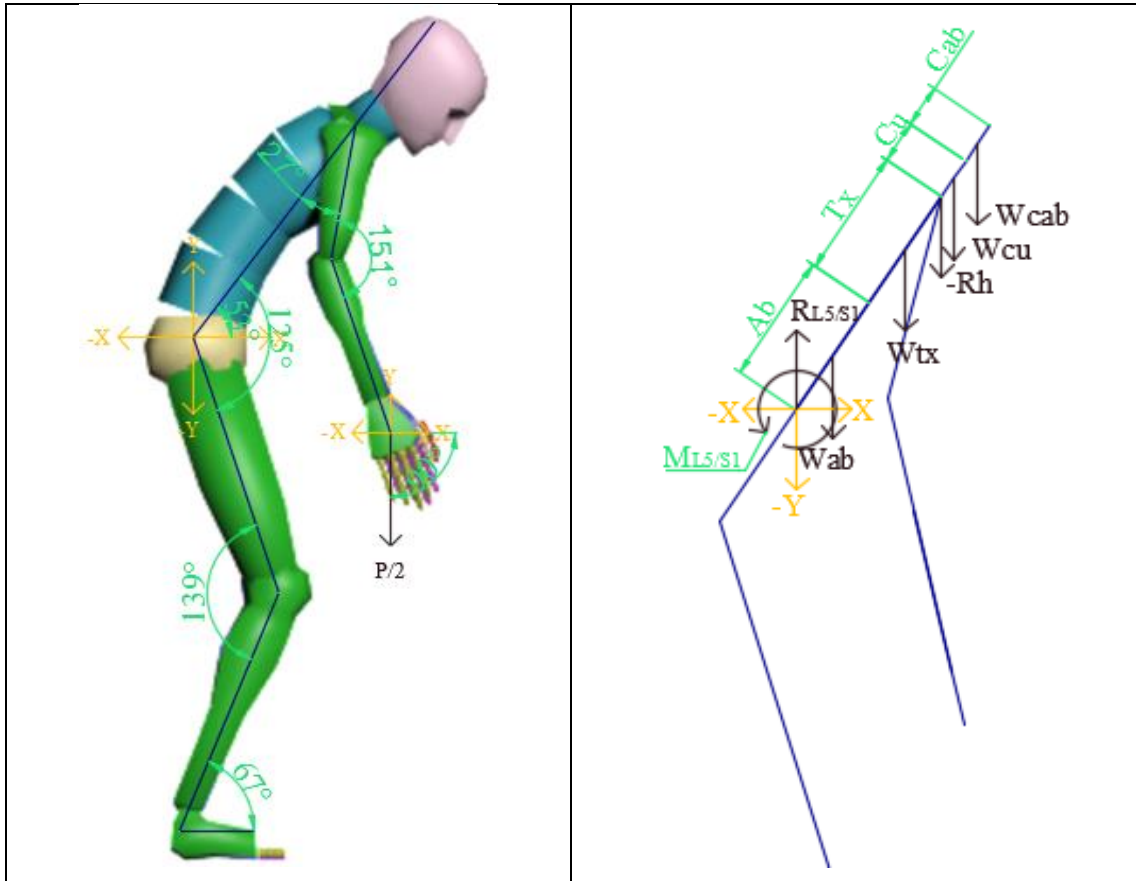


Fig. 35. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 36. Diagrama de cuerpo libre del segmento abdomen, tórax, cuello y cabeza.

Partiendo del diagrama de cuerpo libre en la articulación L5/S1 se determina la ecuación de la sumatoria de fuerzas en el eje vertical, como en 31.

$$\sum f_y = R_{L5/S1} - W_{cab} - W_{cu} - W_{tx} - W_{ab} - (2 * R_h) = 0 \quad (31)$$

Datos:

$$W_{ca} = (3,309 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2)$$

$$W_{tx} = (11,688 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2)$$

$$W_{ca} = 32,461 N$$

$$W_{tx} = 114,659 N$$

$$W_{cu} = (1,174 Kg * 9,81m/s^2)$$

$$W_{ab} = (7,845 Kg * 9,81m/s^2)$$

$$W_{cu} = 11,517 N$$

$$W_{ab} = 76,959 N$$

$$R_h = 107,086 N$$

Solución:

$$\sum fx = 0$$

$$\sum fy = R_{L5/S1} - W_{cab} - W_{cu} - W_{tx} - W_{ab} - (2 * R_h) = 0$$

$$R_{L5/S1} = W_{cab} + W_{cu} + W_{tx} + W_{ab} + (2 * R_h)$$

$$R_{L5/S1} = [32,461 + 11,517 + 114,659 + 76,959 + (2 * 107,086)] N$$

$$R_{L5/S1} = 449,768 N$$

Nota: En la sumatoria para de fuerzas en (y) en el espacio intervertebral (L5/S1) se toma dos veces las reacciones del hombro debido a que son dos las extremidades que actúan hasta la articulación del hombro y de ahí en el tronco únicamente se toma como una pieza o cuerpo formado por cabeza, cuello, tórax y abdomen.

Reacción en la cadera (Rca)

Realizar el diagrama de cuerpo libre del segmento pelvis para determinar la reacción producida en dicha articulación como se muestran en la Fig. 37 y Fig. 38.

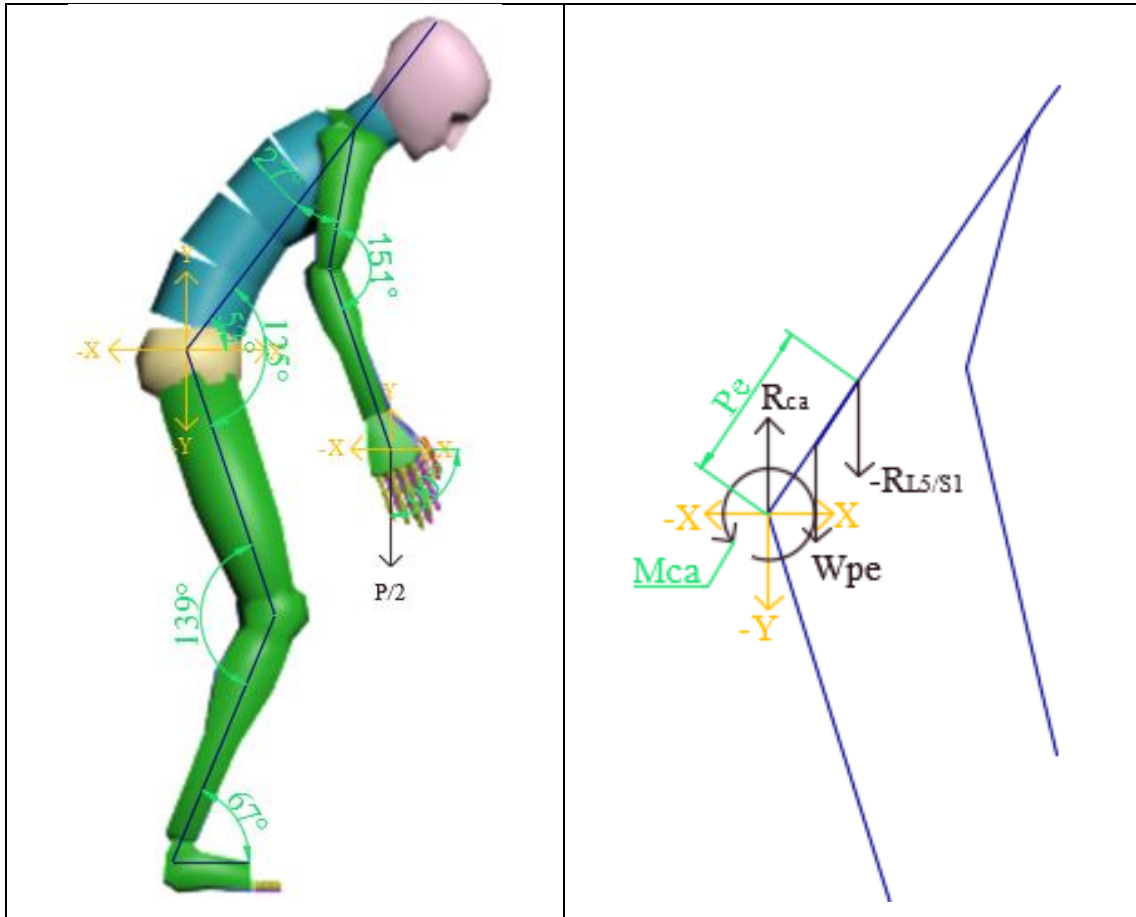


Fig. 37. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 38. Diagrama de cuerpo libre de la pelvis.

La sumatoria de fuerzas en el eje vertical está dada por la ecuación 32 que se obtiene del análisis del diagrama de cuerpo libre de la pelvis.

$$\sum f_y = R_{ca} - [(W_{pe} + R_{L5/S1})/2] = 0 \quad (32)$$

Datos:

$$W_{pe} = (7,152 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_{pe} = 70,161 \text{ N}$$

$$R_{L5/S1} = 449,768 \text{ N}$$

Solución:

$$\sum f_x = 0$$

$$\sum f_y = R_{ca} - [(W_{pe} + R_{L5/S1})/2] = 0$$

$$R_{ca} = (W_{pe} + R_{L5/S1})/2$$

$$R_{ca} = [(70,161 + 449,768)/2] \text{ N}$$

$$R_{ca} = 259,965 \text{ N}$$

Nota: La reacción en la cadera es el resultado de dividir la suma del peso de la pelvis con la reacción en la articulación L5/S1 para dos, debido a que la articulación de la cadera está ubicada en la unión del fémur de cada pierna con la pelvis por lo que el cálculo de reacciones se debe dividir nuevamente para las dos extremidades inferiores.

Reacción en la rodilla (R_{ro})

El diagrama de cuerpo libre se lo realiza del segmento muslo como se muestran en la Fig. 39 y Fig. 40.

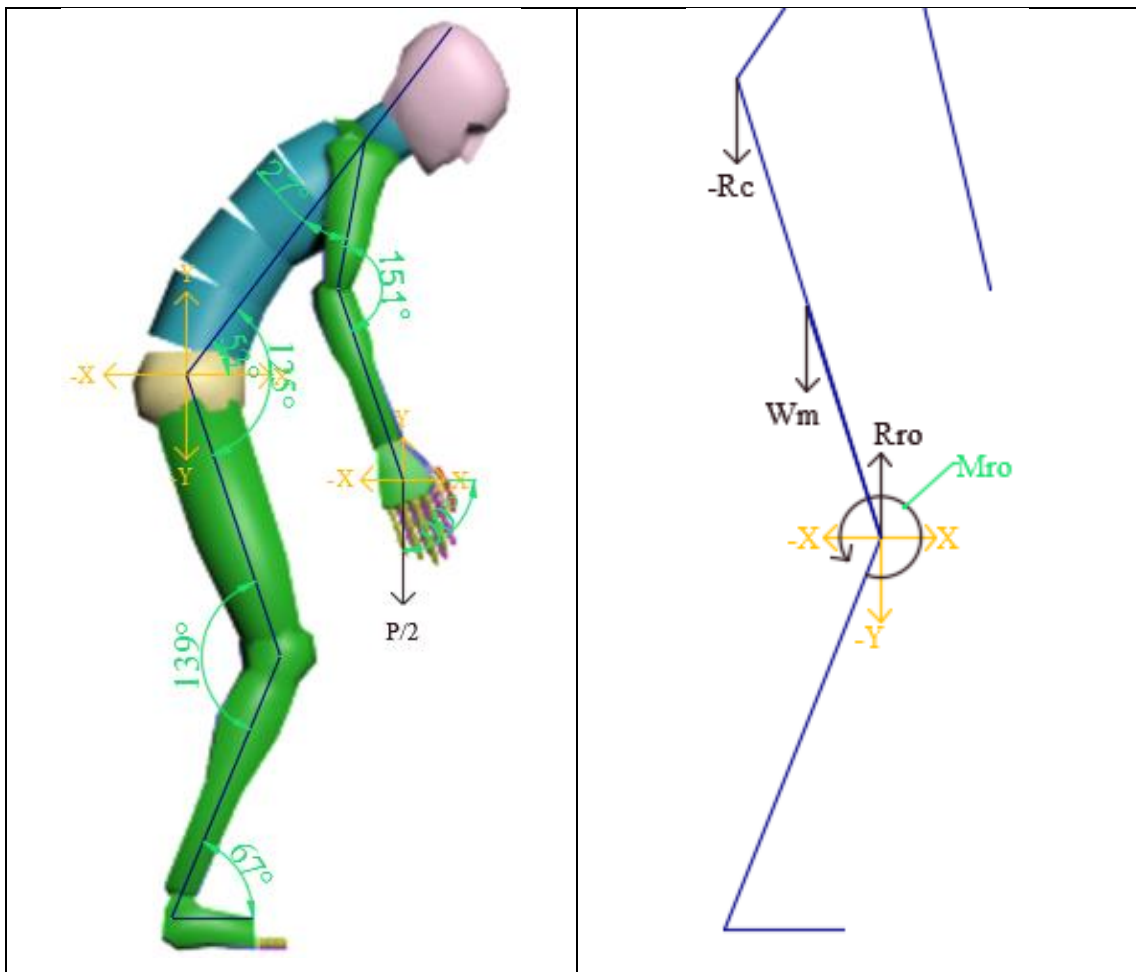


Fig. 39. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 40. Diagrama de cuerpo libre del muslo.

Para el cálculo de la reacción originada en la rodilla se emplea la ecuación 33 de la sumatoria de fuerzas en el eje vertical.

$$\sum f_y = R_{ro} - W_m - R_{ca} = 0 \quad (33)$$

Datos:

$$W_m = (5,337 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_m = 52,356 \text{ N}$$

$$R_{ca} = 259,965 \text{ N}$$

Solución:

$$\sum f_x = 0$$

$$\sum f_y = R_{ro} - W_m - R_{ca} = 0$$

$$R_{ro} = W_m + R_{ca}$$

$$R_{ro} = [52,356 + 259,965] \text{ N}$$

$$R_{ro} = 312,321 \text{ N}$$

Reacción en el tobillo (Rto)

Se realiza el diagrama de cuerpo libre del segmento pantorrilla para determinar la reacción producida en dicha articulación como se muestran en las Fig. 41 y Fig. 42.

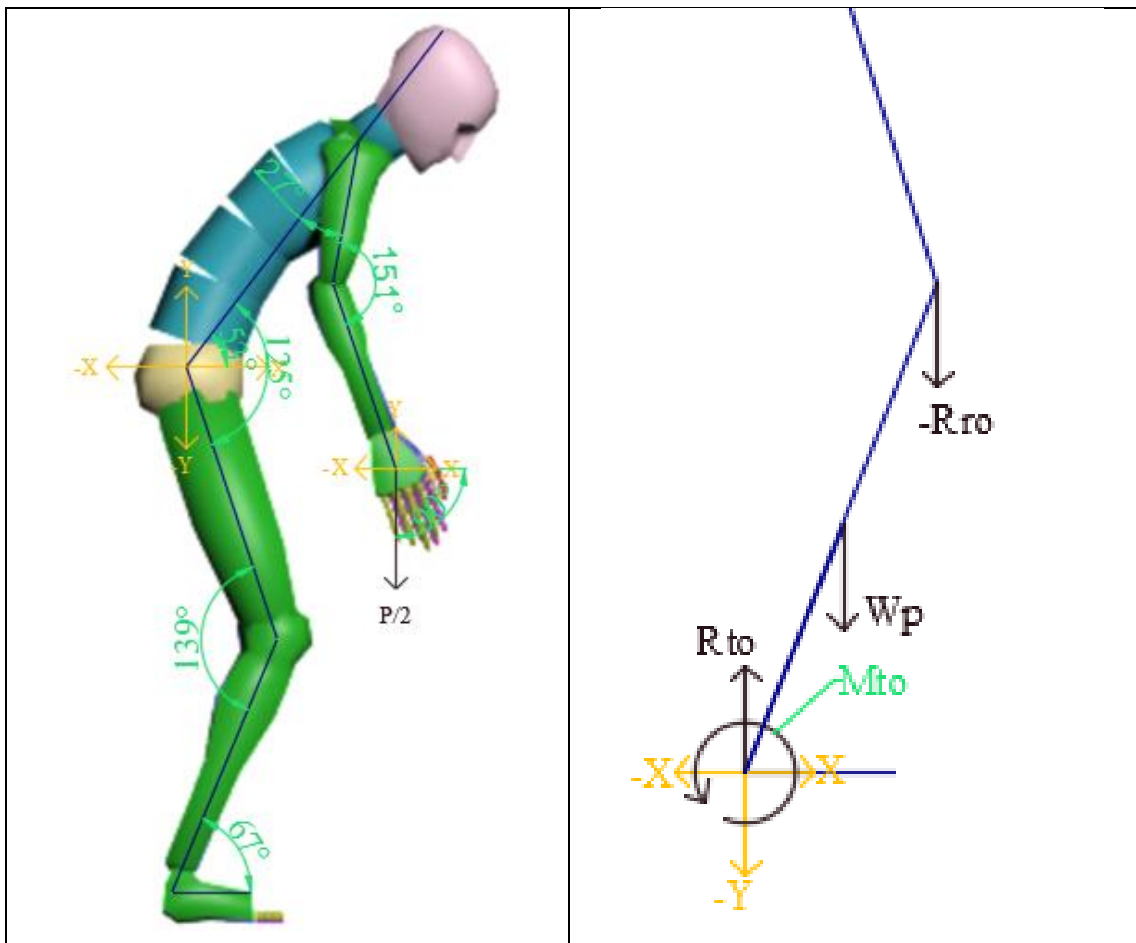


Fig. 41. Diagrama de cuerpo libre total.

Fig. 42. Diagrama de cuerpo libre del tobillo.

La reacción en el tobillo se determina a partir de la sumatoria de fuerzas en el eje vertical, como en 34.

$$\sum fy = R_{to} - W_p - R_{ro} = 0 \quad (34)$$

Datos:

$$W_p = (2,295 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$W_p = 22,514 \text{ N}$$

$$R_{ro} = 312,321 \text{ N}$$

Solución:

$$\sum fx = 0$$

$$\sum fy = R_{to} - W_p - R_{ro} = 0$$

$$R_{to} = W_p + R_{ro}$$

$$R_{to} = [22,514 + 312,321] \text{ N}$$

$$R_{to} = 334,835 \text{ N}$$

El cálculo de reacciones en cada articulación se lo realiza para las tres posturas presentadas en la presente investigación con las características mencionadas anteriormente en la selección del modelo de trabajador para la evaluación tanto para el personal masculino como para el femenino, aclarando que las reacciones serán las mismas en los tres casos masculinos y en los 3 casos femeninos ya que las características de masa y longitudes no van a variar como se presentan en las tablas de resultados ubicadas en el ANEXO 6.

4.11.3 Cálculo de momentos involucrados en cada articulación con respecto al peso exterior levantado y al peso de cada segmento corporal

Con los valores de las reacciones, pesos de los segmentos corporales y pesos exteriores levantados se calculan los momentos originados en cada articulación por efecto de los mismos, como en 35, de donde el resultado de sumar los momentos es el total soportado por la articulación, como en 36.

$$M_j = P * d \quad (35)$$

Donde:

M_j : Momento accionante en la articulación j .

P : Peso accionante en la articulación

d : Distancia entre el punto de aplicación de la fuerza y el punto de apoyo

$$M_T = M_{jf} + M_{jsc} \quad (36)$$

Donde:

M_{jf} : Momento originado por acción de la fuerza exterior

M_{jsc} : Momento originado por acción del segmento corporal

M_T : Momento total soportado por la articulación j .

Articulación del codo (M_{cT})

Se realiza la sumatoria de momentos originados por el peso exterior, de la mano y del antebrazo.

Desarrollo:

- a) El momento M_{cf} generado por el peso externo se muestran en la Fig. 43.

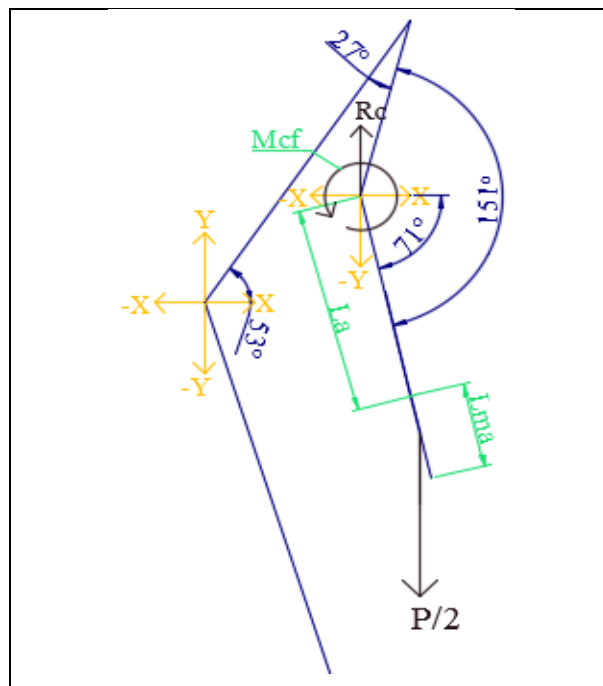


Fig. 43. Diagrama de cuerpo libre de M_{cf} del codo.

Datos:

$$(P/2) = 75,929 \text{ N}$$

$$La = 24,914 \text{ cm} = 0,249 \text{ m}$$

$$Lma = 18,356 \text{ cm} = 0,184 \text{ m}$$

$$\alpha e = 151^\circ$$

$$\alpha s = 27^\circ$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

Determinar el valor de β

$$\beta = \alpha e - 90 - [\alpha s - (90 - \alpha t)]$$

$$\beta = 151 - 90 - [27 - (90 - 53)]$$

$$\beta = 151 - 90 - [27 - 37]$$

$$\beta = 151 - 90 + 10$$

$$\beta = 71^\circ$$

Para el cálculo de los momentos originados por el peso exterior en el codo se presenta la ecuación 37.

$$\sum M_{cf} = (P/2) * [La + (Lma/2)] * \cos(\beta) = 0 \quad (37)$$

$$\sum M_{cf} = (75,929) * [0,249 + (0,184/2)] * \cos(71)$$

$$\sum M_{cf} = 75,929 * 0,341 * \cos(71)$$

$$\sum M_{cf} = 8,430 \text{ N.m}$$

- b) El momento M_{csc} generado por el peso de los segmentos corporales involucrados se muestra en la Fig. 44.

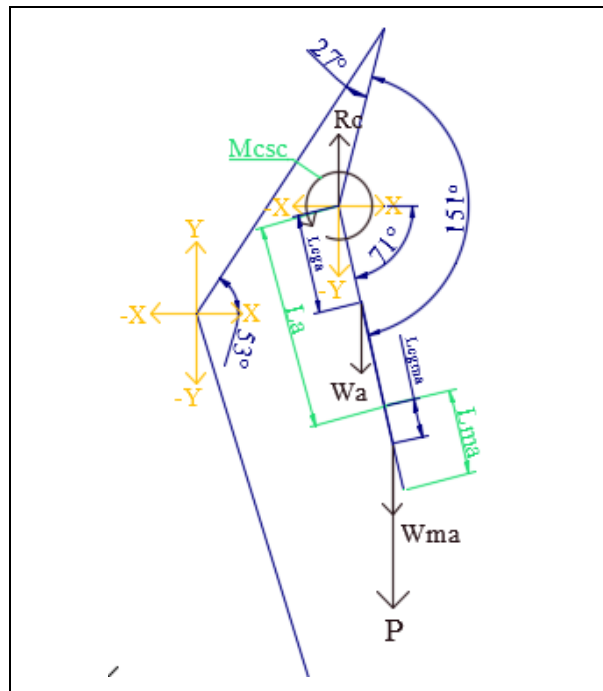


Fig. 44. Diagrama de cuerpo libre de M_{csc} del codo.

Datos:

$$L_{CGa} = 9,912 \text{ cm} = 0,099 \text{ m}$$

$$La = 24,914 \text{ cm} = 0,249 \text{ m} \quad \alpha e = 151^\circ$$

$$L_{CGma} = 15,046 \text{ cm} = 0,150 \text{ m} \quad \alpha s = 27^\circ$$

$$W_a = 8,898 \text{ N} \quad \alpha t = 53^\circ$$

$$W_{ma} = 3,140 \text{ N} \quad \beta = 71^\circ$$

Para el cálculo del momento accionante por acción de las masas corporales se realiza con la ecuación 38.

$$\Sigma M_{csc} = [(L_{CGa} * W_a) * \cos(\beta)] + [(La + L_{CGma}) * W_{ma}] * \cos(\beta) \quad (38)$$

$$\Sigma M_{csc} = [0,099 * 8,898 * \cos(71)] + [(0,249 + 0,150) * 3,140] * \cos(71)$$

$$\Sigma M_{csc} = 0,287 + [0,399 * 3,140 * \cos(71)]$$

$$\Sigma M_{csc} = 0,234 + 0,408$$

$$\Sigma M_{csc} = 0,642 \text{ N.m}$$

- c) Determinar el momento máximo soportado por la articulación aplicando la fórmula mostrada en la ecuación 36.

Datos:**Solución:**

$$M_{cf} = 8,430 \text{ N.m}$$

$$M_{CT} = (8,430 + 0,642) \text{ N.m}$$

$$M_{csc} = 0,642 \text{ N.m}$$

$$M_{CT} = 9,072 \text{ N.m}$$

Articulación del Hombro

Se toma en cuenta el peso exterior, la mano, el antebrazo y el brazo para el cálculo de los momentos.

Desarrollo:

Datos:

$$M_{cf} = 8,430 \text{ N.m}$$

$$(P/2) = 75,929 \text{ N}$$

$$L_b = 31,613 \text{ cm} = 0,316 \text{ m}$$

$$\alpha_s = 127^\circ$$

$$\alpha_t = 53^\circ$$

Determinar el valor del ángulo γ , como en (39)

$$\gamma' = \alpha - (90 - \alpha t) \quad (39)$$

$$\gamma' = 27 - (90 - 53)$$

$$\gamma' = 27 - 37$$

$$\gamma' = -10$$

$$\gamma = 90 - \gamma'$$

$$\gamma = -(90 - 10)$$

$$\gamma = -80^\circ$$

- a) En la Fig. 45 se muestra el momento M_{Hf} generado por el peso externo y se calcula mediante la ecuación 40.

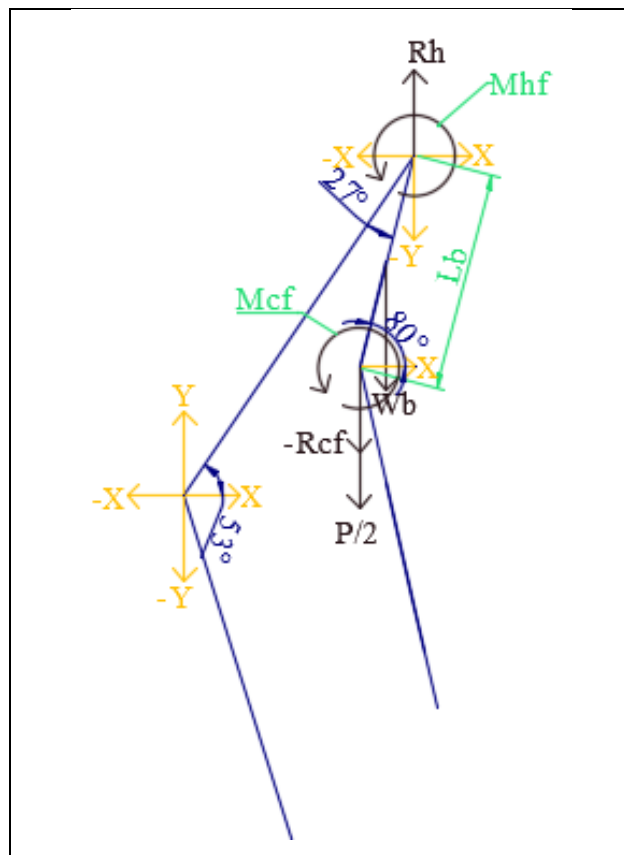


Fig. 45. Diagrama de cuerpo libre de M_{Hf} del hombro.

Solución:

$$\sum M_{Hf} = M_{cf} + [(P/2) * Lb * \cos(-\gamma)] = 0 \quad (40)$$

$$\sum M_{Hf} = 8,430 - [75,929 * 0.317 * \cos(80)]$$

$$\sum M_{Hf} = 8,430 - 4,180$$

$$\sum M_{Hf} = 4,250 \text{ N.m}$$

- b) El momento M_{Hsc} generado por el peso de los segmentos corporales involucrados se muestra en la Fig. 46, y se calcula con las ecuaciones 41 y 42 para el cálculo de reacciones con respecto a los segmentos corporales y momento originado en la articulación.

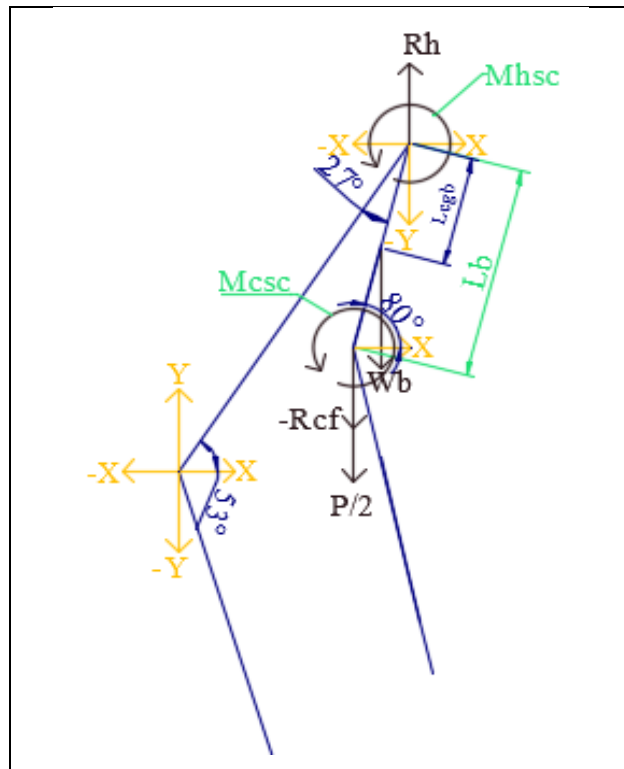


Fig. 46. Diagrama de cuerpo libre de M_{Hsc} del hombro.

Datos:

$$L_{CGb} = 16,212 \text{ cm} = 0,162 \text{ m}$$

$$W_a = 8,898 \text{ N}$$

$$L_b = 31,613 \text{ cm} = 0,316 \text{ m}$$

$$W_b = 14,656 \text{ N}$$

$$W_{ma} = 3,139 \text{ N}$$

$$\gamma = -80^\circ$$

$$M_{csc} = 0,642 \text{ N.m}$$

Solución:

La reacción de los segmentos mano y antebrazo generado en el codo R_{csc} se calcula aplicando la ecuación 41.

$$R_{csc} = W_a + W_{ma} \quad (41)$$

$$R_{csc} = (8,898 + 14,656)N$$

$$R_{csc} = 23,554N$$

Los Momentos se calculan con la ecuación 42.

$$\sum M_{Hsc} = M_{csc} + ([R_{csc} * L_b * \cos(\gamma)] + [W_b * L_{CGb} * \cos(\gamma)]) \quad (42)$$

$$\sum M_{Hsc} = 0,642 + [23,554 * 0,316 * \cos(-80)] + [14,656 * 0,162 * \cos(-80)]$$

$$\sum M_{Hsc} = 0,642 - [23,554 * 0,316 * \cos(80)] - [14,656 * 0,162 * \cos(80)]$$

$$\sum M_{Hsc} = 0,642 - 1,292 - 0,412$$

$$\sum M_{Hsc} = -1,062 N.m$$

c) Momento máximo soportado por la articulación aplicando la ecuación 36.

Datos:

$$M_{Hf} = 4,250 N.m$$

$$M_{Hsc} = -1,062 N.m$$

Solución:

$$M_{HT} = M_{Hf} + M_{Hsc}$$

$$M_{HT} = (-1,062 - 4,250)N.m$$

$$M_{HT} = 3,204 N.m$$

Articulación de L5/S1

Se realiza la sumatoria de momentos originados por el peso exterior, la mano, el antebrazo, el brazo; la cabeza, el cuello, el tórax y abdomen con sus respectivas distancias y porcentajes de distancias para los centros de gravedad de cada segmento corporal.

Desarrollo:

- a) En la Fig. 47 se muestra el momento $M_{L5/S1f}$ generado por el peso externo y se calcula con la aplicación de la ecuación 43.

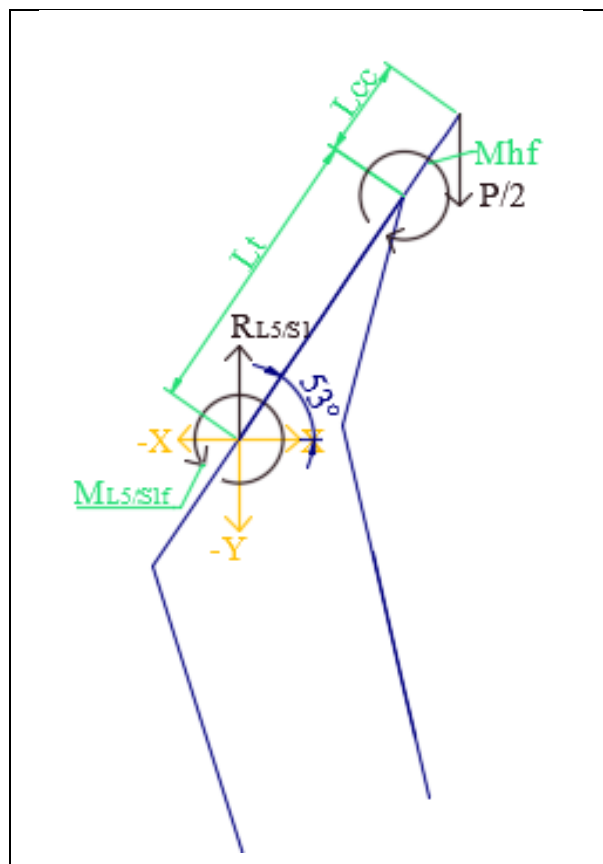


Fig. 47. Diagrama de cuerpo libre de cuerpo $M_{L5/S1f}$.

Datos:

$$M_{Hf} = 4,250 \text{ N.m}$$

$$(P/2) = 75,929 \text{ N}$$

$$Lt = 48,958 \text{ cm} = 0,490 \text{ m}$$

$$Lcc = 31,918 \text{ cm} = 0,319 \text{ m}$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

Desarrollo.

$$\sum M_{L5/S1f} = (M_{Hf} * 2) + [(P/2) * (Lt + Lc) * \cos(\alpha)] = 0 \quad (43)$$

$$\sum M_{L5/S1f} = (4,250 * 2) + [75,929 * (0,490 + 0,319) * \cos(53)]$$

$$\sum M_{L5/S1f} = 8,500 + [75,292 * 0,809 * \cos(53)]$$

$$\sum M_{L5/S1f} = 8,500 + 36,657$$

$$\sum M_{L5/S1f} = 45,157 \text{ N.m}$$

Nota: Dado que el M_{Hf} se origina en cada hombro, el valor dado o calculado se debe multiplicar por dos para el cálculo de $M_{L5/S1f}$.

- b) El momento $M_{L5/S1sc}$ generado por el peso de los segmentos corporales involucrados se muestra en la Fig. 48.

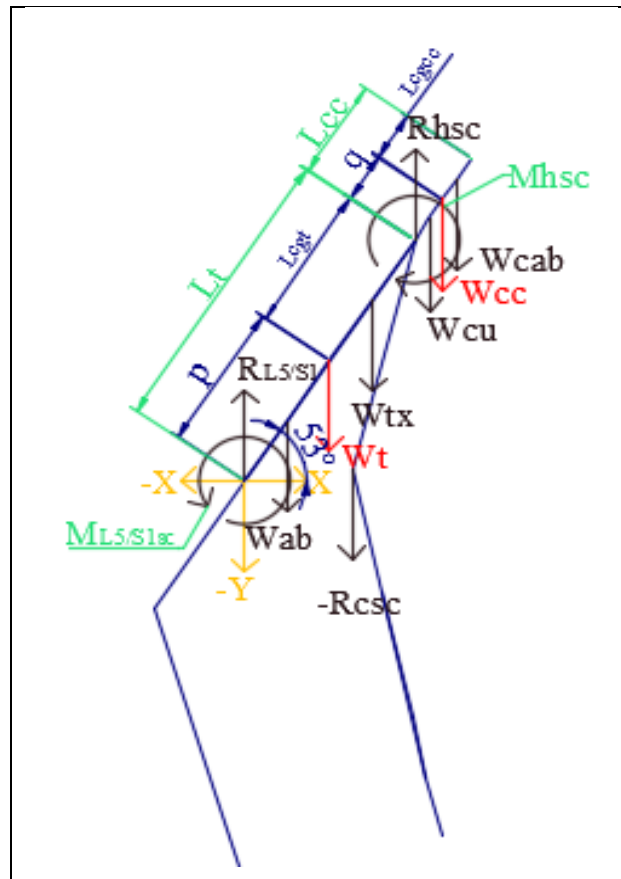


Fig. 48. Diagrama de cuerpo libre de $M_{L5/S1sc}$.

Datos:

$$L_{CGt} = 18,609 \text{ cm} = 0,186 \text{ m}$$

$$W_{tx} = 114,659 \text{ N}$$

$$L_t = 48,948 \text{ cm} = 0,489 \text{ m}$$

$$W_{ab} = 76,959 \text{ N}$$

$$L_{CGcc} = 14,805 \text{ cm} = 0,148 \text{ m}$$

$$W_b = 14,656 \text{ N}$$

$$L_{cc} = 31,918 \text{ cm} = 0,319 \text{ m}$$

$$R_{csc} = 23,554 \text{ N}$$

$$W_{cu} = 11,517 \text{ N}$$

$$\alpha_t = 53^\circ$$

$$W_{ca} = 32,461 \text{ N}$$

$$M_{Hsc} = -1,062 \text{ N.m}$$

Solución:

Reacción originada por los segmentos mano, antebrazo y brazo en la articulación del hombro aplicando la ecuación 44.

$$R_{Hsc} = W_b + R_{csc} \quad (44)$$

$$R_{Hsc} = (14,656 + 23,554) \text{ N}$$

$$R_{Hsc} = 38,210 \text{ N}$$

Determinar el segmento (p) del tronco aplicando la ecuación 45.

Determinar el segmento (q) de la cabeza con la ecuación 46.

$$p = L_t - L_{CGt} \quad (45)$$

$$q = L_{cc} - L_{CGcc} \quad (46)$$

$$p = (0,489 - 0,186) \text{ m}$$

$$q = (0,319 - 0,148) \text{ m}$$

$$p = 0,312 \text{ m}$$

$$q = 0,171 \text{ m}$$

Determinar el peso del tronco W_t aplicando la ecuación 47.

Determinar el peso de cuello y cabeza W_{cc} con la ecuación 48.

$$W_t = W_{tx} + W_{ab} \quad (47)$$

$$W_{cc} = W_{cu} + W_{ca} \quad (48)$$

$$W_t = (114,659 + 76,959) \text{ N}$$

$$W_{cc} = (11,517 + 32,461) \text{ N}$$

$$W_t = 191,618 \text{ N}$$

$$W_{cc} = 43,978 \text{ N}$$

Los momentos se calculan aplicando la ecuación 49.

$$\sum M_{L5/S1sc} = 2M_{Hsc} + ([W_t * p * \cos(\alpha t)] + [R_{Hsc} * Lt * \cos(\alpha t)] + [W_{cc} * (Lt + q) * \cos(\alpha t)]) \quad (49)$$

$$\sum M_{L5/S1sc} = (2 * [-1,062] + [191,618 * 0,312 * \cos(53)] + [38,210 * 0,489 * \cos(53)] + [43,978 * (0,489 + 0,171) * \cos(53)])$$

$$\sum M_{L5/S1sc} = -2,124 + 35,979 + 11,245 + [43,978 * 0,660 * \cos(56)]$$

$$\sum M_{L5/S1sc} = 45,100 + 17,468$$

$$\sum M_{L5/S1sc} = 62,568 \text{ N.m}$$

- c) Determinar el momento máximo soportado por la articulación por la acción de los pesos de los segmentos y peso externo $M_{L5/S1T}$ aplicando la ecuación 36.

Datos:

$$M_{L5/S1f} = 45,157 \text{ N.m}$$

$$M_{L5/S1sc} = 62,568 \text{ N.m}$$

Solución:

$$M_{L5/S1T} = M_{L5/S1f} + M_{L5/S1sc}$$

$$M_{L5/S1T} = (45,157 + 62,568) \text{ N.m}$$

$$M_{L5/S1T} = 107,725 \text{ N.m}$$

Articulación de la cadera

Se realiza la sumatoria de momentos originados por el peso exterior, la mano, el antebrazo, el brazo; la cabeza, el cuello, el tórax, el abdomen y la pelvis con sus respectivas distancias y porcentajes de distancias para los centros de gravedad de cada segmento corporal.

Desarrollo:

- a) El momento generado en la cadera M_{caf} por el levantamiento de la carga externa se muestra en la Fig. 49 y se lo calcula mediante la ecuación 50.

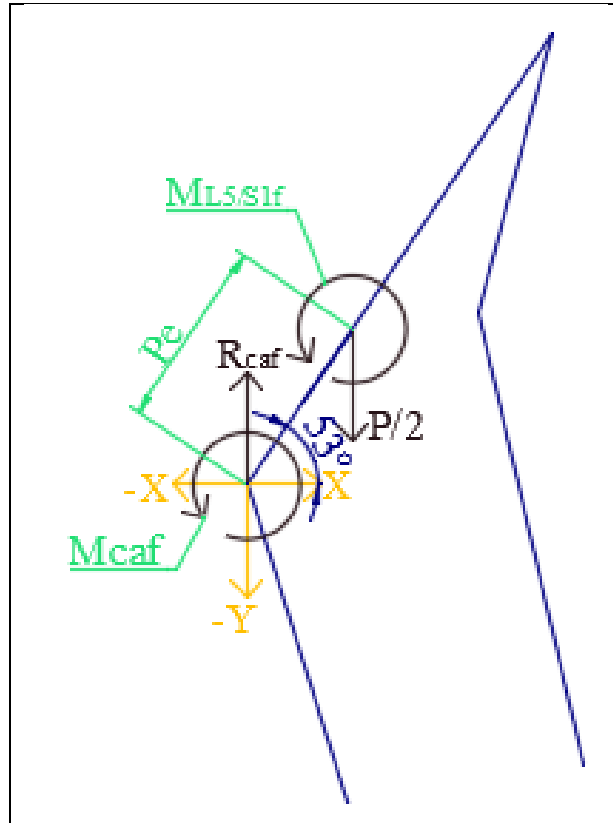


Fig. 49. Diagrama de cuerpo libre de M_{caf} .

Datos:

$$M_{L5/S1f} = 45,157 \text{ N.m}$$

$$(P/2) = 75,292 \text{ N}$$

$$L_{pe} = 7,648 \text{ cm} = 0,076 \text{ m}$$

$$\alpha = 53^\circ$$

Solución:

$$\sum M_{caf} = (M_{L5/S1f} + [(P/2) * L_{pe} * \cos(\alpha)]) / 2 = 0 \quad (50)$$

$$\sum M_{caf} = (45,157 + [75,929 * 0,076 * \cos(53)]) / 2$$

$$\Sigma M_{caf} = (45,157 + 3,473)/2$$

$$\Sigma M_{caf} = (48,630/2) N.m$$

$$\Sigma M_{caf} = 24,315 N.m$$

Nota: Dado que el M_{caf} se origina en articulación que une la pelvis con cada pierna, el valor calculado se debe dividir por dos para el cálculo de momento generado en la rodilla M_{ro} .

- b) El momento M_{casc} generado por la acción de los segmentos corporales involucrados se muestra en la Fig. 50.

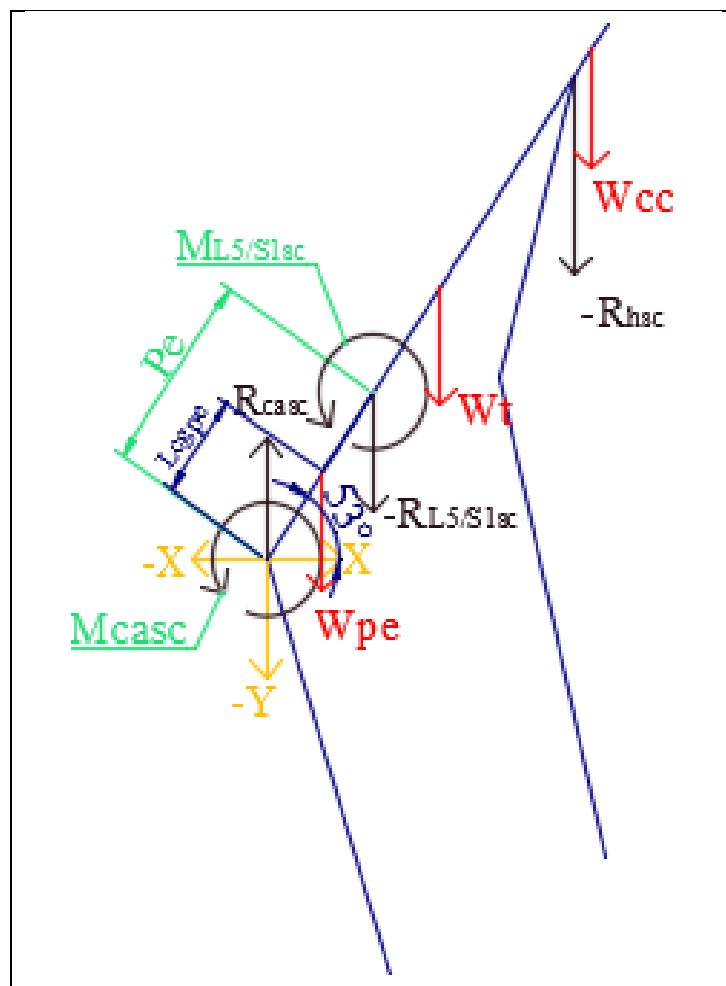


Fig. 50. Diagrama de cuerpo libre de M_{casc} .

Datos:

$$L_{CGpe} = 3,824 \text{ cm} = 0,038 \text{ m} \quad W_{pe} = 70,161 \text{ N}$$

$$L_{pe} = 7,648 \text{ cm} = 0,076 \text{ m} \quad W_{cc} = 43,978 \text{ N}$$

$$M_{L5/S1sc} = 62,568 \text{ N} \quad W_t = 191,618 \text{ N}$$

$$R_{Hsc} = 38,210 \text{ N} \quad \alpha t = 53^\circ$$

Solución:

Para calcular el momento en la cadera generado por la acción de las masas corporales primero se debe encontrar la reacción originada por los segmentos mano, antebrazo, brazo, cabeza, cuello, tórax y abdomen en la articulación L5/S1, como en 51.

$$R_{L5/S1sc} = R_{Hsc} + W_{cc} + W_t \quad (51)$$

$$R_{L5/S1sc} = (38,210 + 43,978 + 191,618) \text{ N}$$

$$R_{L5/S1sc} = 273,806 \text{ N}$$

El momento originado en la cadera por los pesos de los segmentos corporales se calcula aplicando la ecuación 52.

$$\sum M_{casc} = \left(M_{\frac{L5}{S1sc}} + [W_{pe} * L_{CGpe} * \cos(\alpha t)] + [R_{L5/S1sc} * L_{pe} * \cos(\alpha t)] \right) / 2 \quad (52)$$

$$\sum M_{casc} = (62,568 + [70,161 * 0,038 * \cos(53)] + [273,806 * 0,076 * \cos(53)]) / 2$$

$$\sum M_{casc} = (62,568 + 1,605 + 12,523)$$

$$\sum M_{casc} = (76,696 / 2) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{casc} = 38,348 \text{ N.m}$$

- c) Determinar el momento máximo soportado por la articulación por la acción de los pesos de los segmentos y peso externo M_{caT} aplicando la ecuación 36.

Datos:

$$M_{caf} = 24,315 \text{ N.m}$$

$$M_{casc} = 38,348 \text{ N.m}$$

Solución:

$$M_{caT} = M_{caf} + M_{casc}$$

$$M_{caT} = (24,315 + 38,348) \text{ N.m}$$

$$M_{caT} = 62,663 \text{ N.m}$$

Articulación de la rodilla

Se realiza la sumatoria de momentos originados por el peso exterior, la mano, el antebrazo, el brazo; la cabeza, el cuello, el tórax, el abdomen, la pelvis y el muslo con sus respectivas distancias y porcentajes de distancias para los centros de gravedad de cada segmento corporal.

Desarrollo:

- a) El momento M_{rof} generado por el peso externo se muestra en la Fig. 51.

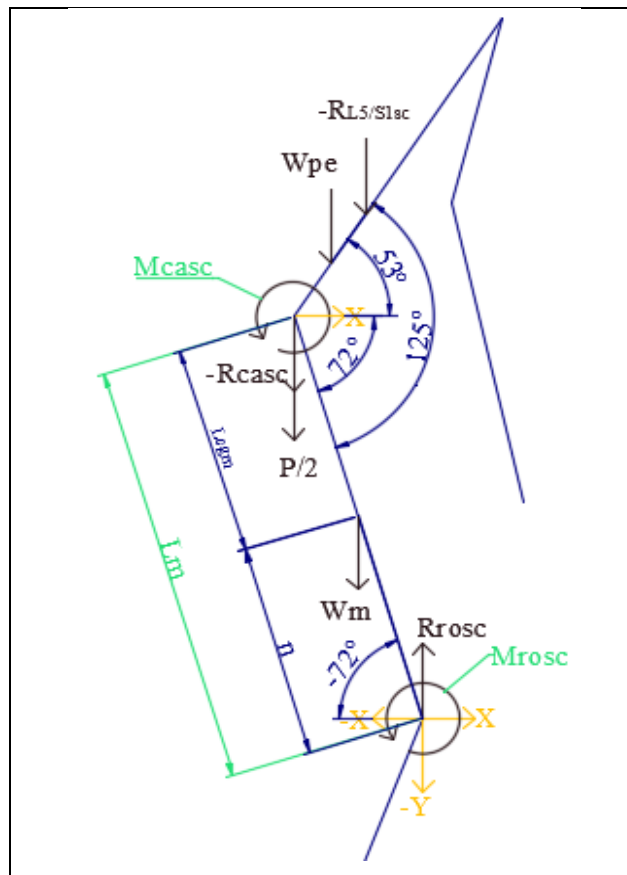


Fig. 51. Diagrama de cuerpo libre de M_{rof} .

Datos:

$$M_{caf} = 24,315 \text{ N.m}$$

$$(P/2) = 75,929 \text{ N}$$

$$Lm = 12,637 \text{ cm} = 0,126 \text{ m}$$

$$\alpha t = 53^\circ$$

$$\alpha h = 125^\circ$$

Determinar el ángulo λ aplicando la ecuación 53.

$$\lambda = \alpha h - \alpha t \quad (53)$$

$$\lambda = 125 - 53$$

$$\lambda = 72^\circ$$

Nota: El valor de λ se lo toma con el signo negativo ya que según el eje de referencia se analiza en el segundo cuadrante.

El momento flector en la rodilla se calcula aplicando la ecuación 54.

$$\sum M_{rof} = (M_{caf} + [(P/2) * Lm * \cos(-\lambda)])/2 = 0 \quad (54)$$

$$\sum M_{rof} = (24,315 + [75,929 * 0,126 * \cos(-72)]) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{rof} = (24,315 - [75,929 * 0,126 * \cos(72)]) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{rof} = (24,315 - 2,956) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{rof} = 21,359 \text{ N.m}$$

- b) El momento M_{rosc} generado por el peso de los segmentos corporales involucrados se presentan en la Fig. 52.

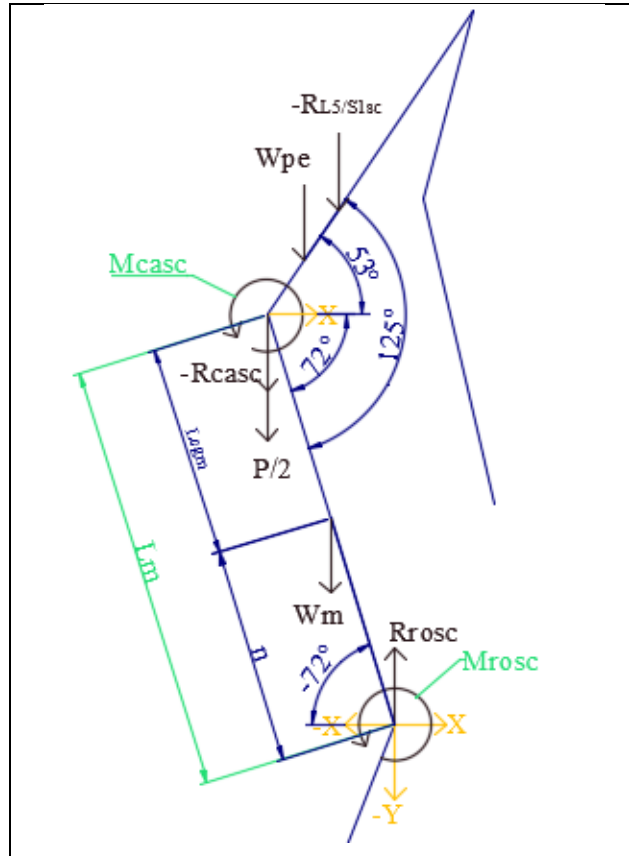


Fig. 52. Diagrama de cuerpo libre de M_{rosc} .

Datos:

$$L_{CGm} = 12,637 \text{ cm} = 0,126 \text{ m}$$

$$W_m = 52,356 \text{ N}$$

$$Lm = 33,992 \text{ cm} = 0,340 \text{ m}$$

$$W_{pe} = 70,161 \text{ N}$$

$$M_{casc} = 38,348 \text{ N}$$

$$\lambda = 72^\circ$$

$$R_{L5/S1sc} = 273,806 \text{ N}$$

Solución:

La reacción originada por los segmentos mano, antebrazo, brazo, cabeza, cuello, tórax, abdomen y pelvis en la articulación de la cadera se calcula con la ecuación 55.

$$R_{casc} = [R_{L5/S1sc} + W_{pe}]/2 \tag{55}$$

$$R_{casc} = [(273,806 + 70,161)/2] \text{ N}$$

$$R_{casc} = (343,967)/2 N$$

$$R_{casc} = 171,984 N$$

Determinar segmento n del muslo aplicando la ecuación 56.

$$n = Lm - L_{CG}m \quad (56)$$

$$n = (0,340 - 0,126) m$$

$$n = 0,214 m$$

La ecuación 57 determina el momento en la rodilla por acción de los segmentos corporales.

$$\sum M_{rosc} = -(M_{casc}/2) - [W_m * n * \cos(-\lambda)] + [R_{casc} * Lm * \cos(-\lambda)] \quad (57)$$

$$\sum M_{rosc} = -(38,348/2) - [52,356 * 0,214 * \cos(-72)] + [171,984 * 0,340 * \cos(-72)]$$

$$\sum M_{rosc} = -19,174 + [52,356 * 0,214 * \cos(72)] + [171,984 * 0,340 * \cos(72)]$$

$$\sum M_{rosc} = (-19,174 + 3,462 + 18,070) N.m$$

$$\sum M_{rosc} = (-19,174 + 21,532) N.m$$

$$\sum M_{rosc} = 2,358 N.m$$

- c) Determinar el momento máximo soportado por la articulación por la acción de los pesos de los segmentos y peso externo M_{roT} aplicando la ecuación 36.

Datos:

Solución:

$$M_{rof} = 21,359 N.m$$

$$M_{roT} = M_{rof} + M_{rosc}$$

$$M_{rosc} = 2,358 N.m$$

$$M_{roT} = (21,359 + 2,358) N.m$$

$$M_{roT} = 23,717 N.m$$

Articulación del tobillo

Se realiza la sumatoria de momentos originados por el peso exterior, la mano, el antebrazo, el brazo; la cabeza, el cuello, el tórax, el abdomen, la pelvis, el muslo y la pantorrilla con sus respectivas distancias y porcentajes de distancias para los centros de gravedad de cada segmento corporal.

Desarrollo:

- a) El momento M_{tof} generado por el peso externo en el tobillo se muestra en la Fig. 53 y se calcula aplicando la ecuación 58.

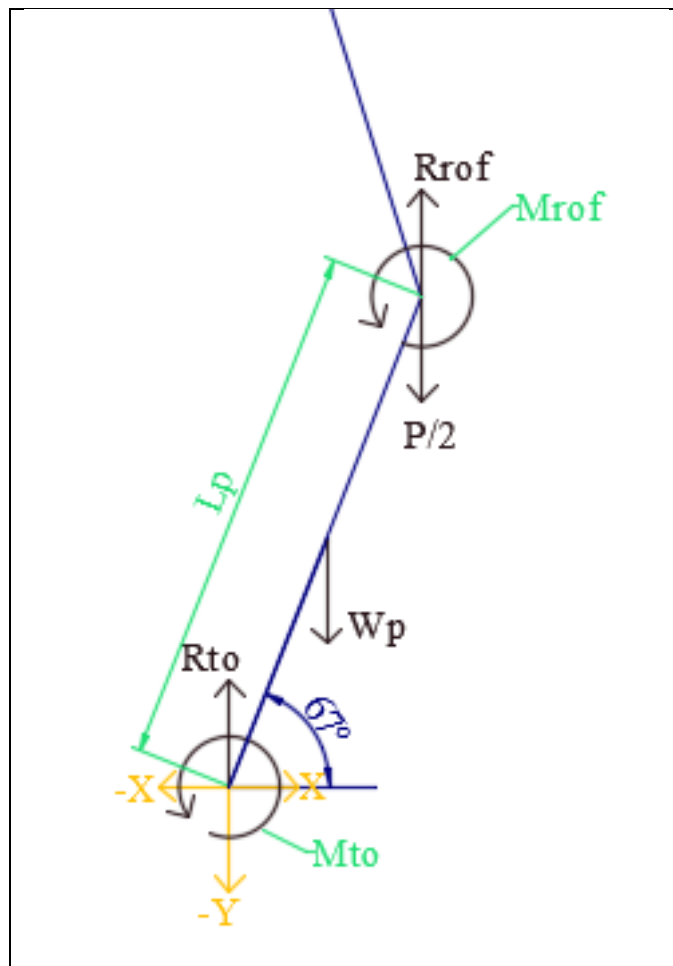


Fig. 53. Diagrama de cuerpo libre de M_{tof} .

Datos:

$$M_{rof} = 21,359 \text{ N.m}$$

$$(P/2) = 75,929 \text{ N}$$

$$Lp = 48,439 \text{ cm} = 0,484 \text{ m}$$

$$\alpha = 67^\circ$$

Solución:

$$\sum M_{tof} = M_{rof} + [(P/2) * Lp * \cos(\alpha)] = 0 \quad (58)$$

$$\sum M_{tof} = (21,359 + [75,929 * 0,484 * \cos(67)]) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{tof} = (21,359 + 14,359) \text{ N.m}$$

$$\sum M_{tof} = 35,718 \text{ N.m}$$

- b) El momento M_{tosc} generado por el peso de los segmentos corporales involucrados se muestran en la Fig. 54.

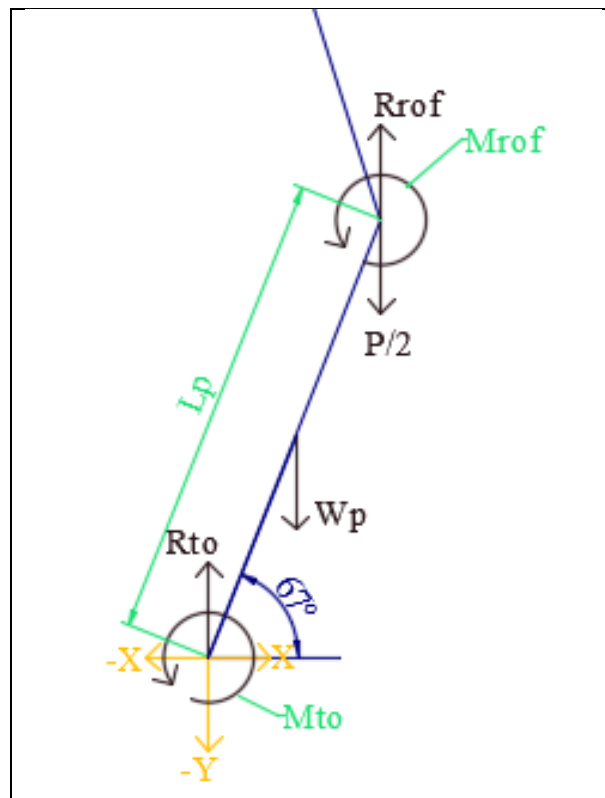


Fig. 54. Diagrama de cuerpo libre de M_{tosc} .

Datos:

$$L_{CGp} = 17,940 \text{ cm} = 0,179 \text{ m} \quad W_m = 52,356 \text{ N}$$

$$Lp = 48,439 \text{ cm} = 0,484 \text{ m} \quad W_p = 22,514 \text{ N}$$

$$M_{rosc} = 2,358 \text{ N} \quad \alpha a = 67^\circ$$

$$R_{casc} = 171,984 \text{ N}$$

Solución:

La reacción originada por los segmentos mano, antebrazo, brazo, cabeza, cuello, tórax, abdomen y pelvis en la articulación de la cadera se determina con la ecuación 59.

$$R_{rosc} = R_{casc} + W_m \quad (59)$$

$$R_{rosc} = [171,984 + 52,356] \text{ N}$$

$$R_{rosc} = 224,340 \text{ N}$$

Determinar segmento (m) del muslo aplicando la ecuación 60.

$$m = Lp - L_{CGp} \quad (60)$$

$$m = (0,484 - 0,179) \text{ m}$$

$$m = 0,305 \text{ m}$$

El momento originado en el tobillo por la acción de los segmentos corporales se determinan con la ecuación 61.

$$\Sigma M_{tosc} = M_{rosc} + [W_p * m * \cos(\alpha a)] + [R_{rosc} * Lp * \cos(\alpha a)] \quad (61)$$

$$\Sigma M_{tosc} = 2,358 + [22,514 * 0,305 * \cos(67)] + [224,340 * 0,484 * \cos(67)]$$

$$\Sigma M_{tosc} = (2,358 + 2,683 + 42.426) \text{ N.m}$$

$$\Sigma M_{tosc} = 47,467 \text{ N.m}$$

- c) Determinar el momento máximo soportado por la articulación por la acción de los pesos de los segmentos y peso externo M_{toT} aplicando la fórmula mostrada en la ecuación 36.

Datos:

$$M_{tof} = 35,718 \text{ N.m}$$

$$M_{tosc} = 47,467 \text{ N.m}$$

Solución:

$$M_{toT} = M_{tof} + M_{tosc}$$

$$M_{toT} = (35,718 + 47,467) \text{ N.m}$$

$$M_{toT} = 83,185 \text{ N.m}$$

El procedimiento 4.10.3 se lo realiza para las tres posturas establecidas en la Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 con los valores de masas externas y alturas correspondientes al percentil 95 y las masas externas pertenecientes al percentil número 5 para presentar los resultados en el ANEXO 7.

4.11.4 Cálculo de momentos máximos admisibles por articulación

Una vez determinada la desviación típica se realiza el cálculo del momento máximo admisible considerando el porcentaje de población a proteger empleando la ecuación 2 del capítulo II para proteger al 90 % de la población, para lo cual se debe estandarizar la variable utilizando la ecuación mencionada y los valores de (Z) que representan el área bajo la curva normal de la tabla ubicada en el ANEXO 10.

Para este fin se deben cumplir las condiciones dadas por la ecuación 1 en el capítulo II empleada por Chaffin (1999) para determinar si el momento máximo de flexión o extensión por acción del peso externo y el peso de los segmentos corporales son perjudiciales para la articulación que se evalúa, para ello se debe calcular los momentos máximos admisibles de cada articulación en función de los ángulos adoptados en cada postura.

El cálculo de los momentos máximos admisibles de flexión y extensión en las articulaciones se realiza empleando un método complementario presentado por Chaffin (1999) el cual se presenta a continuación.

Flexión del codo (S_{cf})

En el esfuerzo de flexión del codo se lo toma como articulación primaria al codo y como adyacente al hombro, de donde se parte para la aplicación de la ecuación 62 [31].

$$S_c = [336,29 + 1,544\alpha e - 0,0085\alpha e^2 - 0,5\alpha s][G] \quad (62)$$

Donde:

αe y αs = Ángulos formados por las articulaciones

G = Es el coeficiente de ajuste por sexo

Los resultados obtenidos con la ecuación 62 tienen un valor de ajuste determinado en el estudio hecho por Chaffin y un coeficiente de variación que se muestra en la Tabla 20, los cuales permiten determinar el momento máximo admisible considerando el porcentaje de población a proteger.

Tabla 20. Valores de ajuste y coeficiente de variación presentados por Chaffin.

G (Ajuste por sexo)		Coeficiente de variación (CV)	
Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
0,1924	0,1011	0,2458	0,2629

Desarrollo:

Los valores necesarios para la aplicación de la ecuación se los toma de los procedimientos anteriores en la evaluación.

Datos:

$$\alpha e = 151^\circ$$

$$\alpha s = 27^\circ$$

$$G = 0,1924$$

Solución:

$$S_{cf} = [336,29 + 1,544\alpha e - 0,0085\alpha e^2 - 0,5\alpha s][G]$$

$$S_{cf} = [336,29 + (1,544 * 151) - (0,0085 * 151^2) - (0,5 * 27)][0,1924]$$

$$S_{cf} = [336,29 + 233,144 - 193,809 - 13,5][0,1924]$$

$$S_{cf} = [362,125][0,1924]$$

$$S_{cf} = 69,673 \text{ N.m}$$

Una vez determinado el momento de flexión máximo admisible por acción de la carga y segmentos corporales se realizan los cálculos de desviación típica empleando la ecuación 63 [31].

$$\sigma = S_c * CV \quad (63)$$

Datos:

Desviación típica:

$$S_{cf} = 69,673 \text{ N.m}$$

$$\sigma_{cf} = (69,673 * 0,2458) \text{ N.m}$$

$$CV = 0,2458$$

$$\sigma_{cf} = 17,126 \text{ N.m}$$

Con la desviación típica se realiza el cálculo del momento máximo admisible considerando el porcentaje de población a proteger empleando la ecuación 2 del capítulo II para proteger al 90 % de la población, el mismo procedimiento se lo realiza para determinar los momentos máximos admisibles de las posturas mostradas en las Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 tanto para el personal masculino como para el femenino como se presentan en las tablas de resultados mostrados en el ANEXO 8.

Datos:

Solución:

$$Z_{10} = -1,28$$

$$Z_{10} * \sigma = x - \mu$$

$$\mu = 69,673 \text{ N.m}$$

$$S_{cf90} = (Z_{10} * \sigma) + \mu$$

$$\sigma = 17,126 \text{ N.m}$$

$$S_{cf90} = [(-1,28 * 17,126) + 69,673] \text{ N.m}$$

$$Z_{10} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$S_{cf90} = 47,752 \text{ N.m}$$

Extensión del codo ($-S_{ce}$)

Los resultados obtenidos con la ecuación 64 tienen un valor de ajuste determinado en el estudio para realizar el cálculo del esfuerzo de extensión [31].

$$-S_c = [264,153 - 0,575\alpha_e - 0,425\alpha_s][G] \quad (64)$$

La ecuación 64 se rige por un valor de ajuste determinado en el estudio hecho por Chaffin y por un coeficiente de variación como se muestra en la Tabla 21, los cuales permiten determinar posteriormente el momento máximo admisible considerando el porcentaje de población a proteger.

Tabla 21. Valores de ajuste y coeficiente de variación presentados por Chaffin.

G (Ajuste por sexo)		Coeficiente de variación	
Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
0,2126	0,1153	0,2013	0,3227

Desarrollo:

Los valores necesarios para la aplicación de la ecuación se los toma de los procedimientos anteriores en la evaluación.

Datos:

$$\alpha_e = 151^\circ$$

$$\alpha_s = 27^\circ$$

$$G = 0,2126$$

Solución:

$$-S_{ce} = [264,153 - 0,575\alpha_e - 0,425\alpha_s][G]$$

$$-S_{ce} = ([264,153 - (0,575 * 151) - (0,425 * 27)][0,2126]) N.m$$

$$-S_{ce} = ([264,153 - 86,825 - 11,475][0,2126]) N.m$$

$$-S_{ce} = ([165,853][0,2126]) N.m$$

$$-S_{ce} = 35,260 N.m$$

$$S_{ce} = -35,260 N.m$$

Con el momento de extensión máximo admisible por acción de la carga y segmentos corporales se realizan los cálculos de desviación típica empleando la ecuación 63 [31].

Datos:

Desviación típica:

$$S_{ce} = -35,260 N.m$$

$$\sigma_{ce} = (35,260 * 0,2013) N.m$$

$$CV = 0,2013$$

$$\sigma_{ce} = 7,098 N.m$$

Datos:

Solución:

$$Z_{10} = -1,28$$

$$Z_{10} * \sigma = x - \mu$$

$$\mu = 35,260 N.m$$

$$-S_{ce90} = (Z_{10} * \sigma) + \mu$$

$$\sigma = 7,098 N.m$$

$$-S_{ce90} = [(-1,28 * 7,098) + 35,260] N.m$$

$$Z_{10} = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

$$S_{ce90} = -26,175 N.m$$

Las ecuaciones para el cálculo de los momentos máximos de flexión y extensión de las articulaciones son presentadas en la metodología aplicada por Chaffin y realizados por la universidad politécnica de Valencia en su página web www.ergonautas.com de donde se toman las pautas del procedimiento para la evaluación biomecánica estática coplanar de los trabajadores de la EPM – GIDSA y por políticas propias de la universidad mencionada no se presenta el cuadro completo de las fórmulas para el cálculo de dichos momentos en cada articulación, por tal motivo se toman los valores mencionados de las evaluaciones realizadas en el software de la entidad productora como se muestran en el ANEXO 8.

4.11.5 Determinar las cargas máximas soportadas por articulación y cargas máximas admisibles para el porcentaje de población a proteger

Después de calcular los momentos máximos de flexión y extensión para el porcentaje de población que se desea proteger cuando realiza un solo levantamiento, se determina las cargas máximas soportadas por la articulación a causa de la carga externa y la carga máxima admisible para dicho porcentaje, para lo cual se toman en cuenta los parámetros empleados por Chaffin (1999) en donde presenta los límites de cargas recomendados en función de la duración y repetitividad como se muestran en la Tabla 22 [31].

Tabla 22. Porcentaje de carga máxima aceptable en función de la repetitividad y la duración.

Repetitividad	Duración	
	Menor o igual a una hora	Mayor de una hora
Esfuerzo estático	5 %	2 %
Esfuerzos que se repite cíclicamente, más de una vez cada 5 minutos	14 %	10 %
Esfuerzos con una frecuencia inferior a una vez cada 5 minutos	70 %	50 %

Para determinar las cargas máximas admisibles primero se debe identificar cuáles son los paquetes musculares que están actuando durante el levantamiento como es el caso de la articulación del codo en donde los paquetes musculares actuantes son los flectores, por esta razón se toma el valor del momento máximo admisible deflexión calculado (S_{cf}) para reemplazar en la ecuación obtenida para calcular el momento máximo soportado por el codo, de donde se despeja la carga máxima soportada por acción de la fuerza externa y la carga máxima admisible considerando el porcentaje de población a proteger S_{cf90} , el mismo procedimiento se realiza en cada articulación con sus respectivas ecuaciones de sumatorias de momentos.

Desarrollo:

Para calcular la carga máxima soportable por acción de la fuerza exterior se reemplaza M_{cf} por S_{cf} en cada ecuación planteada anteriormente de momento flector o extensor de las articulaciones de tal manera que se obtenga la carga máxima admisible.

Datos:

$$S_{cf} = 69,244 \text{ N.m}$$

$$La = 24,914 \text{ cm} = 0,249 \text{ m}$$

$$Lma = 18,356 \text{ cm} = 0,184 \text{ m}$$

$$\beta = 71^\circ$$

Solución:

$$S_{ce} = (P/2)_{cf} * [La + (Lma/2)] * \cos(\beta) = 0$$

$$69,244 = (P/2)_{cf} * [0,249 + (0,184/2)] * \cos(71)$$

$$69,244 = (P/2)_{cf} * 0,341 * \cos(71)$$

$$(P/2)_{cf} = (69,244/[0,341 * \cos(71)]) \text{ N}$$

$$(P/2)_{cf} = (69,244/0,111) \text{ N}$$

$$(P/2)_{cf} = 623,715 \text{ N}$$

Para calcular la masa exterior se debe dividir el valor del peso m_{cf} para el valor de la gravedad que es 9.81 m/s^2 , como en 65.

$$m_{cf} = [(P/2)_{cf}]/9.81 \text{ m/s}^2 \quad (65)$$

$$m_{cf} = (623,715 \text{ Kg} * \text{m/s}^2)/9.81 \text{ m/s}^2$$

$$m_{cf} = 63,579 \text{ Kg}$$

Para calcular la carga máxima admisible considerando el porcentaje de población a proteger que es del 90% se toma la misma ecuación para determinar el peso máximo soportado con la única diferencia que se reemplaza el valor de M_{cf} por S_{cf90} .

Datos:

$$S_{cf90} = 47,752 \text{ N.m}$$

$$La = 24,914 \text{ cm} = 0,249 \text{ m}$$

$$Lma = 18,356 \text{ cm} = 0,184 \text{ m}$$

$$\beta = 71^\circ$$

Solución:

$$S_{cf90} = (P/2)_{cf90} * [La + (Lma/2)] * \cos(\beta) = 0$$

$$47,752 = (P/2)_{cf90} * [0,249 + (0,184/2)] * \cos(71)$$

$$47,752 = (P/2)_{cf90} * 0,341 * \cos(71)$$

$$(P/2)_{cf90} = (47,752/[0,341 * \cos(71)]) \text{ N}$$

$$(P/2)_{cf90} = (47,752/0,111) \text{ N}$$

$$(P/2)_{cf90} = 430,198 \text{ N}$$

Para calcular la masa se debe dividir el valor del peso m_{cf90} para el valor de la gravedad que es 9.81 m/s^2 .

$$m_{cf90} = [(P/2)_{cf90}]/9.81 \text{ m/s}^2$$

$$m_{cf90} = (430,198 \text{ Kg} * \text{m/s}^2)/9.81 \text{ m/s}^2$$

$$m_{cf90} = 43,853 \text{ Kg}$$

El valor de W_{cf90} es el máximo permisible para proteger al 90 % de la población siempre y cuando el esfuerzo sea puntual o de corta duración debiendo disminuir para tareas repetitivas o de tiempos prolongados, por esta razón de acuerdo a la ponderación mostrada en la Tabla 22 empleada por Chaffin para disminuir al valor de la carga máxima admisible tomando en cuenta la repetitividad y la duración de la postura, y los levantamientos de

las cargas externas realizados por el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, se repite cíclicamente (que se repite o sucede cada cierto tiempo y de la misma forma) más de una vez cada 5 minutos con una duración menor o igual a una hora por esta razón se debe tomar el 14 % de la masa máxima admisible m_{cf90} para esfuerzos puntuales o de corta duración como se muestra a continuación.

$$m_{cf90adm} = m_{cf90} * 14 \%$$

$$m_{cf90adm} = 43,853 * 0,14$$

$$m_{cf90adm} = 6,139 \text{ Kg}$$

Al igual que los procedimientos anteriores se debe realizar para cada articulación de cada muestra, de donde se obtienen los resultados presentados en el ANEXO 9.

4.11.6 Comparación de resultados obtenidos por el investigador con los resultados del estudio realizado en el software

Los valores obtenidos por el investigador es comparado con los valores obtenidos en el software online de la universidad politécnica de Valencia en su página oficial www.ergonautas.com de donde se obtienen resultados similares, por lo que se puede confirmar la veracidad de la evaluación realizada previa a realizar un diseño biomecánico de puestos de trabajo, y para ello se presenta una muestra de los valores obtenidos mediante la aplicación del software y los cálculos realizados en el presente estudio como se muestran en la Tabla 23 [31].


Tabla 23. Comparación de valores obtenidos por el investigador y el software.

COMPARACIÓN DE VALORES OBTENIDOS (CODO)		
Valores obtenidos	Investigador	Software
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°	90°
Reacción en el eje vertical (R_{cy})	87,966 N	87,990 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cx})	0 N	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{cf})	8,430 N.m	8,390 N.m

Valores obtenidos	Investigador	Software
Momento respecto del segmento corporal (M_{csc})	0,642 N.m	0,650 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{cT})	9,072 N.m	9,040 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación		
Momentos a flexión (S_{cf})	69,673 N.m	69,670 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{cf})	17,126 N.m	17,130 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{cf90})	47,752 N.m	47,750 N.m
Momentos a extensión (S_{ce})	-35,260 N.m	-35,260
Desviación típica del momento extensor (σ_{ce})	7,098 N.m	7,100 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	-26.175 N.m	-26,180 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	63,579 Kg	63,770 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	6,139 Kg	6,090 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg

En la Fig. 55 se muestra los resultados obtenidos en el software en línea, en donde se muestra los valores correspondientes a las reacciones, momentos, cargas soportadas y generadas en la articulación del codo, en el mismo formato lo representa para todas las articulaciones restantes, hombro, espacio intervertebral lumbosacra o unión de la vértebra lumbar 5 y la vértebra sacra 1 (L5/S1), cadera, rodilla y tobillo [31].

ergonautas.com



BIOMECÁNICA

Resultados de la evaluación

■ Cargas y momentos en las articulaciones

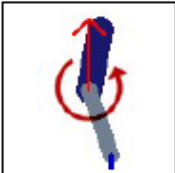
A continuación se muestran las cargas y momentos provocados en las diferentes articulaciones por la carga sostenida y por el peso propio de los segmentos corporales. Estos momentos son comparados con lo máximos recomendados para cada articulación según la postura adoptada y si los paquetes musculares activos son los flexores o los extensores. A partir de esta comparación se establece la carga máxima que es recomendable sostener para no sobrepasar dicho máximo y si la carga actual puede resultar perjudicial para la articulación.

La capacidad de las articulaciones no es igual para diferentes personas incluso de la misma constitución, siguiendo una distribución normal de media "Momento máximo medio" y cuya dispersión se mide mediante la "Desviación típica". El "Porcentaje de población a proteger" indica qué porcentaje de personas de la constitución dada debe poder realizar el esfuerzo sin problemas. Si "Porcentaje de población a proteger" es "50%" los cálculos se realizarán para el trabajador medio. Aumentando el porcentaje se disminuye la capacidad del trabajador y viceversa.

■ Porcentaje de población a proteger: 90 %

■ CODO

■ Reacciones y momentos resultantes



Reacción: 87,99 N Ángulo respecto a la horizontal: 90°

Componente horizontal: 0 N Componente vertical: 87,99 N

Momento: 9,04 N·m

Debido a la carga: 8,39 N·m Debido al peso de los miembros: 0,65 N·m

Paquetes musculares actuantes: **flexores**

■ Momentos y carga máximos absolutos admisibles por la articulación

A Flexión	A Extensión	
Momento máx.medio: 69,67 N·m	Momento máx.medio: -35,26 N·m	Dado que los paquetes musculares activos son los flexores la carga máxima soportable es 63,77 kg.
Desviación típica: 17,13 N·m	Desviación típica: 7,1 N·m	

■ Momentos máximos admisibles considerando el porcentaje de población a proteger y carga máxima admisible teniendo en cuenta, además, la duración y la frecuencia del esfuerzo

A Flexión	A Extensión	
Momento máximo: 47,75 N·m	Momento máximo: -26,18 N·m	Dado que los paquetes musculares activos son los flexores la carga máxima soportable es 6,09 kg.

Fig. 55. Valores obtenidos en la evaluación realizada en el software online.

4.12 Análisis de resultados de las condiciones actuales

4.12.1 Análisis de resultados para la posición inclinada del personal masculino

La evaluación realizada al personal de barrido y recolección de la EPM - GIDSA refleja que actualmente están expuestos a sufrir trastornos músculo esqueléticos por sobreesfuerzos en las articulaciones, por esta razón se realiza el análisis de resultados de cada articulación presentando los datos obtenidos en la evaluación biomecánica a continuación en las diferentes tablas, para determina qué articulación está en riesgo.

La Tabla 24 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 24. Valores obtenidos en el codo masculino con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (CODO)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{cy})	87,966 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cx})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{cf})	8,430 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{csc})	0,642 N.m
Momento total originado por las masas (M_{cT})	9,072 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{cf})	69,673 N.m
Desviación típica del momento flexor (σ_{cf})	17,126 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{cf90})	47,752 N.m
Momentos a extensión (S_{ce})	-35,260 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{ce})	7,098 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	-26.175 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	63,579 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	6,139 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

De la Tabla 24, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 6,139 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o enfermedades por causa de sobreesfuerzos en la posición inclinada.

La Tabla 25 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 25. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (HOMBRO)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{hy})	107,086 N
Reacción en el eje horizontal (R_{hx})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{hf})	4,250 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{hsc})	-1,062 N.m
Momento total originado por las masas (M_{hT})	3,188 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{hf})	90,097 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{hf})	20,823 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{hf90})	63,443 N.m
Momentos a extensión (S_{he})	-100,083 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{he})	31,342 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{he90})	-59,965 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	166,465 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	16,297 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 25 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 16,297 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura inclinada.

La Tabla 26 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 26. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (L5/S1)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical ($R_{L5/S1y}$)	449,768 N
Reacción en el eje horizontal ($R_{L5/S1x}$)	0 N
Momento respecto del peso exterior ($M_{L5/S1f}$)	45,157 N.m
Momento respecto del segmento corporal ($M_{L5/S1sc}$)	62,568 N.m
Momento total originado por las masas ($M_{L5/S1T}$)	107,725 N.m
Paquetes musculares actuantes	Extensores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión ($S_{L5/S1f}$)	113,102 N.m
Desviación típica del momento flector ($\sigma_{L5/S1f}$)	33,205 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1f90}$)	70,599 N.m
Momentos a extensión ($S_{L5/S1e}$)	-313,423 N.m
Desviación típica del momento extensor ($\sigma_{L5/S1e}$)	98,854 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1e90}$)	-186,889 N.m
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1e}$)	86,345 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1e90adm}$)	5,908 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 26 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral lumbosacro (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 5,908 Kg, por lo que el espacio intervertebral o articulación lumbosacro actualmente corre riesgos de sufrir

lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos en la postura inclinada.

La Tabla 27 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 27. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (CADERA)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{cay})	259,965 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cax})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{caf})	24,315 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{casc})	38,348 N.m
Momento total originado por las masas (M_{caT})	62,663 N.m
Paquetes musculares actuantes	Extensores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{caf})	219,176 N.m
Desviación típica del momento flexor (σ_{caf})	59,789 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{caf90})	142,646 N.m
Momentos a extensión (S_{cae})	-204,788 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{cae})	82,287 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{cae90})	-99,461 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{cae})	49,513 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cae90adm}$)	2,618 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 27 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,618 Kg, por lo que la articulación

de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura inclinada.

La Tabla 28 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 28. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (RODILLA)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{roy})	312,321 N
Reacción en el eje horizontal (R_{rox})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{rof})	21,359 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{rosc})	2,358 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{roT})	23,717 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{rof})	112,980 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{rof})	33,150 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{rof90})	70,548 N.m
Momentos a extensión (S_{roe})	-397,111 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{roe})	139,112 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{roe90})	-219,048 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	50,183Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	4,187 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 28 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 4,187 Kg, por lo que la articulación actualmente

corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura inclinada.

La Tabla 29 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal masculino con una postura inclinada.

Tabla 29. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura inclinada.

VALORES OBTENIDOS POR EL INVESTIGADOR (TOBILLO)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{toy})	33,835 N
Reacción en el eje horizontal (R_{tox})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{tof})	35,718 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{tosc})	47,467 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{toT})	83,185 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{tof})	-173,322 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{tof})	57,326 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{tof90})	99,945 N.m
Momentos a extensión (S_{toe})	0 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{toe})	0 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{toe90})	0 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	35,849 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	2,160 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

La Tabla 29 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,160 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos

de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura inclinada.

4.12.2 Análisis de resultados para la posición agachado del personal masculino

Dado que para determinar los riesgos existentes por causa de sobreesfuerzos en cada articulación están dados por la carga máxima soportada actualmente y la carga máxima admisible teniendo en cuenta el porcentaje de población a proteger, se presentan las siguientes tablas mostrando únicamente dichos valores en cada articulación que sirve para realizar el análisis de la situación.

La Tabla 30 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 30. Valores obtenidos en el codo masculino con postura agachado.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachado
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	143,97 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	13,79 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

De la Tabla 30, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 13,79 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o enfermedades por causa de sobreesfuerzos en la postura agachado.

La Tabla 31 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 31. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura agachado.

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachado
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	288,06 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	23,94 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 31 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 23,94 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura agachado.

La Tabla 32 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 32. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura agachado.

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachado
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	85,77 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	5,48 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg

En la Tabla 32 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral lumbosacro (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1f90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 5,48 Kg, por lo que el espacio intervertebral o articulación lumbosacra actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos en la postura agachada.

La Tabla 33 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 33. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura agachada.

ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachado
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	44,93 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	2,11 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 33 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,11 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura agachado.

La Tabla 34 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 34. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura agachada.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachado
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	41,73 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	3,20 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 34 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 3,20 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura agachado.

La Tabla 35 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal masculino con una postura agachado.

Tabla 35. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura agachado.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachado
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	33,38 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	1,86 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

La Tabla 35 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,86 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura agachado.

4.12.3 Análisis de resultados para la posición de pie del personal masculino

De la misma manera que para los resultados analizados de la postura agachado se determinan los riesgos existentes por causa de sobreesfuerzos en cada articulación dados por la carga máxima soportada actualmente y la carga máxima admisible teniendo en cuenta el porcentaje de población a proteger, y se presentan las siguientes tablas para la postura de pie.

La Tabla 36 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 36. Valores obtenidos en el codo masculino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL CODO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	24,98 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	2,37 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

De la Tabla 36, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,37 Kg, por lo que la

articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos en la postura de pie.

La Tabla 37 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 37. Valores obtenidos en el hombro masculino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	15,11 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	1,44 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 37 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,44 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura de pie.

La Tabla 38 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 38. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura de pie.

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	De pie
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	44,77 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	3,54 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg

En la Tabla 38 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral lumbosacro (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 3,54 Kg, por lo

que el espacio intervertebral o articulación lumbosacra actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos ocasionados en la postura de pie.

La Tabla 39 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 39. Valores obtenidos en la cadera masculina con postura de pie.

ARTICULACIÓN DE LA CADERA	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	35,95 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	2,33 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 39 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,33 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura de pie.

La Tabla 40 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 40. Valores obtenidos para la rodilla masculina con postura de pie.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	30,67 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	2,72 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

En la Tabla 40 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,72 Kg, por lo que la articulación actualmente

corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura de pie.

La Tabla 41 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal masculino con una postura de pie.

Tabla 41. Valores obtenidos en el tobillo masculino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	28,30 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	2,21 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg

La Tabla 41 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,21 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura de pie.

4.12.4 Análisis de resultados para la posición inclinada del personal femenino

De la misma manera que para los resultados analizados para el personal masculino, se realiza el análisis de los riesgos existentes en las articulaciones de las posturas para el personal femenino en donde se determinan los riesgos causados por sobreesfuerzos establecidos por la carga máxima soportada actualmente y la carga máxima admisible teniendo en cuenta el porcentaje de población a proteger, y se presentan las siguientes tablas para la postura inclinada.

La Tabla 42 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 42. Valores obtenidos en el codo femenino con postura inclinada.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Inclinada
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	15,49 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	0,84 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

De la Tabla 42, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 0,84 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos en la postura inclinada.

La Tabla 43 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 43. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura inclinada.

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Inclinada
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	92,10 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	8,58 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 43 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 8,58 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura inclinada.

La Tabla 44 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 44. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) femenino con postura inclinada.

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	De pie
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	44,77 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	3,54 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg

En la Tabla 44 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral lumbosacro (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 3,54 Kg, por lo que el espacio intervertebral o articulación lumbosacra actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos en la postura inclinada.

La Tabla 45 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 45. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura inclinada.

ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Inclinada
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	25,79 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	1,22 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 45 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,22 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura inclinada.

La Tabla 46 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 46. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura inclinada.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Inclinada
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	32,47 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	2,48 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 46 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,48 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura inclinada.

La Tabla 47 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal femenino con una postura inclinada.

Tabla 47. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura inclinada.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Inclinada
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	15,49 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	0,84 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

La Tabla 47 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 0,84 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura inclinada.

4.12.5 Análisis de resultados para la posición agachada del personal femenino

Las siguientes tablas muestran los valores de las cargas máximas soportadas y las cargas máximas admisibles considerando el porcentaje de población a proteger en cada articulación que sirve para realizar el análisis de la situación actual.

La Tabla 48 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal femenino con una postura agachado.

Tabla 48. Valores obtenidos en el codo femenino con postura agachado.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachada
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	34,59 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	3,19 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

De la Tabla 48, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 3,19 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos en la postura agachado.

La Tabla 49 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal femenino con una postura agachado.

Tabla 49. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura agachado.

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachada
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	92,76 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	6,32 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 49 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 6,32 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura agachado.

La Tabla 50 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal femenino con una postura agachado.

Tabla 50. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) masculino con postura agachado.

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachada
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	62,83 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	3,12 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg

En la Tabla 50 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral o articulación lumbosacra (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 3,12 Kg, por lo que el espacio intervertebral o articulación lumbosacra actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos en la postura agachado.

La Tabla 51 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal femenino con una postura agachado.

Tabla 51. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura agachada.

ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachada
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	24,71 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	0,93 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 51 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 0,93 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura agachada.

La Tabla 52 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal femenino con una postura agachado.

Tabla 52. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura agachada.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachada
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	38,42 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	2,86 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 52 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,86 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura agachada.

La Tabla 53 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal femenino con una postura agachada.

Tabla 53. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura agachada.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachada
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	18,73 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	1,06 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

La Tabla 53 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,06 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura agachada.

4.12.6 Análisis de resultados para la posición de pie del personal femenino

Los resultados existentes por causa de sobreesfuerzos en cada articulación del personal femenino se presentan las siguientes tablas para la postura de pie.

La Tabla 54 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del codo para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 54. Valores obtenidos en el codo femenino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL CODO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	15,46 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	1,41 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

De la Tabla 54, se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} , que determinan que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,41 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o enfermedades por causa de sobreesfuerzos en la postura de pie.

La Tabla 55 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del hombro para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 55. Valores obtenidos en el hombro femenino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	6,91 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	0,58 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 55 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) es de 7,740 Kg, y que la carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 0,58 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos realizados en la postura de pie.

La Tabla 56 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del espacio intervertebral lumbosacra (L5/S1) para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 56. Valores obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1) femenino con postura de pie.

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	De pie
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	28,40 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	2,01 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg

En la Tabla 56 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en el espacio intervertebral lumbosacro (L5/S1) es de 15,480 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 2,01 Kg, por lo que el espacio intervertebral o articulación lumbosacra actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los sobreesfuerzos ocasionados en la postura de pie.

La Tabla 57 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la cadera para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 57. Valores obtenidos en la cadera femenina con postura de pie.

ARTICULACIÓN DE LA CADERA	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	18,48 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	1,22 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 57 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,22 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados en la postura de pie.

La Tabla 58 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica de la rodilla para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 58. Valores obtenidos para la rodilla femenina con postura de pie.

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	18,19 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	1,52 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 58 se muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,52 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizado en la postura de pie.

La Tabla 59 presenta los valores obtenidos por el investigador en la evaluación biomecánica del tobillo para el personal femenino con una postura de pie.

Tabla 59. Valores obtenidos en el tobillo femenino con postura de pie.

ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	13,62 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	1,17 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

La Tabla 59 muestra que la masa externa levantada actualmente (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y que la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 1,17 Kg, por lo que la articulación actualmente corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos realizados con la postura de pie

4.13 Discusión de los resultados

4.13.1 Discusión de resultados del personal masculino

Para determinar si existe o no riesgo por sobreesfuerzo en una articulación se debe tomar en cuenta el valor de la carga máxima admisible ($m_{if90adm}$ ó $m_{ie90adm}$) en flexión o extensión dependiendo del caso en cada articulación, para comparar con la masa exterior levantada actualmente, teniendo en cuenta que para las articulaciones del codo, hombro, cadera, rodillas y tobillos la carga máxima a soportar es dos veces la masa admisible considerando el porcentaje de población a proteger ($2m_{if90adm}$ ó $2m_{ie90adm}$) para flexión o extensión, esto se debe a que el levantamiento de la carga externa lo realizan con las dos manos y son dos las articulaciones que actúan en cada caso, lo que no sucede con la articulación intervertebral lumbosacra (L5/S1), que por ser una sola articulación la que soporta el levantamiento de la carga externa se debe tomar el valor de la masa externa admisible calculada, finalmente los parámetros mencionados establecen que la carga máxima admisible para proteger al 90 % de la población que trabaja adoptando esta posición inclinada en la actualidad durante el levantamiento de cargas es de dos veces la carga máxima admisible del tobillo ($2m_{tof90adm}$) es decir 4,320 Kg, y esto se debe a que el tobillo es la articulación que menor carga puede soportar y la única articulación que no está expuesta a sufrir algún tipo riesgo por sobreesfuerzos es el hombro, como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60. Resumen de resultados para el personal masculino con postura inclinado.

Masas levantadas por el personal masculino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual dos manos (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	12,278	126,079	SI
Hombro	7,740	15,480	32,594	47,493	NO
L5/S1	15,480	30,960	11,816	262,018	SI
Cadera	7,740	15,480	5,236	295,646	SI
Rodilla	7,740	15,480	8,374	184,858	SI
Tobillo	7,740	15,480	4,32	358,333	SI

La Fig. 56 representa el porcentaje actual de levantamiento de masas respecto de la cantidad de masa admisible en cada articulación en donde se observa claramente que todos aquellos valores que sobrepasan el 100 % corren riesgos de sufrir algún tipo de trastorno músculo esquelético.

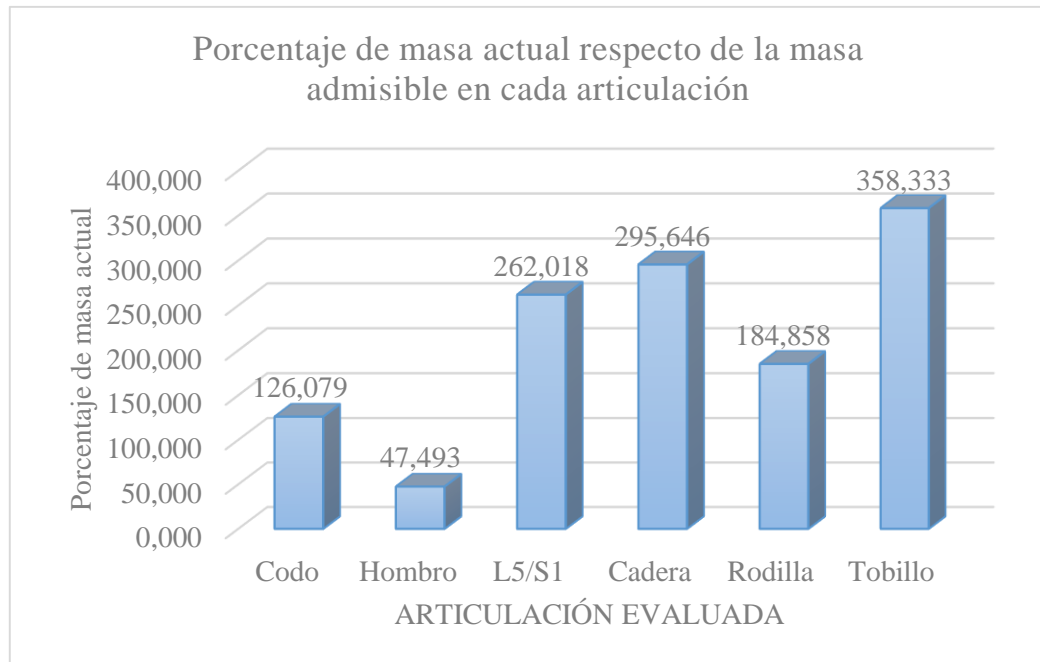


Fig. 56. Porcentajes de cargas actuales respecto de las cargas máximas admisibles.

La Tabla 61 representa las cargas máximas soportadas por el personal masculino en la posición de agachado, tomando como referencia las cargas máximas admisibles en cada articulación.

Tabla 61. Resumen de resultados para el personal masculino con posición agachado.

Masas levantadas por el personal masculino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual dos manos (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	27,58	56,128	NO
Hombro	7,740	15,480	47,88	32,331	NO
L5/S1	15,480	30,960	10,96	282,482	SI
Cadera	7,740	15,480	4,22	366,825	SI
Rodilla	7,740	15,480	6,4	241,875	SI
Tobillo	7,740	15,480	3,72	416,129	SI

La Tabla 61 muestra que la carga máxima admisible ($2m_{tof90adm}$) para el personal masculino con una postura agachado es de 3,72 Kg, para proteger al 90 % de la población analizada que viene dada por el valor de carga máxima admisible del tobillo que es la articulación que menos carga puede soportar para no sufrir daños en ninguna articulación y en las condiciones actuales de esta postura únicamente el codo y el hombro no corren riesgos de sufrir algún trastorno músculo esquelético, ya que no sobrepasan el 100 % que es la máxima carga admisible y estos valores se los representan en la Fig. 57.

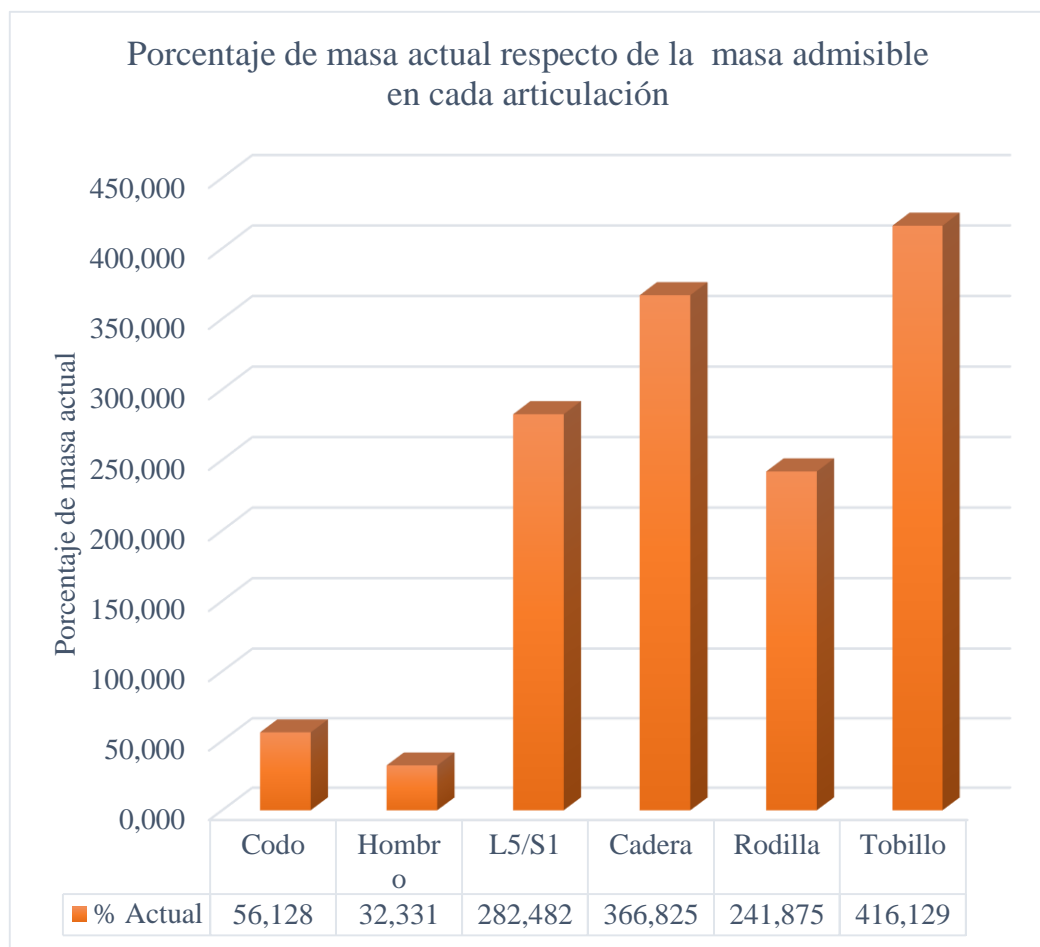


Fig. 57. Porcentajes de cargas actuales soportadas en relación de las cargas máximas admisibles.

La Tabla 62 representa las cargas máximas soportadas para el personal masculino con una postura de pie, tomando como referencia las cargas máximas admisibles en cada articulación.

Tabla 62. Resumen de resultados para el personal masculino en la posición de pie.

Masas levantadas por el personal masculino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual una mano (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	4,74	326,582	SI
Hombro	7,740	15,480	2,88	537,500	SI
L5/S1	15,480	30,960	7,08	437,288	SI
Cadera	7,740	15,480	4,66	332,189	SI
Rodilla	7,740	15,480	5,44	284,559	SI
Tobillo	7,740	15,480	4,42	350,226	SI

Para la postura del personal masculino con una postura de pie, la carga máxima admisible ($2m_{tof90adm}$) es de 2,88 Kg, para proteger al 90 % de la población analizada que viene dada por el valor de carga máxima admisible del hombro, que es la articulación que menos carga puede soportar para no sufrir daños en ninguna articulación, y en las condiciones actuales de esta postura todas las articulaciones corren riesgos de sufrir algún trastorno músculo esquelético, ya que todos sobrepasan el 100 % de la máxima carga admisible en cada articulación como se los representan en la Fig. 58.

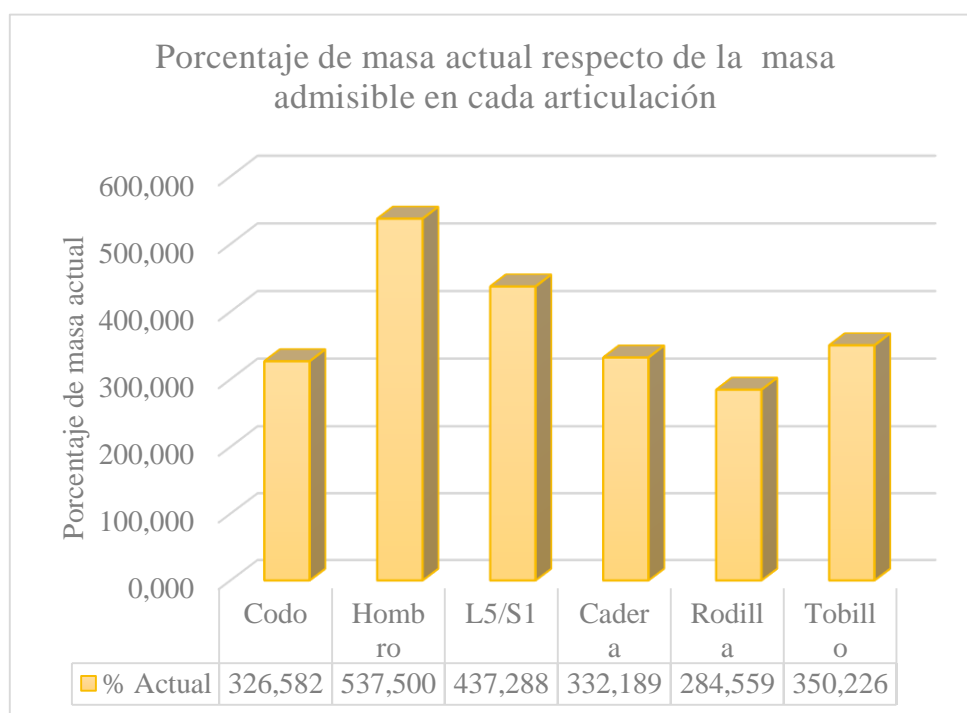


Fig. 58. Porcentajes de cargas soportadas actualmente respecto de las cargas máximas admisibles.

4.13.2 Discusión de resultados del personal femenino

La Tabla 63 representa las cargas máximas soportadas por el personal femenino en la postura inclinada, tomando como referencia las cargas máximas admisibles en cada articulación.

Tabla 63. Resumen de resultados para el personal femenino en la posición inclinadas.

Masas levantadas por el personal femenino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual una mano (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	1,68	921,429	SI
Hombro	7,740	15,480	17,16	90,210	NO
L5/S1	15,480	30,960	6,5	476,308	SI
Cadera	7,740	15,480	2,44	634,426	SI
Rodilla	7,740	15,480	4,96	312,097	SI
Tobillo	7,740	15,480	1,68	921,429	SI

Para la postura del personal femenino que levante cargas en la posición inclinada, la carga máxima admisible ($2m_{tof90adm}$) es de 1,68 Kg, para proteger al 90 % de la población analizada que viene dada por el valor de carga máxima admisible del tobillo y el codo, que son las articulaciones que menos carga pueden soportar para no sufrir daños en ninguna articulación, y en las condiciones actuales de esta postura únicamente el hombro no corre riesgo de sufrir algún tipo de trastornos músculo esquelético, ya que las demás articulaciones sobrepasan el 100 % de la máxima carga admisible en cada articulación como se muestra en la Fig. 59.

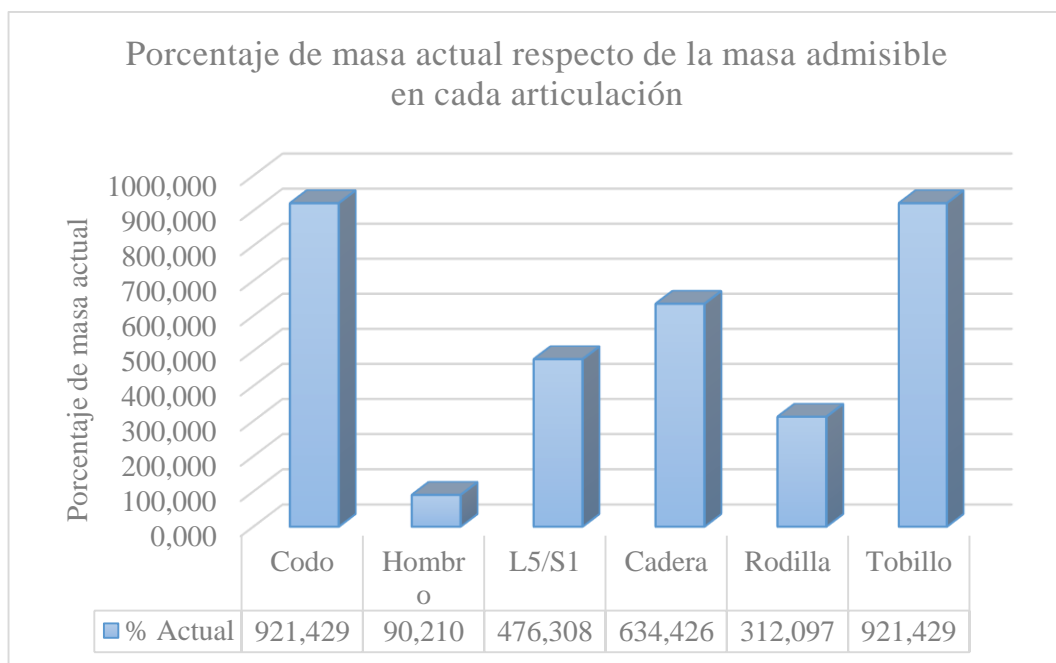


Fig. 59. Porcentaje de cargas soportadas actualmente respecto de la carga máxima admisible.

La Tabla 64 representa las cargas máximas soportadas por el personal femenino en la postura agachada, tomando como referencia las cargas máximas admisibles en cada articulación.

Tabla 64. Resumen de resultados para el personal femenino en la posición agachada.

Masas levantadas por el personal femenino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual una mano (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	6,38	242,633	SI
Hombro	7,740	15,480	12,64	122,468	SI
L5/S1	15,480	30,960	6,24	496,154	SI
Cadera	7,740	15,480	1,86	832,258	SI
Rodilla	7,740	15,480	5,72	270,629	SI
Tobillo	7,740	15,480	2,12	730,189	SI

Para la postura del personal femenino que levante cargas en la posición agachada, la carga máxima admisible ($2m_{tof90adm}$) es de 1,86 Kg, para proteger al 90 % de la población analizada que viene dada por el valor de carga máxima admisible de la cadera que es la articulación que menos carga puede soportar para no sufrir daños en ninguna articulación

y en las condiciones actuales de esta postura todas las articulaciones corren riesgos de sufrir algún tipo de trastorno músculo esquelético ya que todos sobrepasan el 100 % de la máxima carga admisible en cada articulación, como se muestra en la Fig. 60.

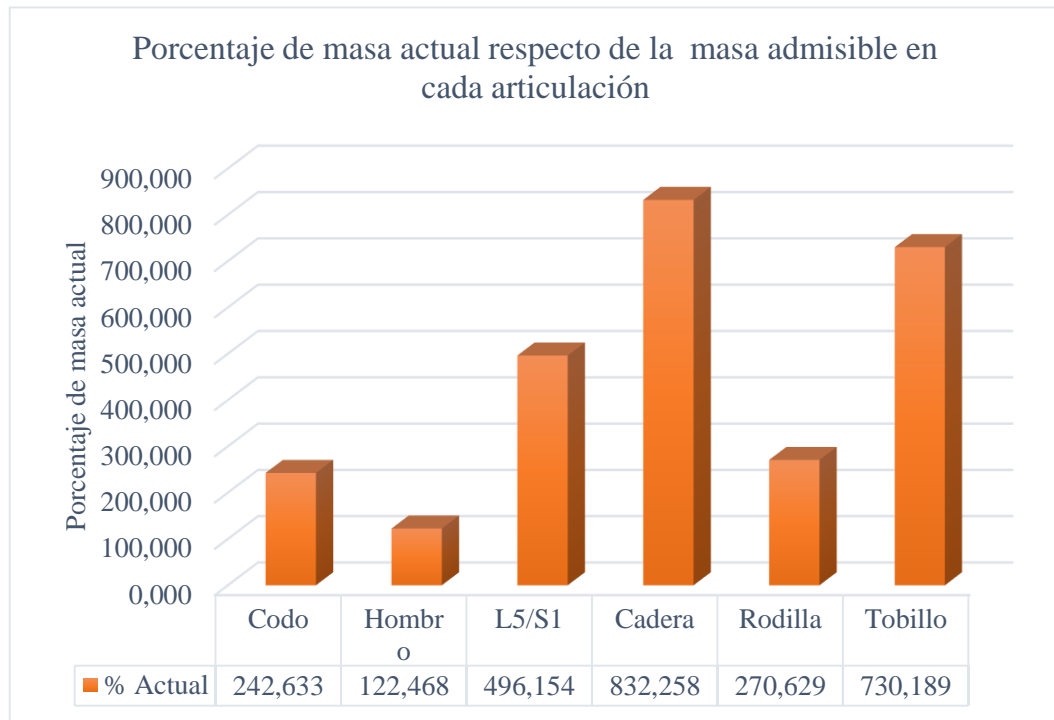


Fig. 60. Porcentajes de cargas soportadas actualmente respecto de la carga máxima admisible.

La Tabla 65 presenta los valores de cargas máximas soportadas por el personal femenino en la posición de pie, tomando como referencia las cargas máximas admisibles en cada articulación.

Tabla 65. Resumen de resultados para el personal femenino en la postura de pie.

Masas levantadas por el personal femenino					
Articulación	Actual una mano (Kg)	Actual una mano (Kg)	Admisibles 90 % dos manos (Kg)	% Actual	Riesgo
Codo	7,740	15,480	2,82	548,936	SI
Hombro	7,740	15,480	1,16	1334,483	SI
L5/S1	15,480	30,960	4,02	770,149	SI
Cadera	7,740	15,480	2,44	634,426	SI
Rodilla	7,740	15,480	3,04	509,211	SI
Tobillo	7,740	15,480	2,34	661,538	SI

Para la postura del personal femenino en la posición de pie, la carga máxima admisible ($2m_{tof90adm}$) es de 1,16 Kg para proteger al 90 % de la población analizada, que viene dada por el valor de carga máxima admisible del hombro que es la articulación que menos carga puede soportar para no sufrir daños en ninguna articulación y en las condiciones actuales de esta postura todas las articulaciones corren riesgos de sufrir algún tipo de trastorno músculo esquelético, ya que todos sobrepasan el 100 % de la máxima carga admisible en cada articulación, como se muestra en la Fig. 61.

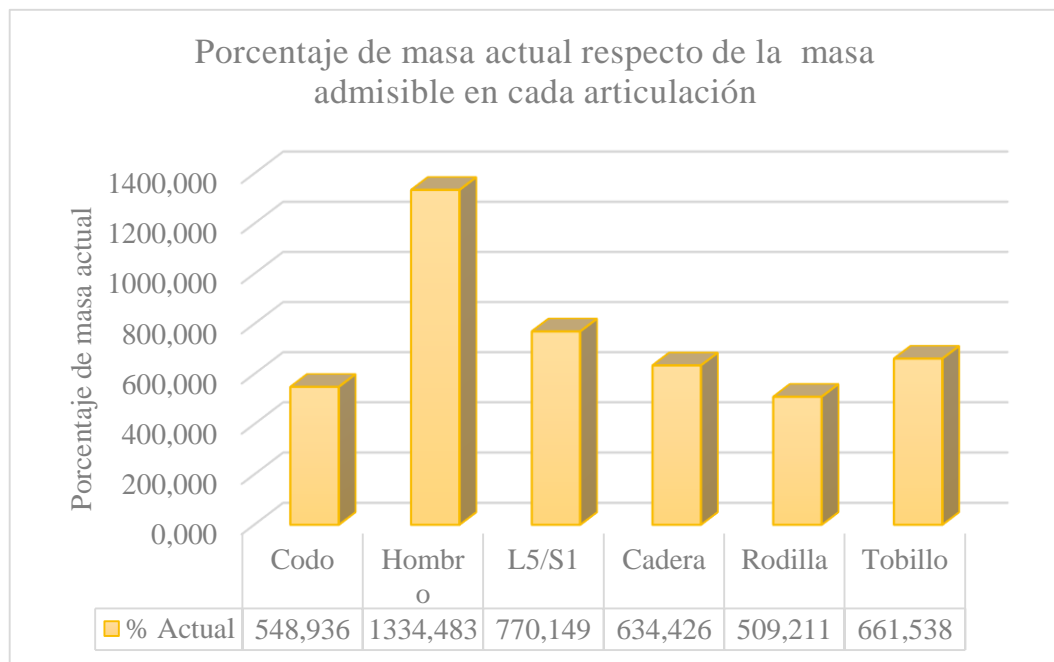


Fig. 61. Porcentaje de cargas soportadas actualmente respecto de las cargas máximas admisibles.

4.14 Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA

Para realizar el diseño biomecánico de puestos para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, que a diferencia de un diseño ergonómico de puestos de trabajo, se fundamenta en los siguientes aspectos:

- a) Biomecánica ocupacional mencionada en el apartado 2.2.14 de la presente investigación.
- b) Criterios biomecánicos mencionados en el apartado 2.2.15 de la presente investigación.

- c) Diseño biomecánico de puestos de trabajo, mencionados el apartado 2.2.16 de la presente investigación.
- d) Normas ISO 11228 en el manejo manual de cargas [42].
- e) Control de factores de riesgo en la fuente, medio y persona [43].

Debido a los requerimientos presentados por el personal a cargo del departamento de seguridad y salud ocupacional de la EPM – GIDSA se aplica los criterios enunciados, de donde se realiza el siguiente análisis:

Para eliminar o disminuir el riesgo en una actividad es necesario actuar en uno o en los tres campos relacionados en la actividad, como son la fuente, el medio y la persona.

4.14.1 Actuación en la fuente

La aplicación de un diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, no es un factor de diseño ergonómico como tal, sino una parte del mismo debido a que la biomecánica se fundamenta en la aplicación de métodos mecánicos aplicados al sistema de locomoción humana; y debido a la cantidad de desperdicios encontrados en un lugar determinado que varía dependiendo del número de personas que generan los desperdicios; e independientemente del personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA como se muestra en las Fig. 62, Fig. 63, Fig. 64 y Fig. 65.



Fig. 62. Desperdicios regados en viviendas.



Fig. 63. Desperdicios públicos generados.



Fig. 64. Parte de desperdicios generados en parques.



Fig. 65. Desperdicios generados en espacios públicos.

El diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido o recolección de la EPM – GIDSA está inmerso en el campo de la biomecánica ocupacional; por tal motivo, con el sustento de los aspectos que se deben considerar para un diseño biomecánico, referenciado en el apartado 2.2.16 de la presente investigación, especialmente en el último literal en donde menciona que se debe tratar de mantener las extremidades en su posición de reposo y por petición del personal a cargo del departamento de seguridad e higiene ocupacional de la entidad mencionada, se presenta en siguiente diseño biomecánico de puestos de trabajo ideal para eliminar por completo el riesgo de sufrir trastornos músculo esqueléticos ocasionados por el levantamiento de cargas externas menores o iguales a 15,48 Kg, como se muestra en las Fig. 66 y Fig. 67.

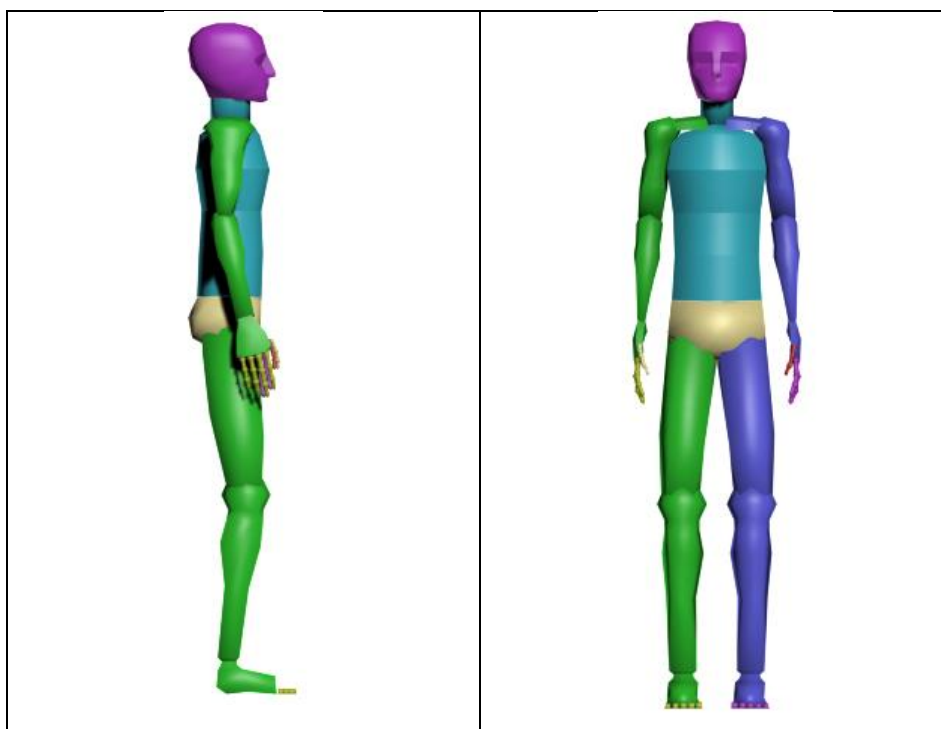


Fig. 66. Vista lateral derecha del diseño biomecánico.

Fig. 67. Vista ortogonal del diseño biomecánico.

El diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de puestos de trabajo de la EPM – GIDSA, presenta los ángulos mostrados en la Tabla 66, los cuales son los más apropiados para realizar el levantamiento de una masa de 15,48 Kg, y es la postura natural cuando el trabajador está de pie aclarando que el único ángulo que puede variar en dicha postura, es el formado entre el brazo y antebrazo (αe) desde los 180° hasta los 163° , además se recuerda que el diseño es realizado para el modelo de personal presentado luego de hacer el cálculo de los percentiles correspondientes.

Tabla 66. Ángulos del diseño biomecánico para el levantamiento de carga analizada.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) αa	84°
(Muslo - Pierna) αk	166°
(Cadera – Tronco) αh	169°
(Horizontal - Tronco) αt	87°
(Tronco - Brazo) αs	0°
(Brazo - Antebrazo) αe	163°
(Horizontal - Peso) αf	90°

Para que quede constancia de que la postura presentada en el diseño biomecánico de puestos de trabajo es el apropiado y cumple con las condiciones para eliminar el riesgo de aparición de trastornos músculo esqueléticos en su totalidad, se realiza la evaluación biomecánica estática coplanar que permite verificar dicha afirmación, luego de ello se presentan los valores de reacciones y momentos generados en cada articulación en la postura del diseño biomecánico.

En la Tabla 67 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación del codo.

Tabla 67. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el codo

Valores obtenidos por el investigador (codo)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{cy})	87,966 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cx})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{cf})	6,23 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{csc})	0,48 N.m
Momento total originado por las masas (M_{cT})	6,72 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{cf})	69,673 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{cf})	17,126 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{cf90})	47,752 N.m
Momentos a extensión (S_{ce})	-36,228 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{ce})	7,278 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	-26.830 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	86,016 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	8,230 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 67 se toman los valores de $m_{cf90adm}$ y m_{ex} para el codo, para determinar que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) es de 7,740 Kg y las carga máxima admisible ($m_{cf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 8,230 Kg, por lo que la articulación analizada con esta postura, no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos.

En la Tabla 68 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación del hombro.

Tabla 68. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el hombro

Valores obtenidos por el investigador (hombro)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{hy})	102,540 N
Reacción en el eje horizontal (R_{hx})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{hf})	4,980 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{hsc})	0,162 N.m
Momento total originado por las masas (M_{hT})	5,142 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{hf})	94,417 N.m
Desviación típica del momento flexor (σ_{hf})	21,823 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{hf90})	66,483 N.m
Momentos a extensión (S_{he})	-101,430 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{he})	31,762 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{he90})	-60,756 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	146,815 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	14,462 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la tabla 68 se muestra que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) es de 7,740 Kg y las carga máxima admisible ($m_{hf90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 14,462 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos.

En la Tabla 69 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación lumbosacra (L5/S1).

Tabla 69. Valores del diseño biomecánico obtenidos en la articulación lumbosacra (L5/S1)

Valores obtenidos por el investigador (L5/S1)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical ($R_{L5/S1y}$)	422,143 N
Reacción en el eje horizontal ($R_{L5/S1x}$)	0 N
Momento respecto del peso exterior ($M_{L5/S1f}$)	13,078 N.m
Momento respecto del segmento corporal ($M_{L5/S1sc}$)	6,089 N.m
Momento total originado pos las masas ($M_{L5/S1T}$)	19,167 N.m
Paquetes musculares actuantes	Extensores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión ($S_{L5/S1f}$)	113,102 N.m
Desviación típica del momento flexor ($\sigma_{L5/S1f}$)	33,205 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1f90}$)	70,599 N.m
Momentos a extensión ($S_{L5/S1e}$)	-247,973 N.m
Desviación típica del momento extensor ($\sigma_{L5/S1e}$)	78,134 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1e90}$)	-147,889 N.m
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1e}$)	286,545 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1e90adm}$)	23,529 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la tabla 69 se muestra que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) en la articulación intervertebral (L5/S1) es de 15,480 Kg y las carga máxima admisible ($m_{L5/S1e90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 23,529 Kg, por lo que la articulación intervertebral actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos.

En la Tabla 70 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación de la cadera.

Tabla 70. Valores del diseño biomecánico obtenidos en la cadera.

Valores obtenidos por el investigador (cadera)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{cay})	239,775 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cax})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{caf})	6,921 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{casc})	3,018 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{caT})	9,939 N.m
Paquetes musculares actuantes	Extensores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{caf})	223,176 N.m
Desviación típica del momento flexor (σ_{caf})	59,789 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{caf90})	145,211 N.m
Momentos a extensión (S_{cae})	-195,808 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{cae})	78,640 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{cae90})	-95,151 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{cae})	216,051 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cae90adm}$)	14,451 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 70 se muestra que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) en la articulación de la cadera es de 7,740 Kg y las carga máxima admisible ($m_{cae90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 14,451 Kg, por lo que la articulación de la cadera actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos musculo esqueléticos por causa de sobreesfuerzos.

En la Tabla 71 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación de la rodilla.

Tabla 71. Valores del diseño biomecánico obtenidos para la rodilla

Valores obtenidos por el investigador (rodilla)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{roy})	305,811 N
Reacción en el eje horizontal (R_{rox})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{rof})	2,290 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{rosc})	-9,458 N.m
Momento total originado por las masas (M_{roT})	-7,168 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{rof})	137,540 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{rof})	40,363 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{rof90})	85,888 N.m
Momentos a extensión (S_{roe})	-524,861 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{roe})	183,861 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{roe90})	-289,489 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	1744,15Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	132,680 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 71 se muestra que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 132,680 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa del sobreesfuerzo.

En la Tabla 72 se presentan los valores de reacciones, momentos y cargas generadas por la postura planteada en el diseño biomecánico para la articulación del tobillo.

Tabla 72. Valores del diseño biomecánico obtenidos en el tobillo

Valores obtenidos por el investigador (tobillo)	
Valores obtenidos	Investigador
Ángulo formado por el peso exterior y la horizontal (α_f)	90°
Reacción en el eje vertical (R_{toy})	328,156 N
Reacción en el eje horizontal (R_{tox})	0 N
Momento respecto del peso exterior (M_{tof})	5,380 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{tosc})	0,441 N.m
Momento total originado por las masas (M_{toT})	5,821 N.m
Paquetes musculares actuantes	Flectores
Momentos máximos admisibles por articulación	
Momentos a flexión (S_{tof})	-147,162 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{tof})	48,881 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{tof90})	-85,231 N.m
Momentos a extensión (S_{toe})	0 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{toe})	0 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{toe90})	0 N.m
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	212,341 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	17,110 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,480 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg

En la Tabla 72 se muestra que la masa externa levantada con el diseño biomecánico (m_{ex}) en la articulación es de 7,740 Kg y la carga máxima admisible ($m_{rof90adm}$) para proteger al 90 % de la población analizada es de 17,110 Kg, por lo que la articulación actualmente no corre riesgos de sufrir lesiones o enfermedades por causa del sobreesfuerzo.

4.14.2 Actuación en el medio

Es otro de los parámetros que se toman en cuenta en el diseño biomecánico de puestos de trabajo, ya que una de las características es el adiestramiento y uso adecuado de las herramientas que emplean para realizar el levantamiento de cargas, por esta razón y debido al análisis realizado se concluye que al proveer de maquinarias o equipos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, no es de mayor apoyo dado que; el trabajo y en las condiciones que realizan, no es apto para que los trabajadores transporten en su labor diaria dicho equipamiento; además que, esto involucra un incremento de la carga levantada, por esta razón el diseño biomecánico de puesto de trabajo se orienta a presentar una correcta sujeción del equipamiento que actualmente emplean para realizar el levantamiento de cargas durante el barrido y recolección de desperdicios sumado a la recomendación de que dichos materiales deben ser lo más liviano posibles como se muestra en las Fig. 68, Fig. 69, Fig. 70 y Fig. 71.



Fig. 68. Funda plástica empleada para el levantamiento de desperdicios.



Fig. 69. Pala de basura plástica para el levantamiento de desperdicios.



Fig. 70. Gaveta plástica empleada para levantar desperdicios.



Fig. 71. Pieza plástica para levantar los desperdicios.

4.14.3 Actuación en la persona

El diseño biomecánico presentado en el aparatado de actuación en la fuente, elimina por completo el riesgo de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos, pero por el tipo de trabajo que realiza el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM – GIDSA, no es aplicable al 100 % sino en ocasiones en donde las condiciones se presten para adoptar dicha postura se presenta una alternativa que permite minimizar el riesgo con un diseño biomecánico de puestos de trabajo que se puede adoptar durante la jornada, pero que no elimina el riesgo de sufrir trastornos músculo esqueléticos en su totalidad sino que minimiza el riesgo de aparición de los mismos en la mayoría de las articulaciones y se fundamenta en la norma ISO 11228 para el manejo manual de cargas y en la norma NTP 477 para levantamiento de cargas [44] [45], como se presentan en la Fig. 72, Fig. 73 y Fig. 74.

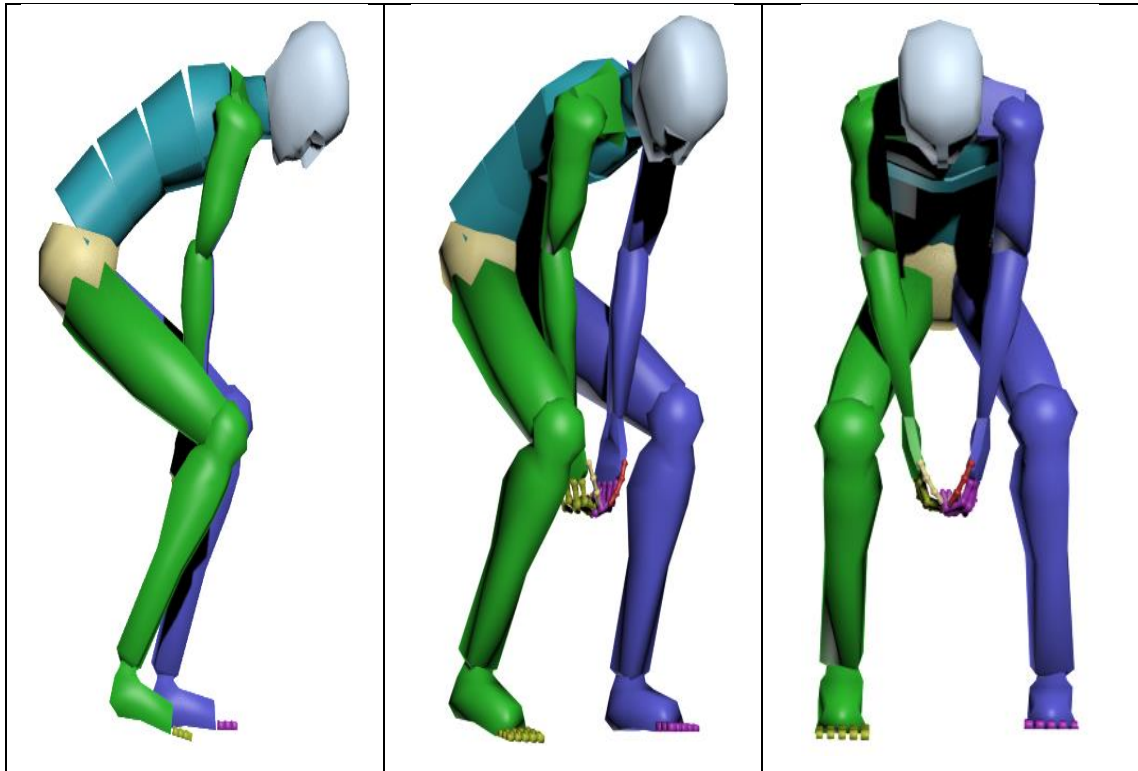


Fig. 72. Vista lateral derecha del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 73. Vista ortogonal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 74. Vista frontal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

En la postura mostrada en la Fig. 72 se obtienen los ángulos mostrados en la Tabla 73, los cuales se deben adoptar para minimizar el riesgo de aparición de algún tipo de trastorno músculo esquelético ocasionado por sobreesfuerzos.

Tabla 73. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico para minimizar el riesgo de aparición de trastornos músculo esqueléticos.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) αa	60°
(Muslo - Pierna) αk	90°
(Cadera - Tronco) αh	80°
(Horizontal - Tronco) αt	50°
(Tronco - Brazo) αs	20°
(Brazo - Antebrazo) αe	150°
(Horizontal - Peso) αf	90°

La postura mostrada en la Fig. 72, no elimina el riesgo de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos en el levantamiento de una carga menor o igual a 15,48 Kg levantada con las dos manos o de 7,292 Kg levantada con una sola mano como sucede con la postura mostrada en la Fig. 66 que si elimina por completo el riesgo de sufrir daños.

Las actividades que realiza el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM – GIDSA, no permiten emplear demasiado tiempo para adoptar estrictamente uno de los dos diseños biomecánicos de puestos de trabajos en el levantamiento de cargas, por lo que se presenta una metodología que debe seguir el trabajador para adoptar la posición del diseño biomecánico que más se asemeje al modelo que permite minimizar el riesgo de aparición de trastornos músculo esqueléticos fundamentado en las normas ISO 11228 y NTP 477.

En la metodología planteada se puede aplicar para realizar el levantamiento de cualquier tipo de carga que se encuentre al nivel del piso ya que está comprobado por la evaluación biomecánica que al adoptar esta postura los momentos generados en cada articulación son menores a los momento que se generan al realizar los levantamientos de la carga con una postura de diseño biomecánico inadecuado como puede ser, el levantar con las piernas flexionadas y con la espalda formando una curva lo que se conoce como una posición agachada.

4.14.4 Metodología para adoptar una buena postura de trabajo para el levantamiento de cargas

1
Masa externa

- Determinar visualmente si la masa a levantar no excede los 25 Kg. aproximadamente, en caso de exceso pedir ayuda a un compañero de trabajo o fragmentar la masa, como en la Fig. 75.



Fig. 75. Análisis de lugar que contiene desperdicios.

2
Colocación de pies

- Separar los pies a la altura de los hombros, uno delante del otro de manera que la punta de un pie quede aproximadamente a la altura del talón del pie opuesto en dirección del movimiento, como en la Fig. 76.



Fig. 76. Colocación de piernas en el diseño biomecánico.

3
Postura

- Ubicarse en la posición de cunclillas evitando curvar la espalda y en lo posible evitando girar el tronco e inclinando la cabeza aproximadamente 15 grados hacia delante, como en la Fig. 77.



Fig. 77. Adopción de postura biomecánica.

4
Agarre

- Sujetar la carga fijamente la carga con las dos manos, de preferencia con un agarre de gancho dependiendo del recipiente u objeto a levantar, como en la Fig. 78.



Fig. 78. Tipo de sujeción para el diseño biomecánico.

5
Levantamiento

- Aplicar la fuerza necesaria manteniendo las condiciones anteriores y realizar el levantamiento extendiendo las piernas y manteniendo la columna lo más erguida posible y realizar el levantamiento de la carga de una manera suave evitando los cambios bruscos de posición y giros del tronco, como en la Fig. 79.



Fig. 79. Levantamiento de cargas con el diseño biomecánico.

6
Masa externa

- Si la masa externa es menor que 25 Kg realizar el procedimiento a partir de la actividad 2, como en la Fig. 80.



Fig. 80. Análisis de situación si la carga es menor que 25 Kg.

De la misma forma que para el levantamiento de cargas a nivel del piso, se realiza un diseño biomecánico que minimiza el riesgo de sufrir trastornos músculo esqueléticos por el levantamiento de cargas que se encuentran a una altura superior a la de los hombros fundamentada de la misma manera en las normas ISO 11228 y NTP 477 presentados en los procedimientos que se muestran en el ANEXO 11.

NOTA: El procedimiento planteado para adoptar una postura con un bien diseño biomecánico de puestos de trabajo para realizar levantamientos de cargas, es aplicable tanto para el personal masculino como para el personal femenino de la entidad que solicita dicho diseño.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA, que levanta una masa de 15,480 Kg está dado por la aplicación de la biomecánica ocupacional de donde se obtiene que la postura para proteger al 90% de la población de 130 trabajadores es la de una persona en su posición natural de reposo cuando está de pies, pudiendo variar únicamente el ángulo formado entre los segmentos brazo y antebrazo de 180° a 163°.
- El diseño biomecánico de puestos de trabajo que protege al 90% de población estudiada, está dada por el valor de momento máximo admisible del codo que en la posición natural es de 8,230 Kg, y es el valor de carga mínima que soporta la articulación y siendo 7,70 Kg la masa que actualmente se levanta, el riesgo de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos es eliminado en su totalidad.
- El nivel de riesgo producido por el levantamiento repetitivo de cargas actualmente es bajo, ya que presenta un valor de índice OCRA (UNE EN 1005-5) de 1,75 y está dentro del rango de riesgo aceptable establecido por el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo debido a su valor máximo de levantamientos por minuto en un puesto de trabajo que son 7 durante toda la jornada, ya que en el proceso originan varios puestos de trabajo por su constante movimiento y levantamientos en diferentes sitios.
- Los parámetros inerciales se determinan a partir del cálculo del percentil 95 para estaturas, que equivale a 169,96 cm para el personal masculino y 152 cm para el personal femenino y son las máximas estaturas tomadas para que el estudio sea

adaptado al 95% de población ya que serán las estaturas que dan origen a los segmentos corporales más largos y por ende generen un mayor torque o momento respecto de su punto de aplicación.

- Los parámetros inerciales de peso están dados a partir del cálculo del percentil número 5 que es de 53,37 Kg para el personal masculino y de 49,6 Kg para el personal femenino y garantizan que el 5% de población tiene masas por debajo de estos valores y serán los que generen menor reacción para el levantamiento de las cargas externas.
- Los momentos máximos soportados y los momentos máximos admisibles que deben soportar en cada articulación varían de acuerdo a la postura y la frecuencia de levantamientos que realiza el trabajador, como por ejemplo, en la articulación del codo el momento máximo admisible de flexión del personal femenino para proteger al 90 % de la población es de 24,29 N.m para la postura inclinada, 29,97 N.m para la postura agachada y 24,19 N.m para la postura de pie, por lo que se debe tomar en cuenta el valor de momento máximo admisible menor para realizar el diseño biomecánico de tal manera que eliminar por completo o disminuya el riesgo de sufrir daños en todas las articulaciones.
- Para el personal femenino que realiza 7 levantamientos por minuto como máximo en un puesto de trabajo con una postura inclinada la carga externa levantada no pueden sobrepasar de 1,68 kg, para una postura agachada no puede sobrepasar de 2,12 Kg y para una postura de pie no puede sobrepasar de 1,16 Kg de tal manera que se asegure la eliminación de riesgos para el 90% de población analizada.
- Para que el 90 % del personal masculino no corra riesgos de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos por causa de los levantamientos de cargas, la masa externa levantada no debe sobrepasar de 4,32 Kg para la postura inclinada, 3,72 Kg para la postura agachada y 2,88 Kg para la postura de pie, pero como no es factible controlar en su totalidad la generación de desperdicios, éstos valores se los toma para garantizar la aplicación de un buen diseño biomecánico de puestos de trabajo.
- Un diseño biomecánico apropiado para realizar una actividad minimiza el riesgo de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos y esto se ve reflejado en la evaluación realizada a la postura del diseño biomecánico en donde con una masa

de 15,480 Kg levantados actualmente la carga máxima admisible para proteger al 90% de población es de 16,460 Kg, que es mucho mayor que las cargas máximas admisibles soportadas en la postura inclinada para proteger al mismo porcentaje de población que están dadas por 4,32 Kg para el personal masculino y 1,68 Kg para el personal femenino.

5.2 Recomendaciones

- En la aplicación de la lista de chequeo OCRA es necesario realizar videos y fotografías de las actividades que se van a evaluar con este método para tener una mejor percepción de los riesgos presentes, para que permitan encontrar un valor de índice OCRA que refleje de mejor manera los riesgos existentes.
- Al igual que en los estudios ergonómicos se recomienda el cálculo de percentiles ya que permiten obtener tener valores que se ajusten a la población analizada lo cual más confiable que realizar la evaluación con valores puntuales como mínimos y máximos.
- Todos los momentos presentes en las articulaciones varían si el individuo cambia de posición, por esta razón es necesario realizar la evaluación con la postura que el trabajador adopta justo en el instante en que realiza la fuerza para levantar la carga, ya que al no tener un diseño biomecánico apropiado está incrementando las probabilidades de sufrir lesiones o trastornos músculo esqueléticos.
- Para realizar el diseño biomecánico de puestos de trabajo se debe tener en cuenta la carga máxima admisible más baja en las articulaciones que varía dependiendo de la altura a la que se encuentra la carga como por ejemplo; para levantar una carga que se encuentre a la altura del piso, el valor que se toma en cuenta es el generado en el tobillo y la del hombro cuando sobrepasa la altura de los hombros que son las que menor carga soportan debiendo poner mucha atención si existe un valor menor en otras articulaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. P. I. L. M. R. M. G. C. M. T. Zorrilla Muñoz Vanesa, «Enfoque epidemiológico sobre los factores de riesgo biomecánico por instalaciones mecánicas en edificios,» *Ciencia & Trabajo*, vol. 24, n° 46, p. 28, 2013.
- [2] J. J. G. Á. Richard Morán, «Estudio de la rigides y estabilidd del fijador externo atlas en pruebas estáticas cíclicas,» *Dyna*, vol. 1, n° 165, pp. 84-85, 2011.
- [3] A. M. O. P. Natalia Suárez Sanabria, «Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman,» *CES MEDICINA*, vol. 27, n° 2, p. 206, 2012.
- [4] G. P. C. J. Guede D, «Biomecánica de hueso (I): Conceptos básicos y ensayos mecánicos clásicos,» *Osteoporos Metab Miner*, vol. 5, n° 1, p. 43, 2013.
- [5] O. I. Trabajo, «La prevención de las enfermedades profesionales,» 28 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.universidad.edu.uy/renderResource/index/resourceId/25401/siteId/11>. [Último acceso: 24 Abril 2015].
- [6] V. Z. Muñoz, «Enfoque Epidemiológico sobre los Factores de Riesgo Biomecánico por Instalaciones Mecánicas en Edificios,» *Ciencia & Trabajo*, vol. I, n° 46, pp. 4-6, 2013.
- [7] D. E. Telégrafo, «Los accidentes de trabajo no son reportados en su totalidad,» *Diario El Telégrafo*, 10 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.telegrafo.com.ec/sociedad/item/los-accidentes-de-trabajo-no-son-reportados-en-su-totalidad.html>. [Último acceso: 24 Abril 2015].
- [8] J. V. L. N. M. P. Claudio Muños Poblete, «Factores de riesgo ergonómicos y su relación con dolor musculoesquelético de columna vertebral: basado en la primera encuesta nacional de condiciones de empleo, equidad, trabajo, salud y calidad de

vida de los trabajadores y trabajadoras en Chile (ENEST),» Medicina y Seguridad del trabajo, vol. I, n° 58, p. 9, 2012.

- [9] I. N. S. H. Trabajo, «Sector Pesquero: Análisis de la literatura científica sobre salud laboral,» Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Monografias/Estudios%20del%20Sector%20maritimo%20pesquero/Ficheros/Revisi%C3%B3n%20bibliogr%C3%A1fica%20marineros.pdf>. [Último acceso: 26 Abril 2015].
- [10] I. N. S. H. Trabajo, «Estudio sobre riesgos laborales emergentes en el sector de la construcción,» Septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/SEGURIDAD/riesgos%20emergentes%20sector%20construccion%202013/DT%2081-1-13%20riesgos%20emergentes%20meta.pdf>. [Último acceso: 26 Abril 2015].
- [11] C. M. Poblete, «Asociación entre puesto de trabajo computacional y síntomas musculoesqueléticos en usuarios frecuentes,» Medicina y Seguridad del trabajo, vol. 58, n° 227, p. 8, 2012.
- [12] L. H. G. Estefanía, «Repositorio Digital Universidad Técnica Ambato,» Enero 2015. [En línea]. Available: http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8650/1/Tesis_t971id.pdf. [Último acceso: 20 Mayo 2015].
- [13] L. L. G. Díaz, «Repositorio Digital Universidad Técnica Ambato,» 2013. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6939/1/FCHE-MCF-1055.pdf>. [Último acceso: 20 Mayo 2015].
- [14] J. L. Melo, «Ergonomía Práctica,» de Guía para la evaluación ergonómica de un puesto de trabajo, Buenos Aires, FUNDACIÓN MAPFRE, 2009, p. 29.
- [15] U. P. Valencia, «Evaluación ergonómica de puestos de trabajo, Método OCRA,» Universidad Politécnica de Valencia, 2006-2015. [En línea]. Available:

- <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/ocra1005/ocra1005-ayuda.php>. [Último acceso: 12 Mayo 2015].
- [16] A. S. S. O. (OSHA), «Prevención de lesiones musculoesqueléticas en el procesamiento avícola,» Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3749Spanish.pdf>. [Último acceso: 14 Mayo 2015].
- [17] L. J. Laboral, «EcuadorLegalOnline,» 2 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://www.ecuadorlegalonline.com/biblioteca/codigo-de-trabajo-actualizado/>. [Último acceso: 7 Mayo 2015].
- [18] D. J. C. Mazza, «La antropometría en la ergonomía,» de Antropométrica, Argentina, University of New South Wales Press, Sidney 2052 Australia, 1996, p. 173.
- [19] A. C. s. y. J. E. Mangosio, «La ergonomía y su ámbito de aplicación,» de Seguridad e higiene en el trabajo, Buenos Aires, Grupo alfaomega, 2011, p. 302.
- [20] A. C. S. y. J. E. Mangosio, «La ergonomía y su ámbito de aplicación,» de Seguridad e higiene en el trabajo, Buenos Aires, Alfaomega, 2011, p. 307.
- [21] U. P. Valencia, «Evaluación ergonómica de puestos de trabajo,» Universidad Politécnica de Valencia, 2006-2015. [En línea]. Available: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>. [Último acceso: 12 Mayo 2015].
- [22] P. A. G. GARRO, «Biblioteca digital de la Universidad del Valle,» 2012. [En línea]. Available: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4520/1/CB-0461350.pdf>. [Último acceso: 18 Diciembre 2015].
- [23] S. C. M. E. C. C. Sofía León Pérez, «Morfología funcional y biomecánica deportiva,» Comisión Editorial de la ESPE, Sangolquí, Quito, 2014.

- [24] A. C. S. y. J. E. Mangosio, «Biomecánica ocupacional,» de Seguridad e higiene en el trabajo , Buenos Aires, Grupo Alfaomega, 2011, p. 338.
- [25] M. T. M. R. M. R. M. R. J. R. M. R. Mario Mancera Fernández, «Disciplinas de apoyo a la hergonomía,» de Seguridad e higiene industrial, Colombia, Grupo Alfaomega, 2012, pp. 306-307.
- [26] A. C. S. y. J. E. Mangosio, «Biomecánica ocupacional,» de Seguridad e higiene en el trabajo, Buenos Aires, Alfaomega, 2011, p. 375.
- [27] E. G. J. B. P. B. Pedro R Modelo, «Ergonomía 3,» de Diseño de Puestos de Trabajo, Barcelona, CPDA, 1999, p. 74.
- [28] J. LIFE, «Posición anatómica, planos y ejes del cuerpo,» J.C.HEALTHY LIFE, [En línea]. Available: <http://jctraining.webnode.es/anatomia-fisiologia/a1-planos-del-cuerpo/>. [Último acceso: 26 Mayo 2016].
- [29] M. A. Gutiérrez, «Segmentación,» de Biomecánica: La física y la fisiología, España, EBCOMP S.A., 2000, p. 88.
- [30] D. G. R. Suarez, «Fuerzas sin contacto,» de Biomecánica deportiva y control del entrenamiento, Medellín, Funámbulos Editores, 2009, pp. 37-38.
- [31] U. P. Valencia, «Evaluación ergonómica de puestos de trabajo, Biomecánica (Esfuerzos Estáticos Coplanares),» Universidad Politécnica de Valencia, 2006-2015. [En línea]. Available: <http://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>. [Último acceso: 12 Mayo 2015].
- [32] P. H. D. T. Aponte, «Mariano Marcano´s Laboratory web page,» 28 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://epsilon.uprrp.edu/htorres/courses/e3041/esta3041-lec4.pdf>. [Último acceso: 11 noviembre 2015].
- [33] J. C. S. Fernández, «Educación física,» Educación física en la red, 20 12 2011. [En línea]. Available:

- http://recursosparaeldeporte.blogspot.com/2012_02_01_archive.html. [Último acceso: 26 05 2016].
- [34] L. A. M. Perrazo, Texto guía de Estadística y Probabilidades para Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2013.
- [35] G. Maps, «Google Maps,» Google, 2016. [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/maps/place/EPM-GIDSA/@-1.2247707,-78.5926328,815m/data=!3m1!1e3!4m7!1m4!3m3!1s0x91d3811d580e374f:0xacc444303ae40fbb!2sEPM-GIDSA!3b1!3m1!1s0x91d3811d580e374f:0xacc444303ae40fbb>. [Último acceso: 25 Enero 2016].
- [36] EPM-GIDSA, «Empresa Pública Municipal Gestión Integral Desechos Sólidos Ambato,» EPM-GIDSA, 2015. [En línea]. Available: <http://www.epmgidsa.gob.ec/nosotros>. [Último acceso: 08 Mayo 2015].
- [37] E. GIDSA, «Ley de Transparencia - Acceso a la Información 2012,» Empresa Pública Municipal Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato, 2012. [En línea]. Available: <http://epmgidsa.gob.ec/transparencia/2012>. [Último acceso: 26 Noviembre 2015].
- [38] A. Gómez, «Asesor de Calidad,» Foro de calidad y noticias de interés. Asesoramiento online., 2016. [En línea]. Available: <http://asesordecalidad.blogspot.com/2014/10/que-significan-las-siglas-une-en-iso-y.html#.VwP7QJx97tR>. [Último acceso: 05 Abril 2016].
- [39] I. N. d. H. y. S. e. e. Trabajo, «Movimientos repetitivos: métodos de evaluación,» 2003. [En línea]. Available: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_629.pdf. [Último acceso: 05 Abril 2016].

- [40] M. F. V. Fernandez, «Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo,» 9 Diciembre 2011. [En línea]. Available: http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/Tareas%20repetitivas%201_identificacion.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2015].
- [41] I. N. d. S. e. H. e. e. Trabajo, «Ministerio del trabajo y asuntos sociales de España,» 2003. [En línea]. Available: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_629.pdf. [Último acceso: 22 04 2016].
- [42] J. P. Becker, «Ingeniería Humana Ergón S.A. de C.V.,» 2009. [En línea]. Available: http://www.cpzulia.org/ARCHIVOS_SSA/ISO_11228_Manejo_Manual_de_Cargas.pdf. [Último acceso: 04 Abril 2016].
- [43] R. G. M. Gustavo Malagón Londoño, «Control de factores de riesgo,» de Administración hospitalaria, Bogotá, Panamericana, 2008, p. 578.
- [44] J. P. Becker, «Organización Internacional de Normalización,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Manipulacion%20%20manual%20de%20cargas/ficheros/Normastecnicas%20sobre%20MMC.pdf>. [Último acceso: 24 03 2016].
- [45] I. N. S. H. Trabajo, «Levantamiento manual de cargas,» 1997. [En línea]. Available: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_477.pdf. [Último acceso: 15 02 2016].
- [46] D. B. Villaseñor, «UHMA SALUD, nuestro blog saludable,» 16 Abril 2013. [En línea]. Available: <http://www.uhmasalud.com/blog/bid/284711/Salud-laboral-Trastornos-m%C3%BAsculo-esquel%C3%A9ticos>. [Último acceso: 24 Abril 2015].

- [47] T. Stevenson, «EcuRed,» EcuRed, Conocimientos para todos, 29 Marzo 2016. [En línea]. Available: http://www.ecured.cu/Biomec%3%A1nica_ocupacional. [Último acceso: 29 Marzo 2016].
- [48] C. R. Iglesias, «Researchgate,» Octubre 2013. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/41544951_Desarrollo_metodologico_para_la_evaluacion_ergonomica_del_puesto_de_camareroa_de_piso. [Último acceso: 22 Octubre 2015].

ANEXOS

ANEXO 1: Masas de los segmentos corporales.

Las masas corporales son tomadas siguiendo los el procedimiento mostrado en el organigrama de actividades para la toma de medidas de peso mostrado en el diagrama 7 y en la fig. 12, de donde se obtienen los valores presentados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Masas corporales del personal masculino de barrido y recolección de la EPM – GIDSA.

Masas corporales del personal masculino (Kg).										
74,00	73,20	75,20	57,60	76,70	71,00	67,60	69,70	61,60	68,80	61,90
71,70	90,20	68,60	74,10	58,60	54,00	70,10	60,60	64,40	67,60	64,40
71,70	57,30	81,80	69,20	58,40	77,80	55,70	88,10	76,40	83,50	61,00
60,70	76,50	61,70	63,00	63,50	51,90	69,80	61,40	65,30	60,70	49,60
78,80	83,70	65,10	72,30	57,10	54,30	83,50	56,80	70,90	63,10	52,70
72,10	58,00	76,60	69,50	60,40	71,10	49,00	62,80	60,80	76,40	62,10
58,50	67,90	65,60	54,60	68,50	62,50	63,70	60,10	55,60	70,90	62,80
76,10	67,50	74,10	64,60	79,70	67,80	63,10	90,50	56,90	60,80	
76,00	90,90	62,70	81,40	59,50	62,90	60,70	70,70	58,80	56,90	
76,60	64,50	72,40	70,30	67,60	64,60	63,10	73,80	72,90	72,90	
54,00	67,00	61,20	51,10	61,30	66,80	66,40	68,80	68,90	58,40	
51,10	63,90	69,70	72,20	72,20	58,10	77,70	82,30	58,40	76,60	

Tabla 1.2. Masas corporales del personal femenino de barrido y recolección de la EPM - GIDSA.

Masas corporales del personal femenino (Kg).		
49,60	52,70	62,10

ANEXO 2: Estaturas de los segmentos corporales.

Las estaturas corporales son tomadas siguiendo los el procedimiento mostrado en el organigrama de actividades para la toma de medidas de estatura mostrado en el diagrama 8 y en la Fig. 13, de donde se obtienen los valores presentados en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Estaturas corporales del personal masculino de barrido y recolección de la EPM – GIDSA.

Estaturas corporales del personal masculino (cm).								
166,70	162,80	162,50	166,70	168,20	162,60	166,30	167,00	164,70
160,50	157,90	158,80	152,00	160,90	155,90	170,50	155,50	160,00
161,40	159,50	162,00	153,20	158,50	153,90	165,30	156,00	160,30
156,50	158,30	159,50	164,60	156,90	157,50	161,50	153,60	160,00
163,50	158,20	161,10	161,20	162,60	159,90	171,80	165,50	159,30
154,20	170,00	157,50	162,80	164,80	167,20	174,50	152,00	156,20
159,30	160,50	160,00	162,50	151,10	164,70	161,70	167,00	153,50
159,00	162,50	163,50	153,00	159,80	167,30	159,80	157,50	157,50
158,50	162,50	157,80	157,00	148,50	158,70	170,10	172,20	160,00
163,00	163,00	159,30	160,30	165,50	151,80	158,70	160,00	163,80
168,50	164,50	157,30	153,20	155,40	157,20	154,30	165,90	159,30
162,50	164,50	151,70	158,30	161,10	165,60	158,00	160,30	156,20
150,30	154,00	150,50	165,30	155,50	160,70	164,50	148,50	158,70
153,50	154,50	148,50	174,50	156,00	157,50	165,00	151,80	172,20
167,00								

Tabla 2.2. Estaturas corporales del personal femenino de barrido y recolección de la EPM - GIDSA.

Masas corporales del personal femenino (cm).		
150	150,30	152

ANEXO 3: Medidas de masas externas levantadas.

Las medidas de las masas externas levantadas son tomadas en una jornada de trabajo, haciendo una selección visual y de consulta a los trabajadores de los lugares en donde se generan mayor cantidad de desperdicios; debido a que, en esos lugares es en donde deben levantar una mayor carga externa y se obtienen los valores presentados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Masas externas levantadas por el personal de barrido y recolección.

Masas externas levantadas (Kg)										
7,10	10,00	7,80	7,30	6,80	9,40	7,50	11,30	15,40	4,60	11,90
7,20	6,80	6,70	7,10	3,80	12,50	6,90	15,40	20,30	4,90	20,60
9,70	5,70	8,40	7,10	7,80	41,00	34,00	7,50	3,50	7,50	28,70
38,50	14,50	39,60	29,30	8,50	7,20	4,90	10,50	4,70	7,40	72,80
14,40	8,30	11,40	12,50	7,10	6,50	7,30	6,10	6,30	7,80	6,70
5,90	7,80	7,70	7,30	7,40	6,80	7,30	5,40	7,80	6,30	7,80
5,00	14,30	23,40	16,70	4,90	5,80	7,30	6,80	7,50	7,40	7,40
7,20	7,00	8,00	9,30	17,10	6,20	7,70	5,60	6,70	4,50	7,40
7,80	7,40	7,10	7,00	6,10	6,00	4,70	9,50	4,60	6,40	4,70
7,10	7,00	8,70	22,60	24,50	18,70	7,40	6,50	15,70	6,70	7,60
12,50	7,40	8,20	6,10	28,30	5,80	20,10	16,00	6,70	27,50	7,30
5,80	20,10	16,00	6,70	6,70	5,00	7,10	6,80	5,90	32,80	6,20
7,30	7,70	6,40	7,20	7,80	7,40	6,80	7,10	5,90	43,60	640

ANEXO 4: Diagramas de cuerpo libre y ángulos formados por los segmentos corporales.

En la Fig. 4.1 y Fig. 4.2 se presentan los diagramas de cuerpo libre para el modelo de personal femenino en la posición inclinada.

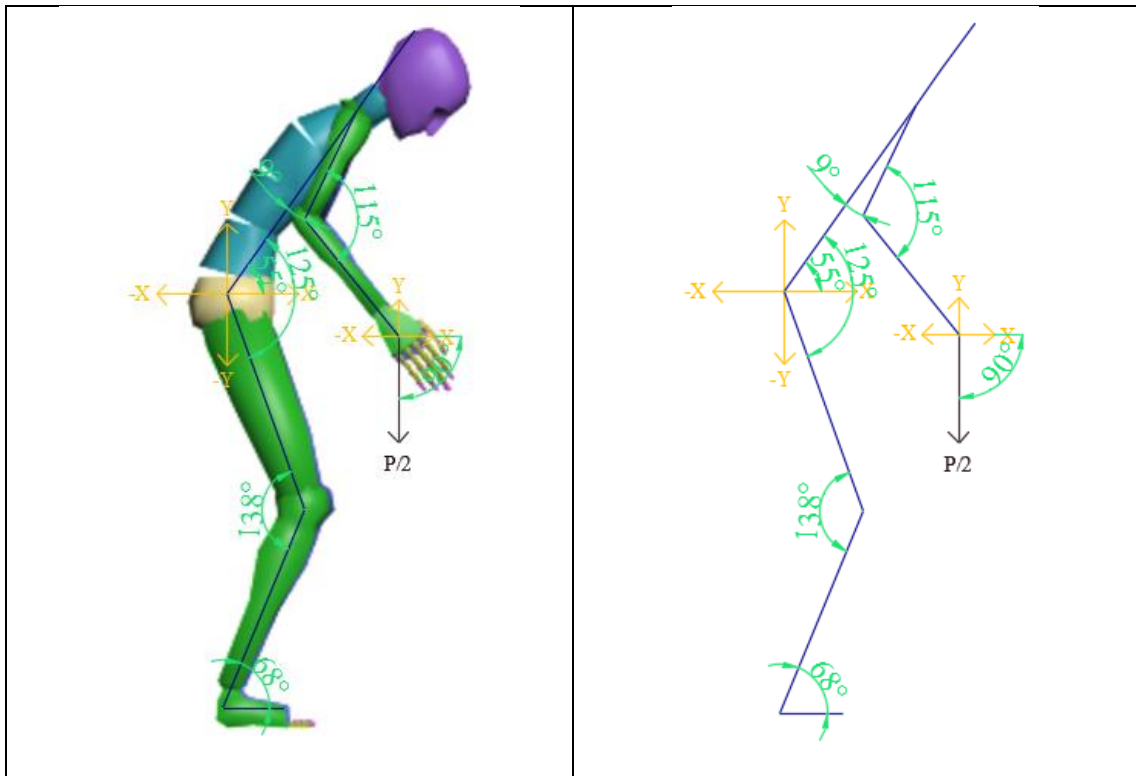


Fig. 4.1. Diagrama de cuerpo entero para el personal femenino inclinado.

Fig. 4.2 Diagrama de cuerpo libre para el personal femenino inclinado.

Los ángulos formados por los segmentos corporales se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Ángulos formados por los segmentos corporales femeninos en l posición inclinada

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	68°
(Muslo - Pierna) α_k	138°
(Cadera – Tronco) α_h	125°
(Horizontal - Tronco) α_t	55°
(Tronco - Brazo) α_s	9°
(Brazo - Antebrazo) α_e	115°
(Horizontal - Peso) α_f	90°

En la Fig. 4.3 y Fig. 4.4 se presentan los diagramas para el personal masculino agachado.

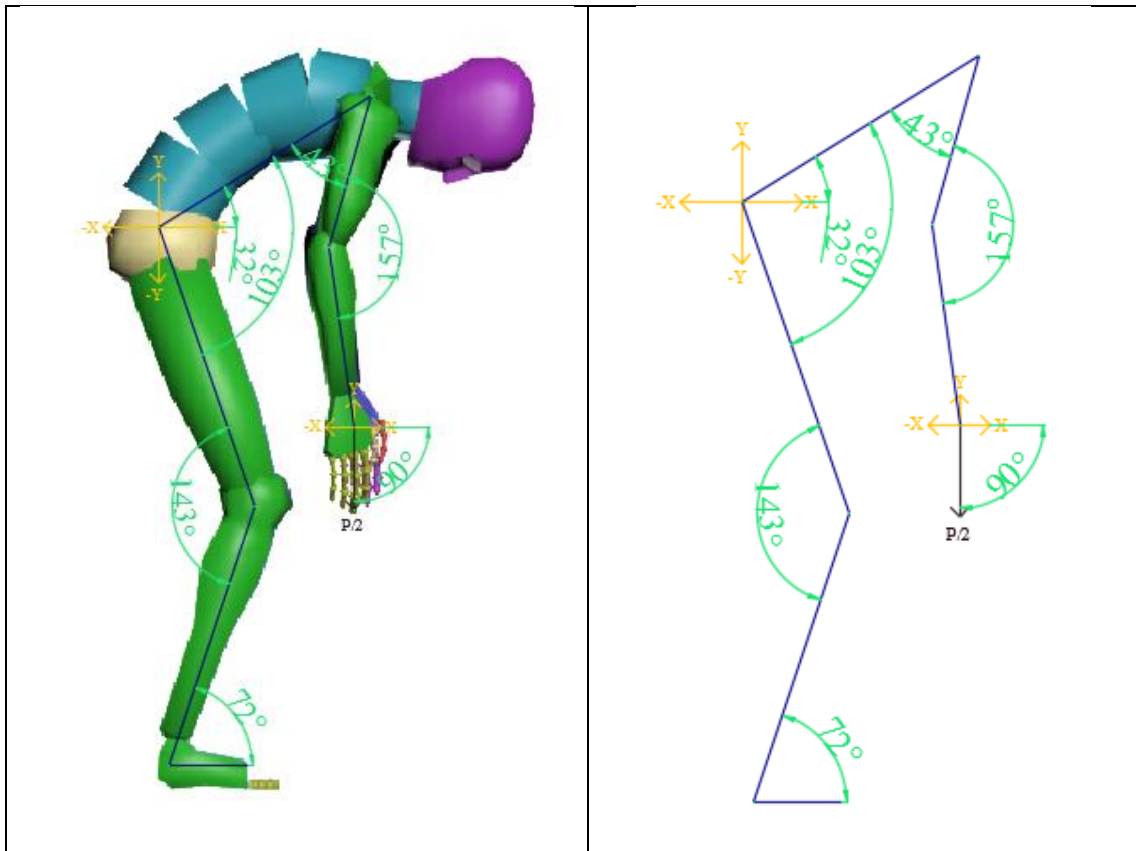


Fig. 4.3. Representación del trabajador agachado.

Fig. 4.3. Diagrama de cuerpo libre del trabajador agachado.

Los ángulos necesarios para la evaluación biomecánica se presentan en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Ángulos formados entre segmentos corporales para el personal masculino agachado.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	76°
(Muslo - Pierna) α_k	143°
(Cadera – Tronco) α_h	100°
(Horizontal - Tronco) α_t	32°
(Tronco - Brazo) α_s	43°
(Brazo - Antebrazo) α_e	157°
(Horizontal - Peso) α_f	90

En la Fig. 4.5 y Fig. 4.6 se presentan los ángulos entre segmentos corporales para el personal femenino con una postura agachada.

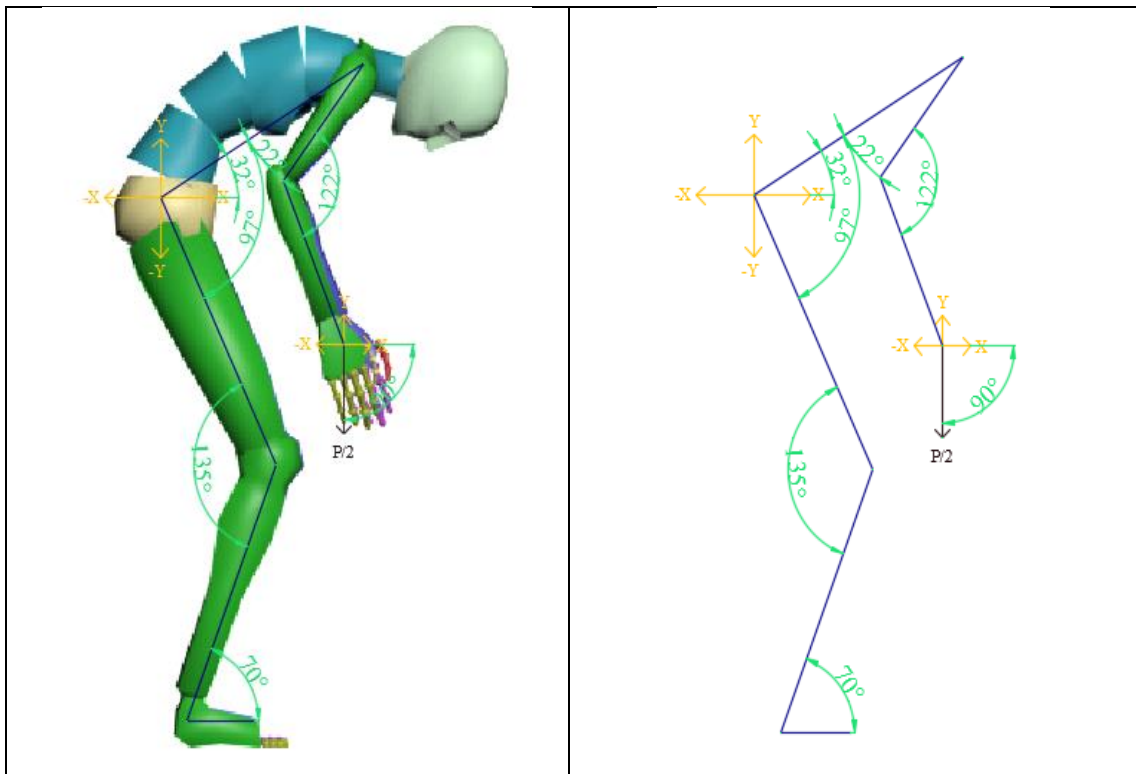


Fig. 4.5. Representación del trabajador femenino agachado.

Fig. 4.6. Diagrama de cuerpo libre del personal femenino agachado.

Los ángulos necesarios para la evaluación biomecánica se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Ángulos formados entre segmentos corporales del personal femenino agachado.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	70°
(Muslo - Pierna) α_k	135°
(Cadera – Tronco) α_h	97°
(Horizontal - Tronco) α_t	32°
(Tronco - Brazo) α_s	22°
(Brazo - Antebrazo) α_e	122°
(Horizontal - Peso) α_f	90°

En la Fig. 4.7 y Fig.4.8 se presentan los diagramas para los trabajadores en una postura de pie.

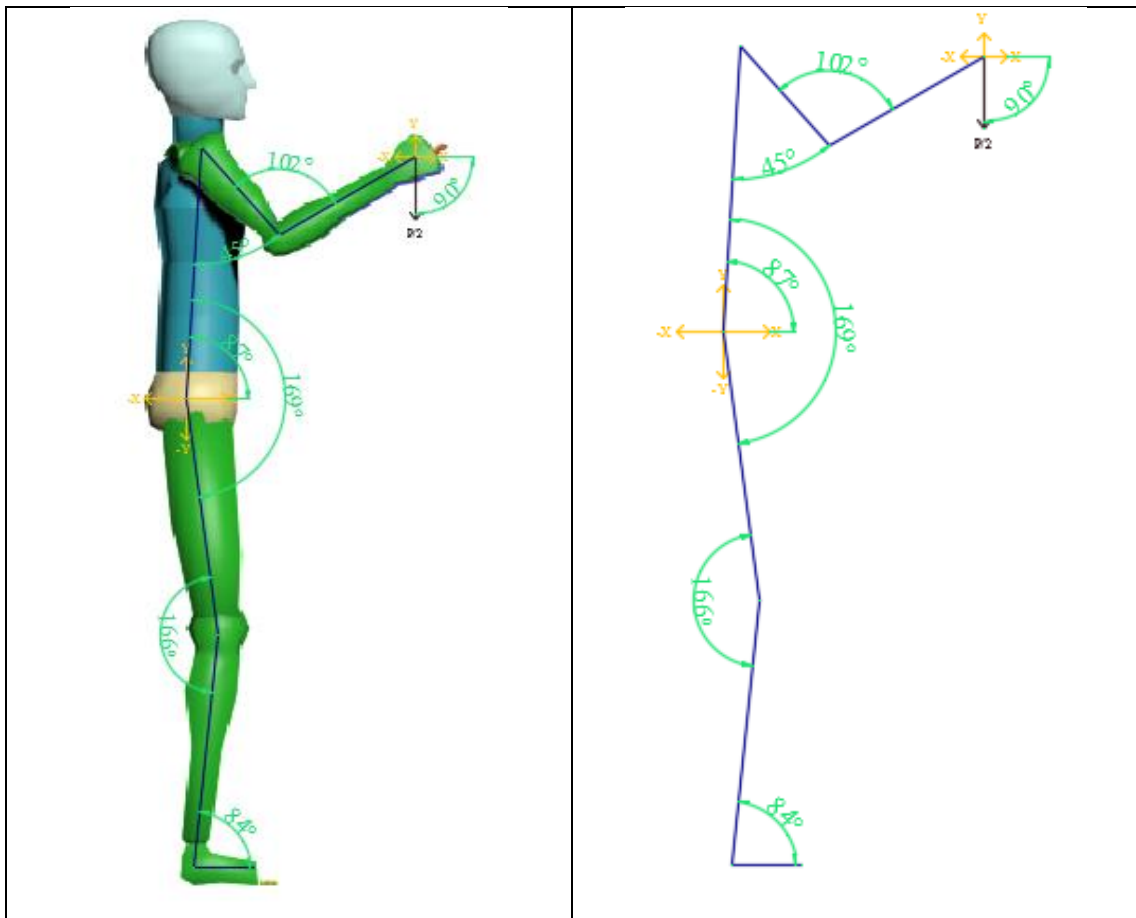


Fig. 4.7. Representación del trabajador de pie.

Fig. 4.8. Diagrama de cuerpo libre del personal masculino de pie.

Los ángulos formados entre los segmentos corporales se presentan en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Ángulos formados entre segmentos corporales masculino en la postura de pie.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	84°
(Muslo - Pierna) α_k	166°
(Cadera – Tronco) α_h	169°
(Horizontal - Tronco) α_t	87°
(Tronco - Brazo) α_s	45
(Brazo - Antebrazo) α_e	102°
(Horizontal - Peso) α_f	90°

La Fig. 4.9 y Fig. 4.10 presentan los ángulos formados entre segmentos corporales para el personal femenino en la posición de pie.

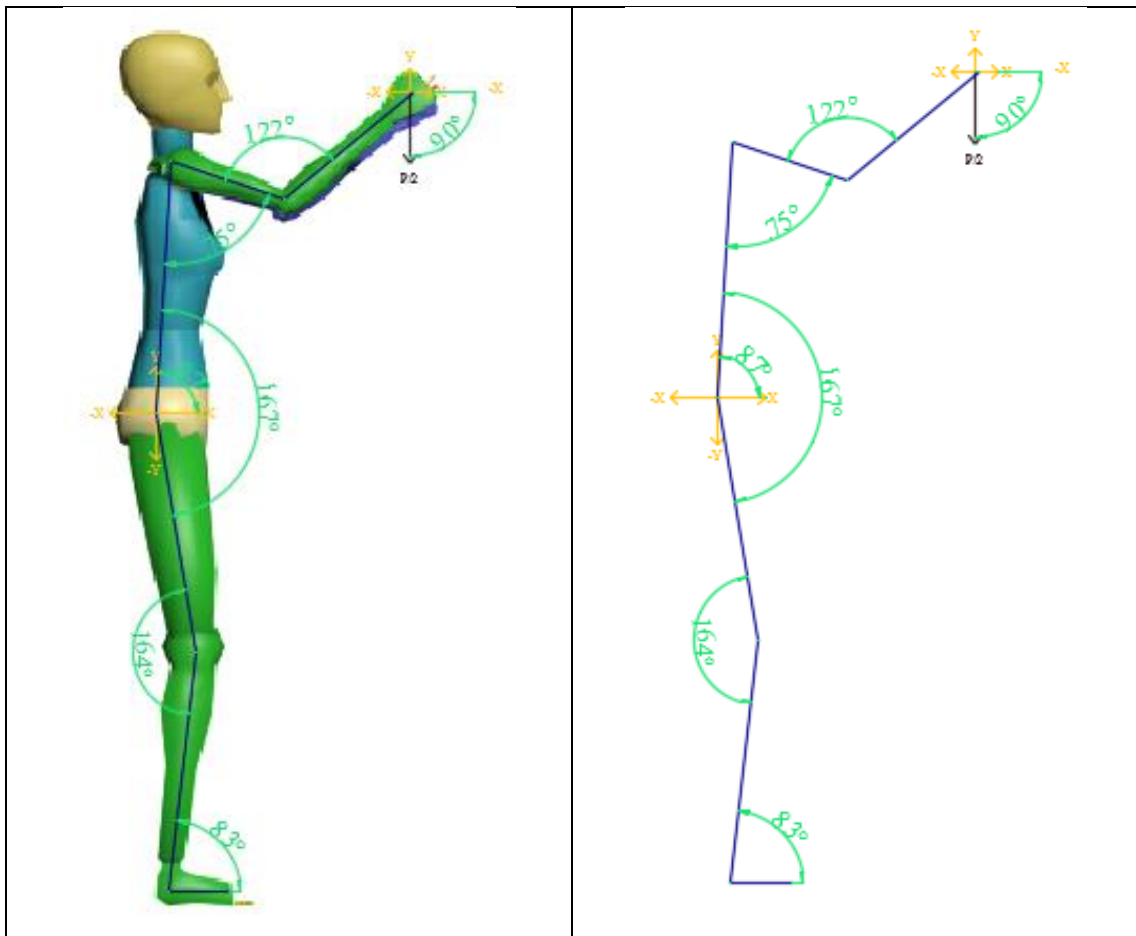


Fig. 4.9. Representación del trabajador de pie.

Fig. 4.10. Diagrama de cuerpo libre del personal femenino de pie.

Los ángulos formados por los segmentos corporales se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Ángulos formados por los segmentos corporales femeninos cuando están de pie.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) α_a	83°
(Muslo - Pierna) α_k	164°
(Cadera – Tronco) α_h	167°
(Horizontal - Tronco) α_t	87°
(Tronco - Brazo) α_s	75°
(Brazo - Antebrazo) α_e	122°
(Horizontal - Peso) α_f	90°

ANEXO 5: Masas de los segmentos corporales y porcentajes de distancias de los centros de gravedad para el personal femenino.

Las Tabla 5.1 presenta las masas de los segmentos corporales para el personal femenino que se determinan mediante la Tabla 1 enunciada en el capítulo II.

Tabla 5.1. Masas corporales del personal femenino

Segmento	% Masa	MINIMO
Cuerpo	100,00%	49,6
Cabeza	6,20%	3,08
Cuello	2,20%	1,09
Tórax	21,90%	10,86
Abdomen	14,70%	7,29
Pelvis	13,40%	6,65
Brazo	2,80%	1,39
Antebrazo	1,70%	0,84
Mano	0,60%	0,3
Muslo	10,00%	4,96
Pierna	4,30%	2,13
Pie	1,40%	0,69

La Tabla 5.2 presenta los porcentajes de distancias a los cuales se encuentran ubicados los centros de gravedad de cada segmento corporal femenino que se determinan mediante la Tabla 2 enunciada en el capítulo II.

Tabla 5.2. Porcentajes de segmentos corporales femeninos.

Segmento	Centro de gravedad (cg) %	Distancias en (cm)	% del segmento en (cm)
Cabeza y cuello	46,40%	28,546	13,245
Tronco	38,03%	43,776	16,648
Brazo	51,30%	28,272	14,504
Antebrazo	39,96%	22,192	8,868
Mano	82,00%	16,416	13,461
Muslo	37,19%	30,400	11,306
Pantorrilla	37,05%	43,320	16,050

ANEXO 6: Reacciones generadas en las articulaciones de cada postura generadas por acción de la masa exterior.

La Tabla 6.1 muestra las reacciones generadas en las articulaciones del personal masculino de la EPM – GIDSA en la posición agachado y de pie como se muestran en la Fig. 26 y Fig. 27 del capítulo IV se presentan a continuación.

Tabla 6.1. Reacciones generadas en las articulaciones del personal masculino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{cy})	87,99 N	87,99 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cx})	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{hy})	102,54 N	102,54 N
Reacción en el eje horizontal (R_{hx})	0 N	0 N
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical ($R_{L5/S1y}$)	422,14 N	422,14 N
Reacción en el eje horizontal ($R_{L5/S1x}$)	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{cay})	239,78 N	239,78 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cax})	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{roy})	305,81 N	305,81 N
Reacción en el eje horizontal (R_{rox})	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{toy})	328,16 N	328,16 N
Reacción en el eje horizontal (R_{tox})	0 N	0 N

En la Tabla 6.2 se tabulan las reacciones generadas en las articulaciones del personal femenino trabajando en las posturas inclinadas, agachadas y de pie como se muestra en la Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 del capítulo IV.

Tabla 6.2. Reacciones generadas en las articulaciones del personal femenino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Inclinada	Agachada	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{cy})	87,08 N	87,08 N	87,08 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cx})	0 N	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Inclinada	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{hy})	100,54 N	100,54 N	100,54 N
Reacción en el eje horizontal (R_{hx})	0 N	0 N	0 N
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Inclinada	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical ($R_{L5/S1y}$)	401,75 N	401,75 N	401,75 N
Reacción en el eje horizontal ($R_{L5/S1x}$)	0 N	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Inclinada	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{cay})	227,42 N	227,42 N	227,42 N
Reacción en el eje horizontal (R_{cax})	0 N	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Inclinada	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{roy})	288,46 N	288,46 N	288,46 N
Reacción en el eje horizontal (R_{rox})	0 N	0 N	0 N
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Inclinada	Agachado	De pie
Reacción en el eje vertical (R_{toy})	309,13 N	309,13 N	309,13 N
Reacción en el eje horizontal (R_{tox})	0 N	0 N	0 N

ANEXO 7: Momentos generados por acción de segmentos corporales y de la carga exterior en cada articulación.

Los valores presentados en la Tabla 7.1 están dados para la postura agachada y de pie del personal masculino como se muestra en la Fig. 26 y Fig. 27 del capítulo IV.

Tabla 7.1. Momentos generados en las articulaciones del personal masculino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{cf})	3,58 N.m	22,31 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{csc})	0,28 N.m	1,73 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{cT})	3,86 N.m	24,05 N.m
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{hf})	-2,64 N.m	38,40 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{sc})	-1,31 N.m	5,84 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{hT})	-3,95 N.m	44,24 N.m
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior ($M_{L5/S1f}$)	45,46 N.m	79,93 N.m
Momento respecto del segmento corporal ($M_{L5/S1sc}$)	87,00 N.m	17,46 N.m
Momento total originado pos las masas ($M_{L5/S1T}$)	132,46 N.m	97,39 N.m
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{caf})	28,82 N.m	40,34 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{casc})	48,97 N.m	8,70 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{caT})	77,78 N.m	49,04 N.m
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{rof})	17,99 N.m	35,71 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{rosc})	19,76 N.m	-3,78 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{roT})	37,75 N.m	31,93 N.m
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachado	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{tof})	27,11 N.m	38,80 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{tosc})	49,04 N.m	6,12 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{toT})	76,16 N.m	44,93 N.m

En la tabla 7.2 se presentan los valores calculados en las posturas inclinada, agachada y de pie como se muestra en la Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 en el capítulo IV.

Tabla 7.2. Momentos generados en las articulaciones del personal femenino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{cf})	7,5 N.m	8,63 N.m	17,65 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{csc})	0,54 N.m	0,62 N.m	1,27 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{cT})	8,04 N.m	9,25 N.m	18,92 N.m
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{hf})	3,77 N.m	-4,00 N.m	38,09 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{sc})	-0,34 N.m	-2,36 N.m	6,10 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{hT})	3,42 N.m	-6,37 N.m	44,19 N.m
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior ($M_{L5/S1f}$)	39,73 N.m	37,35 N.m	78,98 N.m
Momento respecto del segmento corporal ($M_{L5/S1sc}$)	54,50 N.m	69,36 N.m	16,96 N.m
Momento total originado pos las masas ($M_{L5/S1T}$)	94,23 N.m	106,71 N.m	95,94 N.m
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{caf})	23,72 N.m	24,11 N.m	39,83 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{casc})	29,29 N.m	39,20 N.m	8,46 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{caT})	53,01 N.m	63,31 N.m	48,29 N.m

ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{rof})	14,54 N.m	11,55 N.m	35,69 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{rosc})	6,38 N.m	7,86 N.m	-1,86 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{roT})	20,91 N.m	19,41 N.m	33,83 N.m
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Inclinada	Agachada	De pie
Momento respecto del peso exterior (M_{tof})	24,86 N.m	20,58 N.m	38,45 N.m
Momento respecto del segmento corporal (M_{tosc})	36,98 N.m	34,65 N.m	6,33 N.m
Momento total originado pos las masas (M_{toT})	61,84 N.m	55,23 N.m	44,78 N.m

ANEXO 8: Momentos máximos admisibles, desviación típica y momentos máximos admisibles para el porcentaje de población a proteger.

La Tabla 8.1 presenta los valores obtenidos en la postura agachada y de pie del personal masculino como se muestra en la Fig. 26 y Fig. 27 del capítulo IV.

Tabla 8.1. Momentos máximos admisibles generados en las articulaciones del personal masculino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachado	De pie
Momentos a flexión (S_{cf})	66,89 N.m	73,66 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{cf})	16,44 N.m	18,11 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{cf90})	45,85 N.m	50,48 N.m
Momentos a extensión (S_{ce})	-33,08 N.m	-39,62 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{ce})	6,66 N.m	7,98 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	-24,56 N.m	-29,41 N.m
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachado	De pie
Momentos a flexión (S_{hf})	89,62 N.m	80,73 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{hf})	20,71 N.m	18,66 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{hf90})	63,11 N.m	56,85 N.m
Momentos a extensión (S_{he})	-99,29 N.m	-99,19 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{he})	31,10 N.m	31,07 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{he90})	63,11 N.m	-50,43 N.m
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachado	De pie
Momentos a flexión ($S_{L5/S1f}$)	113,10 N.m	113,10 N.m
Desviación típica del momento flector ($\sigma_{L5/S1f}$)	33,20 N.m	33,20 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1f90}$)	70,60 N.m	70,60 N.m

Momentos a extensión ($S_{L5/S1e}$)	-338,54 N.m	-274,97 N.m
Desviación típica del momento extensor ($\sigma_{L5/S1e}$)	106,84 N.m	78,13 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1e90}$)	-201,79 N.m	-147,96 N.m
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachado	De pie
Momentos a flexión (S_{caf})	195,53 N.m	223,17 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{caf})	53,36 N.m	60,90 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{caf90})	127,23 N.m	145,21 N.m
Momentos a extensión (S_{cae})	-215,98 N.m	-195,81 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{cae})	86,74 N.m	78,64 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{cae90})	-104,96 N.m	-95,15 N.m
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachado	De pie
Momentos a flexión (S_{rof})	116,62 N.m	137,54 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{rof})	34,22 N.m	40,36 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{rof90})	72,82 N.m	85,89 N.m
Momentos a extensión (S_{roe})	-414,60 N.m	-524,86 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{roe})	145,24 N.m	183,86 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{roe90})	-228,70 N.m	-289,52 N.m
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachado	De pie
Momentos a flexión (S_{tof})	-165,81 N.m	-147,79 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{tof})	54,83 N.m	48,88 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{tof90})	-95,62 N.m	-85,23 N.m
Momentos a extensión (S_{toe})	0 N.m	0 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{toe})	0 N.m	0 N.m

Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{toe90})	0 N.m	0 N.m
---	-------	-------

La Tabla 8.2 presenta los valores obtenidos en las posturas inclinada, agachada y de pie como se muestra en la Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 del capítulo IV.

Tabla 8.2. Momentos máximos admisibles generados en las articulaciones del personal femenino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión (S_{cf})	36,61 N.m	39,14 N.m	36,46 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{cf})	9,63 N.m	10,29 N.m	9,59 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{cf90})	24,29 N.m	25,97 N.m	24,19 N.m
Momentos a extensión (S_{ce})	-19,12 N.m	-21,29 N.m	-18,19 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{ce})	6,17 N.m	6,87 N.m	6,03 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	-11,22 N.m	-12,50 N.m	-10,97 N.m
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión (S_{hf})	44,43 N.m	42,39 N.m	40,06 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{hf})	11,70 N.m	11,17 N.m	10,55 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{hf90})	29,45 N.m	28,10 N.m	26,55 N.m
Momentos a extensión (S_{he})	-50,17 N.m	-50,29 N.m	-48,99 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{he})	19,16 N.m	19,21 N.m	18,71 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{he90})	-25,64 N.m	-25,70 N.m	-25,04 N.m

ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión ($S_{L5/S1f}$)	59,50 N.m	59,50 N.m	59,50 N.m
Desviación típica del momento flector ($\sigma_{L5/S1f}$)	23,60 N.m	23,60 N.m	23,60 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1f90}$)	29,29 N.m	29,29 N.m	29,29 N.m
Momentos a extensión ($S_{L5/S1e}$)	-204,37 N.m	-220,76 N.m	-161,68 N.m
Desviación típica del momento extensor ($\sigma_{L5/S1e}$)	70,65 N.m	76,27 N.m	55,79 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población ($S_{L5/S1e90}$)	-113,93 N.m	-123,14 N.m	-90,27 N.m
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión (S_{caf})	146,39 N.m	124,63 N.m	149,06 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{caf})	49,25 N.m	41,92 N.m	50,15 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{caf90})	83,36 N.m	70,96 N.m	84,88 N.m
Momentos a extensión (S_{cae})	-108,21 N.m	-116,07 N.m	-103,42 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{cae})	40,89 N.m	43,86 N.m	39,08 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{cae90})	-55,87 N.m	-59,92 N.m	-53,39 N.m
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión (S_{rof})	67,28 N.m	65,11 N.m	81,91 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{rof})	21,61 N.m	20,91 N.m	26,31 N.m

Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{rof90})	39,62 N.m	38,34 N.m	48,23 N.m
Momentos a extensión (S_{roe})	-266,65 N.m	-255,24 N.m	-352,44 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{roe})	92,42 N.m	88,47 N.m	122,16 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{roe90})	-148,62 N.m	-142,00 N.m	-196,08 N.m
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Inclinada	Agachada	De pie
Momentos a flexión (S_{tof})	-86,66 N.m	-84,41 N.m	-73,90 N.m
Desviación típica del momento flector (σ_{tof})	23,79 N.m	23,17 N.m	20,28 N.m
Momentos a flexión para el 90 % de la población (S_{tof90})	-56,21 N.m	-54,75 N.m	-47,93 N.m
Momentos a extensión (S_{toe})	0 N.m	0 N.m	0 N.m
Desviación típica del momento extensor (σ_{toe})	0 N.m	0 N.m	0 N.m
Momentos a extensión para el 90 % de la población (S_{ce90})	0 N.m	0 N.m	0 N.m

ANEXO 9: Cargas máximas soportadas y cargas máximas admisibles para cada articulación en lastres posturas analizadas.

Los valores presentados en la Tabla 9.1 son dados para la postura de un trabajador agachado y de pie como se muestra en la Fig. 26 y Fig. 27 en el capítulo IV.

Tabla 9.1. Cargas máximas soportadas y cargas máximas admisibles generadas en las articulaciones del personal masculino dela EPM - GIDSA.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	143,97 Kg	24,98 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	13,79 Kg	2,37 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg	7,74 Kg
ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	288,06 Kg	15,11 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	23,94 Kg	1,44 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg	7,74 Kg
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	85,77 Kg	44,77 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	5,48 Kg	3,54 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg	15,48 Kg
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	44,93 Kg	35,95 Kg

Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	2,11 Kg	2,33 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg	7,74 Kg
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	41,73 Kg	30,67 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	3,20 Kg	2,72 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg	7,74 Kg
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Agachado	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	33,38 Kg	28,30 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	1,86 Kg	2,21 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,74 Kg	7,74 Kg

Los valores presentados en la Tabla 9.2 están dados para las posturas inclinada, agachada y de pie del personal femenino de barrido y recolección de la EPM – GIDSA como se muestra en la Fig. 25, Fig. 26 y Fig. 27 en el capítulo IV.

Tabla 9.2. Carga máxima soportada y carga máxima admisible generada en las articulaciones del personal femenino.

ARTICULACIÓN DEL CODO	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{cf})	15,49 Kg	34,59 Kg	15,46 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{cf90adm}$)	0,84 Kg	3,19 Kg	1,41 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg	7,740 Kg

ARTICULACIÓN DEL HOMBRO	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{hf})	92,10 Kg	92,76 Kg	6,91 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{hf90adm}$)	8,58 Kg	6,32 Kg	0,58 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg	7,740 Kg
ARTICULACIÓN INTERVERTEBRAL (L5/S1)	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación ($m_{L5/S1f}$)	58,47 Kg	62,83 Kg	28,40 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{L5/S1f90adm}$)	3,25 Kg	3,12 Kg	2,01 Kg
Carga externa levantada actualmente con dos manos es (m_{ex})	15,48 Kg	15,48 Kg	15,48 Kg
ARTICULACIÓN DE LA CADERA	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{caf})	25,79 Kg	24,71 Kg	18,48 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{caf90adm}$)	1,22 Kg	0,93 Kg	1,22 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg	7,740 Kg
ARTICULACIÓN DE LA RODILLA	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{rof})	32,47 Kg	38,42 Kg	18,19 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{rof90adm}$)	2,48 Kg	2,86 Kg	1,52 Kg


Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg	7,740 Kg
ARTICULACIÓN DEL TOBILLO	Inclinada	Agachada	De pie
Carga máxima soportada por articulación (m_{tof})	15,49 Kg	18,73 Kg	13,62 Kg
Carga máxima admisible para el 90 % de la población ($m_{tof90adm}$)	0,84 Kg	1,06 Kg	1,17 Kg
Carga externa levantada actualmente con una mano es (m_{ex})	7,740 Kg	7,740 Kg	7,740 Kg

ANEXO 10: Tabla de valores de Z para una distribución normal.

TABLA III DISTRIBUCION NORMAL

$$P(Z \leq z) = \Phi(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-w^2/2} dw$$

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0515	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 1 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunchillas	

ANEXO 11: Diseños biomecánicos de puestos de trabajo para levantamiento de cargas.

Diseño 1: Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección para levantamiento de cargas a nivel de piso.

1.- Objetivo:

Realizar el diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA.


2.- Alcance:

El procedimiento es aplicado a todo el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA que realice levantamientos de cargas en la jornada de trabajo con el fin de establecer la postura correcta para realizar el levantamiento de cargas en la posición de cunchillas que reemplace a la posición agachada del trabajador, basado en el concepto de la biomecánica ocupacional con la finalidad de prevenir o disminuir el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos en las articulaciones.

3.- Normas y reglamentos:

La norma tomada en el diseño biomecánico para el levantamiento de cargas se presentan a continuación:

- Norma ISO 11228 en el manejo de cargas, presentada por Jean Paul Becker en México en el XV congreso internacional de ergonomía SEMAC en el 2009.
- Folleto de manipulación de cargas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo presentado en la ciudad de España el 16 de Febrero del 2006.
- Norma NTP 477 de Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH, presentada en la ciudad de España por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año de 1997.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 2 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunclillas

4.- Definiciones:

Carga externa: se entenderá por carga externa al peso que levante el trabajador durante la actividad.

Biomecánica ocupacional: se entenderá por biomecánica ocupacional al estudio del cuerpo humano en una jornada de trabajo para prevenir riesgos laborales y realizar un mejor diseño de condiciones en relación con la postura, movimientos y esfuerzos en el trabajo.

Trastornos Musculoesqueléticos (TME): términos utilizados para referirse a los trastornos asociados a las articulaciones como pueden ser dolores o rigidez de las mismas.

5.- Responsables:

El responsable de verificar el cumplimiento del procedimiento es el encargado o jefe del departamento de seguridad y salud ocupacional de la empresa o los jefes del personal de barrido y recolección de desperdicios.

6.- Descripción de las actividades

Durante el barrido y la recolección de desperdicios, el personal de la EPM – GIDSA hace uso de varias herramientas de trabajo como una pala de recolección de basura, una escoba, un carrito recolector y/o un recipiente o funda plástica de basura como se muestran en las Figs. 1, 2 y 3.


	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 3 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cuncilllas



Fig.1. Funda plástica, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.




Fig. 2. Carrito recolector, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.



Fig. 3. Personal de recolección de la EPM- GIDSA.

6.- Descripción de actividad

El personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA realiza las labores de limpieza en la ciudad de Ambato en donde llevan a cabo diversas actividades, entre ellas el barrido de calles y parques y levantamiento de cargas durante la recolección, que son realizadas frecuentemente durante la jornada de trabajo además de estar expuestos a factores adversos para el trabajador como caídas, ruido, atropellos, calor, estrés entre otros dependiendo del lugar o área en donde desempeñe su trabajo, durante la jornada de trabajo

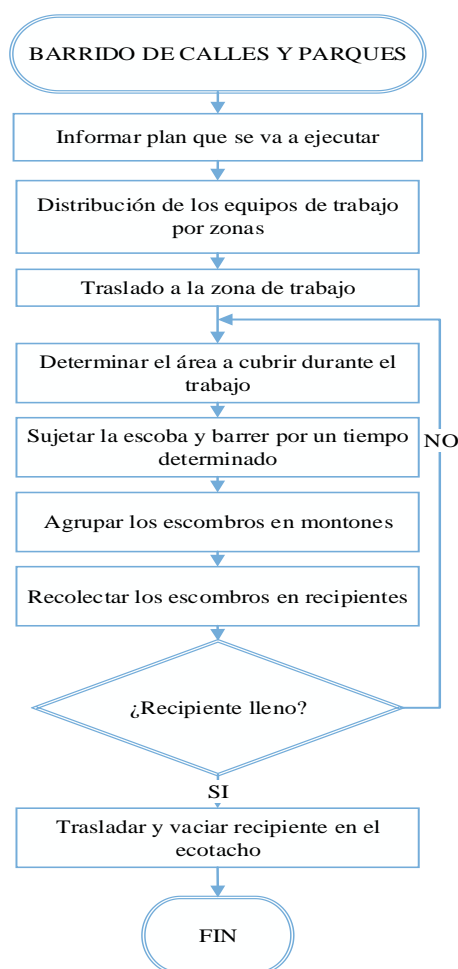
	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 4 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cucullillas

el personal de recolección descansa o realiza actividades diferente aproximadamente una hora que es el tiempo que tarda el camión recolector en ir y volver del relleno sanitario para vaciar los desperdicios, lo que no sucede con el personal de barrido que pueden tomar descansos más frecuentes de corta o larga duración o simplemente realizar otra actividad diferente a la de barrido.


7.- Diagramas de actividades realizadas durante el barrido y recolección de desperdicios

Dado que el personal de recolección también realiza la acción de barrer se presenta el diagrama de actividades que debe realizar el trabajador para este efecto.

Organigrama de actividades del barrido de calles y parques.

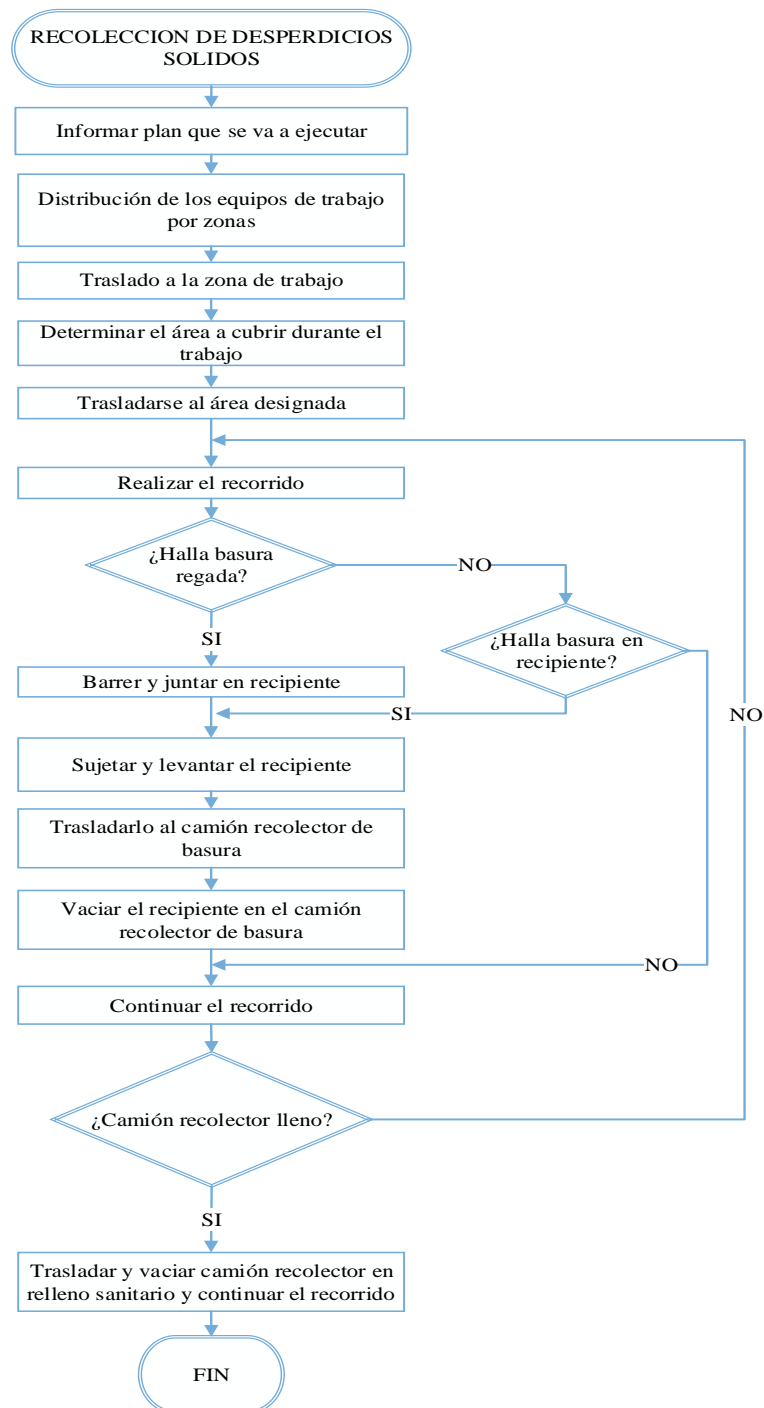


Fuente: Elaborado por investigador.


	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 5 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cuncillias

De la misma manera se presenta el diagrama de actividades para la acción de recolección de desperdicios que debe realizar el personal de la EPM – GIDSA.

Organigrama de actividades para la recolección de desechos sólidos



Fuente: Elaborado por investigador

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 6 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunclillas

8.- Aplicación del diseño biomecánico ocupacional del puesto de trabajo:

Dado que el diseño biomecánico ocupacional se determina para determinar la postura apropiada para el levantamiento de cargas en puesto de trabajo, se toma como guía las características planteadas en la norma ISO 11228 para el manejo manual de cargas en donde detalla que dicha norma es aplicable para levantar un máximo de 25 Kg de masa y en caso de exceder dicha masa se deberá adecuar o emplear accesorios o máquinas de apoyo que permita realizar la actividad sin riesgo de sufrir Trastornos Musculoesqueléticos por factores biomecánicos.

El diseño biomecánico apropiado e ideal para el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA viene dada por la postura natural de la persona pudiendo variar únicamente el ángulo formado por el brazo y antebrazo en un rango de 163° a 180° para poder levantar los 15,48 Kg de masa externa correspondientes al valor actual y dicha postura se muestra en las Fig. 1 y 2.

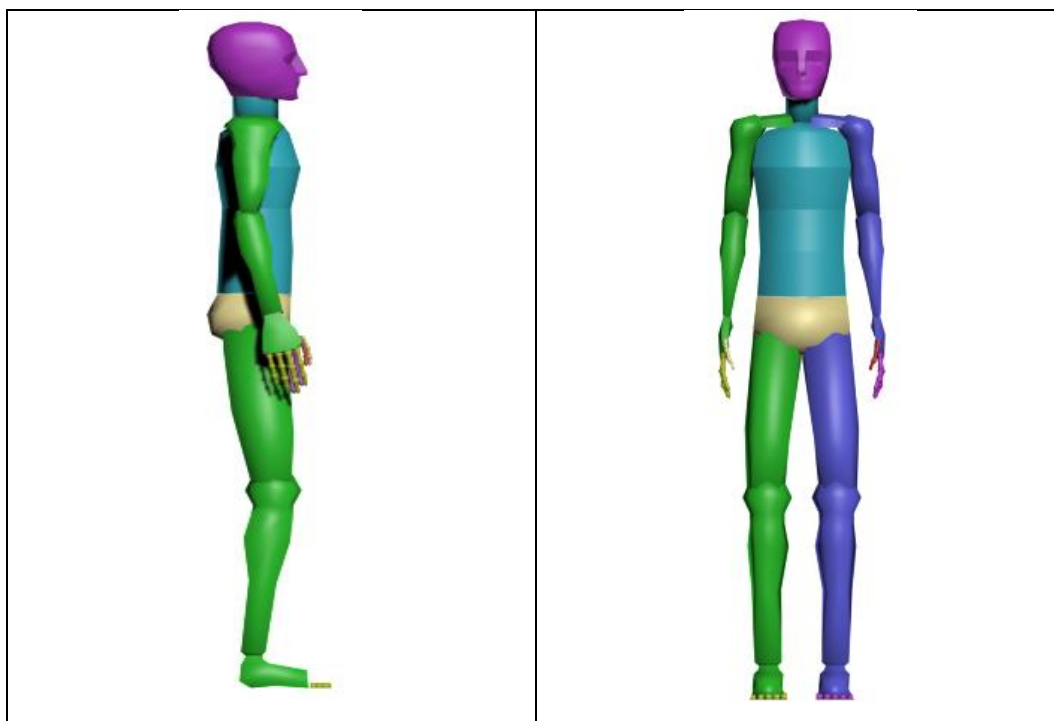



Fig. 1. Vista lateral derecha del diseño biomecánico ideal para el levantamiento.

Fig.2. Vista ortogonal del diseño biomecánico ideal para el levantamiento.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 7 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunclillas	

Con esta postura los ángulos entre los segmentos corporales se presentan como los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) αa	84°
(Muslo - Pierna) αk	166°
(Cadera - Tronco) αh	169°
(Horizontal - Tronco) αt	87°
(Tronco - Brazo) αs	0°
(Brazo - Antebrazo) αe	163°
(Horizontal - Peso) αf	90°

Este diseño biomecánico trata de cumplir en lo posible, pero en vista que las condiciones propias del trabajo no lo permiten se presenta un diseño biomecánico que se puede adoptar durante la jornada de trabajo pero que no elimina el riesgo de sufrir Trastornos Musculoesqueléticos sino que minimiza el riesgo de aparición de los mismos y para ello se presentan en las Figs. 3, 4 y 5.

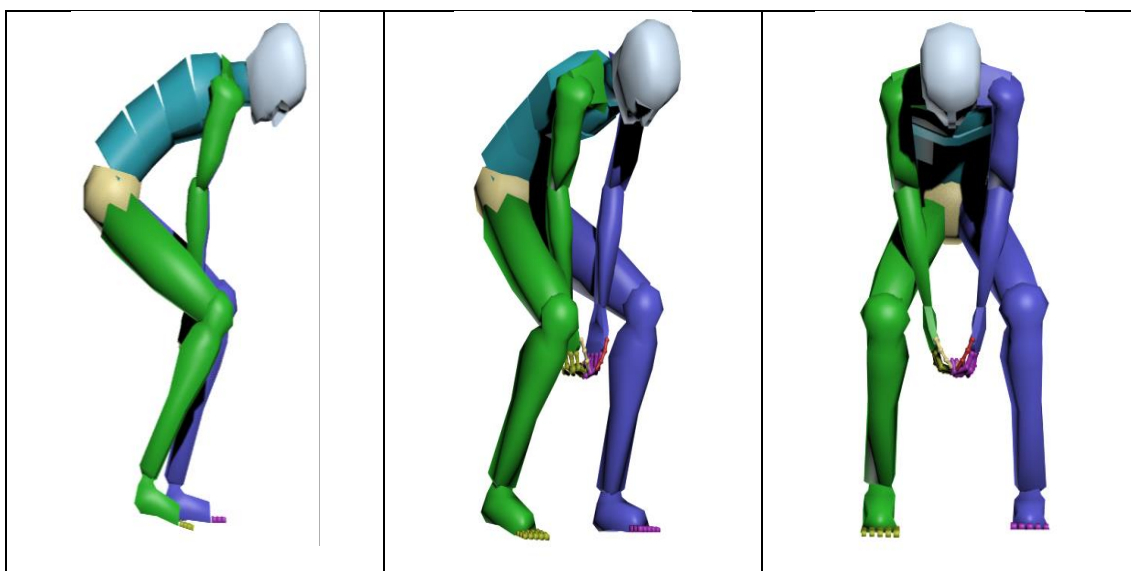



Fig. 3. Vista lateral derecha del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 4. Vista ortogonal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 5. Vista frontal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 8 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cuncillillas	

De la postura mostrada en la Fig. 3 se obtienen los ángulos a los cuales se puede tratar de llegar en la práctica y se muestra en la Tabla 2.


Tabla 2. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico para minimizar el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) αa	60°
(Muslo - Pierna) αk	90°
(Cadera - Tronco) αh	80°
(Horizontal - Tronco) αt	50°
(Tronco - Brazo) αs	20°
(Brazo - Antebrazo) αe	150°
(Horizontal - Peso) αf	90°

La postura mostrada no elimina el riesgo en el levantamiento de una carga de 15,48 Kg levantada con las dos manos o de 7,292 Kg con una sola mano como la postura mostrada en la Fig. 1 que elimina por completo el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

Teniendo en cuenta que el personal de barrido y recolección de desperdicios no cuenta con el tiempo necesario para adoptar estrictamente los dos modelos de diseño biomecánico ocupacional de puesto de trabajo, se presenta un procedimiento que debe seguir el trabajador para realizar la posición del diseño biomecánico que más se asemeje al modelo que permite minimizar el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

El Procedimiento planteado se puede aplicar para realizar el levantamiento de cualquier tipo de carga que se encuentre al nivel del piso ya que está comprobado por la evaluación biomecánica que al adoptar esta postura los momentos generados en cada articulación son menores a los momentos que se generan al realizar los levantamientos de la carga con una postura de diseño biomecánico inadecuado como puede ser, el levantar con las piernas

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 9 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cuncilllas

flexionadas y con la espalda formando una curva lo que se conoce como una posición agachada.

9.- Procedimiento para adoptar un buen diseño biomecánico para el levantamiento de cargas que se encuentren al nivel del suelo.

1
Masa externa


- Determinar visualmente si la masa a levantar no excede los 25 Kg. aproximadamente, en caso de exceso pedir ayuda a un compañero de trabajo o fragmentar la masa.



2
Colocación de pies

- Separar los pies a la altura de los hombros, uno delante del otro de manera que la punta de un pie quede aproximadamente a la altura del talón del pie opuesto en dirección del movimiento.



	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 10 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunclillas

3
Postura


- Ubicarse en la posición de cunclillas evitando curvar la espalda y en lo posible evitando girar el tronco e inclinando la cabeza aproximadamente 15 grados hacia delante.



4
Agarre

- Sujetar la carga fijamente la carga con las dos manos, de preferencia con un agarre de gancho dependiendo del recipiente u objeto a levantar.



	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 11 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cuncillillas

5
Levantamiento


- Aplicar la fuerza necesaria manteniendo las condiciones anteriores y realizar el levantamiento extendiendo las piernas y manteniendo la columna lo más erguida posible y realizar el levantamiento de la carga de una manera suave evitando los cambios bruscos de posición y giros del tronco.



6
Masa externa

- Si la masa externa es menor que 25 Kg realizar el procedimiento a partir de la actividad 2.




	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 12 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: Cunclillas	

Con el procedimiento planteado se puede conseguir una aproximación de la postura en cunclillas para realizar el levantamiento de cargas cumpliendo con las condiciones biomecánicas apropiadas para minimizar el riesgo de sufrir enfermedades o Trastornos Musculoesqueléticos por levantamiento de cargas.

NOTA: Este procedimiento es aplicable tanto para el personal masculino como para el femenino.

10.- Recomendaciones:

- Tomar las medidas de prevención de riesgos adecuadas para realizar de actividades de levantamiento de cargas.
- Cumplir en lo posible 100 % el procedimiento de trabajo presentado en el diseño biomecánico de puestos de trabajo.
- En lo posible no exceder el levantamiento de peso recomendado en la norma ISO 11228 que es de 25 Kg para un levantamiento con las 2 manos, es decir 12,5 Kg por cada extremidad superior y de ser el caso apoyarse de una herramienta o maquinaria que facilite su levantamiento.
- En caso de requerir mayor información sobre el diseño biomecánico, hacer uso del documento en donde se presenta realizada la evaluación biomecánica, Proyecto de investigación titulado “Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de desperdicios de la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato”.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 01
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 1 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

Diseño 2: Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección para el levantamiento de cargas a niveles superiores a la altura del hombro.

1.- Objetivo:

Realizar el diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de desperdicios de la EPM-GIDSA.


2.- Alcance:

El procedimiento es aplicado a todo el personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA que realice levantamientos de cargas en la jornada de trabajo con el fin de establecer la postura correcta para realizar el levantamiento de cargas en la posición de cuclillas que reemplace a la posición agachada del trabajador, basado en el concepto de la biomecánica ocupacional con la finalidad de prevenir o disminuir el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos en las articulaciones.

3.- Normas y reglamentos:

La norma tomada en el diseño biomecánico para el levantamiento de cargas se presentan a continuación:

- Norma ISO 11228 en el manejo de cargas, presentada por Jean Paul Becker en México en el XV congreso internacional de ergonomía SEMAC en el 2009.
- Folleto de manipulación de cargas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo presentado en la ciudad de España el 16 de Febrero del 2006.
- Norma NTP 477 de Levantamiento manual de cargas: ecuación del NIOSH, presentada en la ciudad de España por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año de 1997.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 2 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

4.- Definiciones:

Carga externa: se entenderá por carga externa al peso que levante el trabajador durante la actividad.

Biomecánica ocupacional: se entenderá por biomecánica ocupacional al estudio del cuerpo humano en una jornada de trabajo para prevenir riesgos laborales y realizar un mejor diseño de condiciones en relación con la postura, movimientos y esfuerzos en el trabajo.

Trastornos Musculoesqueléticos (TME): términos utilizados para referirse a los trastornos asociados a las articulaciones como pueden ser dolores o rigidez de las mismas.

5.- Responsables:

El responsable de verificar el cumplimiento del procedimiento es el encargado o jefe del departamento de seguridad y salud ocupacional de la empresa o los jefes del personal de barrido y recolección de desperdicios.

6.- Descripción de las actividades

Durante el barrido y la recolección de desperdicios, el personal de la EPM – GIDSA hace uso de varias herramientas de trabajo como una pala de recolección de basura, una escoba, un carrito recolector y/o un recipiente o funda plástica de basura como se muestran en las Figs. 1, 2 y 3.


	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 3 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	



Fig.1. Funda plástica, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.




Fig. 2. Carrito recolector, escoba y pala de basura para el barrido de calles y parques de la ciudad de Ambato.



Fig. 3. Camión recolector y personal haciendo la recolección.

6.- Descripción de actividad

El personal de barrido y recolección de la EPM – GIDSA realiza las labores de limpieza en la ciudad de Ambato en donde llevan a cabo diversas actividades, entre ellas el barrido de calles y parques y levantamiento de cargas durante la recolección, que son realizadas frecuentemente durante la jornada de trabajo además de estar expuestos a factores adversos para el trabajador como caídas, ruido, atropellos, calor, estrés entre otros dependiendo del lugar o área en donde desempeñe su trabajo, durante la jornada de trabajo el personal de recolección descansa o realiza actividades diferente aproximadamente una

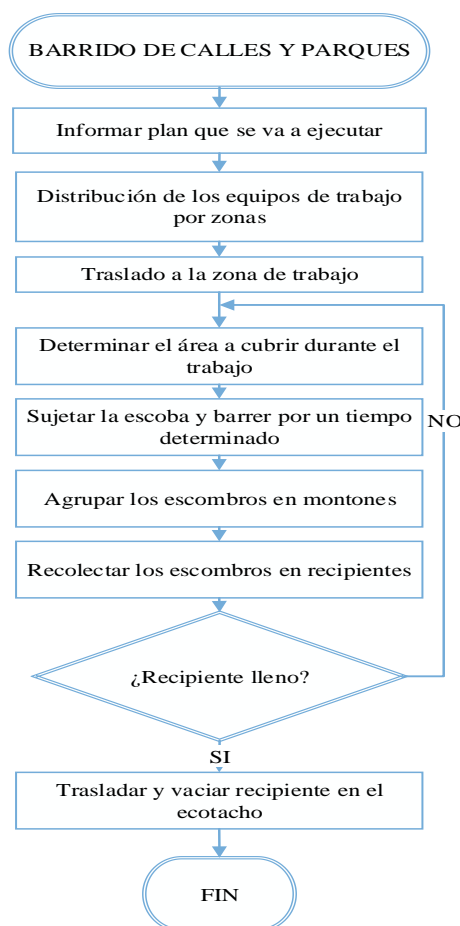
	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 4 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie

hora que es el tiempo que tarda el camión recolector en ir y volver del relleno sanitario para vaciar los desperdicios, lo que no sucede con el personal de barrido que pueden tomar descansos más frecuentes de corta o larga duración o simplemente realizar otra actividad diferente a la de barrido.


7.- Diagramas de actividades realizadas durante el barrido y recolección de desperdicios

Dado que el personal de recolección también realiza la acción de barrer se presenta el diagrama de actividades que debe realizar el trabajador para este efecto.

Organigrama de actividades del barrido de calles y parques.

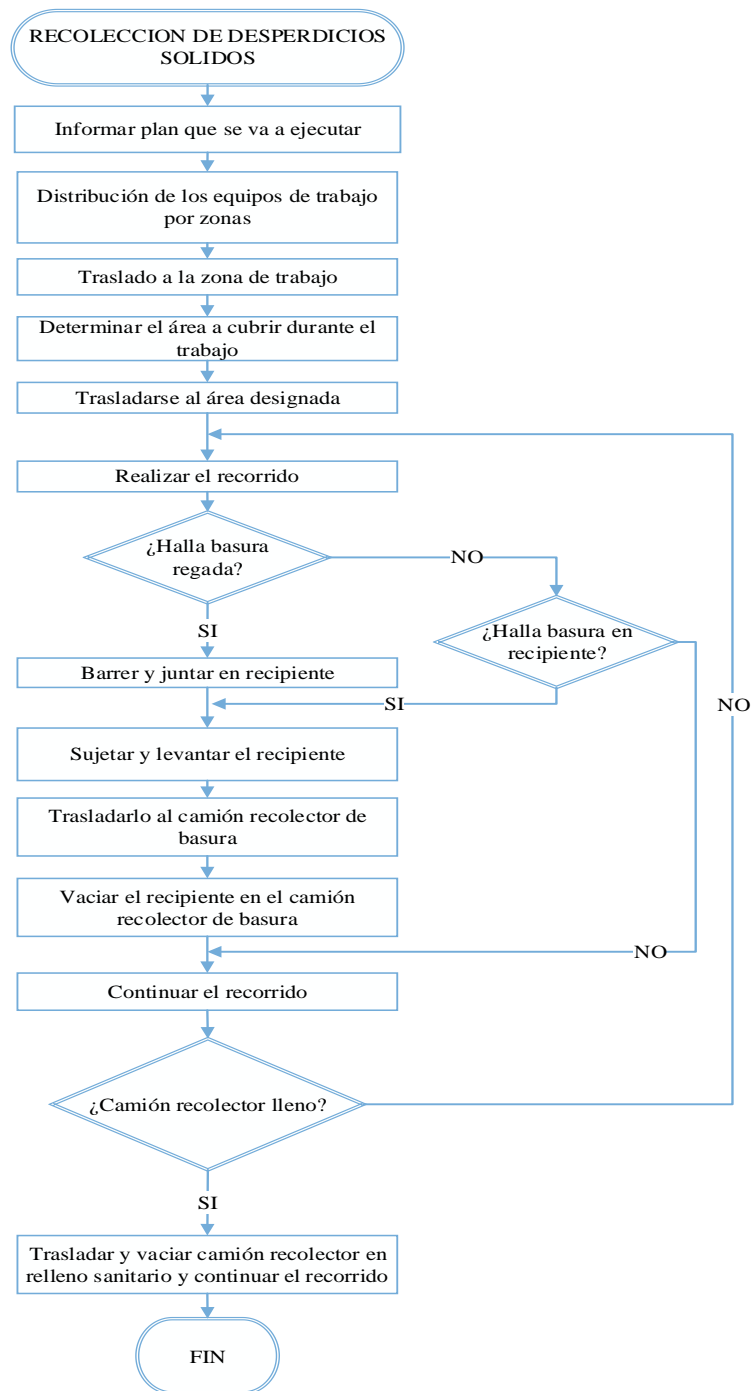


Fuente: Elaborado por investigador.


	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 5 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie

De la misma manera se presenta el diagrama de actividades para la acción de recolección de desperdicios que debe realizar el personal de la EPM – GIDSA.

Organigrama de actividades para la recolección de desechos sólidos



Fuente: Elaborado por investigador

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 6 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

8.- Aplicación del diseño biomecánico ocupacional del puesto de trabajo:

Dado que el diseño biomecánico ocupacional se determina para determinar la postura apropiada para el levantamiento de cargas en puesto de trabajo, se toma como guía las características planteadas en la norma ISO 11228 para el manejo manual de cargas en donde detalla que dicha norma es aplicable para levantar un máximo de 25 Kg de masa y en caso de exceder dicha masa se deberá adecuar o emplear accesorios o máquinas de apoyo que permita realizar la actividad sin riesgo de sufrir Trastornos Musculoesqueléticos por factores biomecánicos.

El diseño biomecánico apropiado e ideal para el personal de barrido r recolección de la EPM – GIDSA viene dada por la postura natural de la persona pudiendo variar únicamente el ángulo formado por el brazo y antebrazo en un rango de 163° a 180° para poder levantar los 15,48 Kg de masa externa correspondientes al valor actual y dicha postura se muestra en las Fig. 1 y 2.

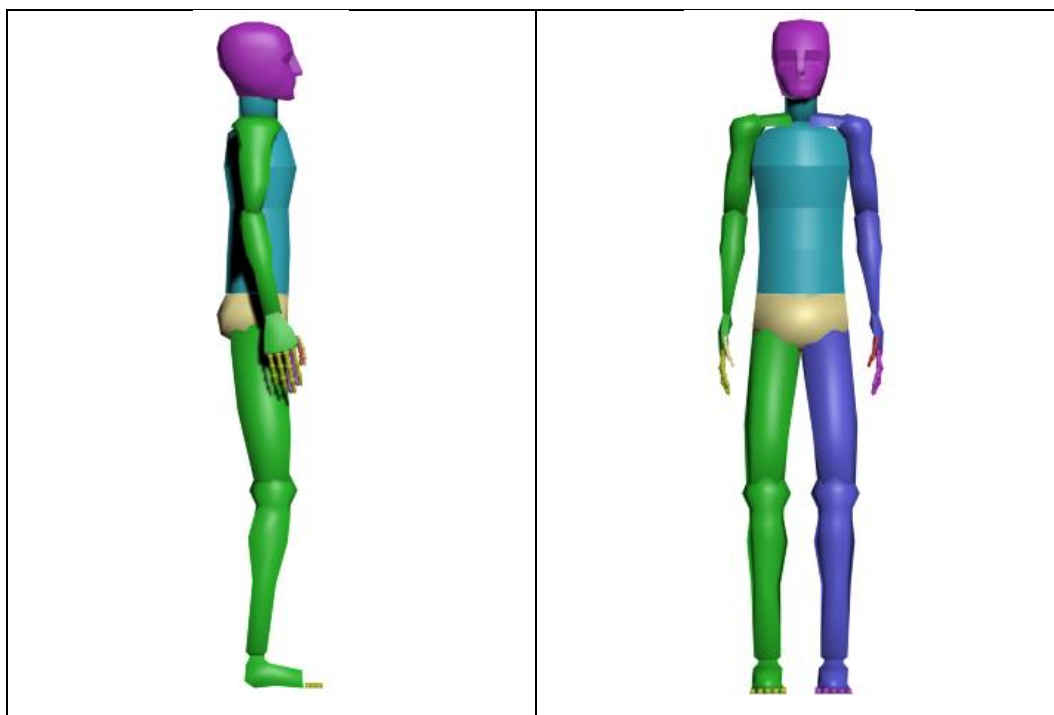



Fig. 1. Vista lateral derecha del diseño biomecánico ideal para el levantamiento.

Fig.2. Vista ortogonal del diseño biomecánico ideal para el levantamiento.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 7 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

Con esta postura los ángulos entre los segmentos corporales se presentan como los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico.

(Pierna - Pie) αa	84°
(Muslo - Pierna) αk	166°
(Cadera - Tronco) αh	169°
(Horizontal - Tronco) αt	87°
(Tronco - Brazo) αs	0°
(Brazo - Antebrazo) αe	163°
(Horizontal - Peso) αf	90°

Este diseño biomecánico trata de cumplir en lo posible, pero en vista que las condiciones propias del trabajo no lo permiten se presenta un diseño biomecánico que se puede adoptar durante la jornada de trabajo pero que no elimina el riesgo de sufrir Trastornos Musculoesqueléticos sino que minimiza el riesgo de aparición de los mismos y para ello se presentan en las Figs. 3, 4 y 5.

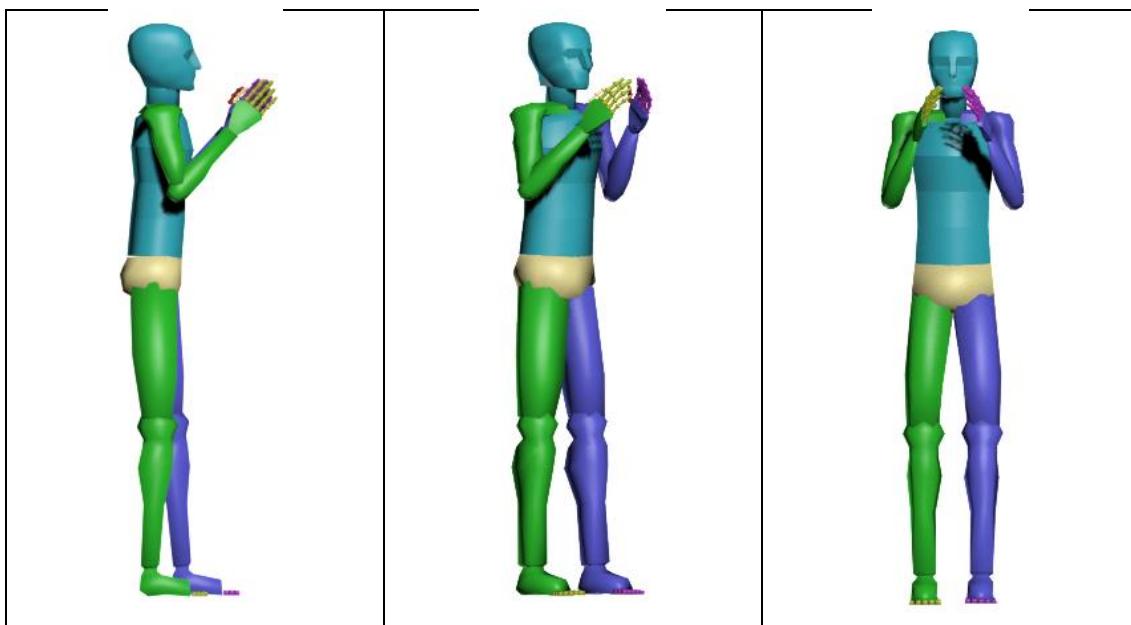



Fig. 3. Vista lateral derecha del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 4. Vista ortogonal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

Fig. 5. Vista frontal del diseño biomecánico que minimiza el riesgo.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 8 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

De la postura mostrada en la Fig. 3 se obtienen los ángulos a los cuales se puede tratar de llegar en la práctica y se muestra en la Tabla 2.


Tabla 2. Ángulos formados entre los segmentos corporales del diseño biomecánico para minimizar el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

Segmentos corporales	Ángulos
(Pierna - Pie) αa	84°
(Muslo - Pierna) αk	166°
(Cadera - Tronco) αh	169°
(Horizontal - Tronco) αt	87°
(Tronco - Brazo) αs	10°
(Brazo - Antebrazo) αe	25°
(Horizontal - Peso) αf	90°

La postura mostrada no elimina el riesgo en el levantamiento de una carga de 15,48 Kg levantada con las dos manos o de 7,292 Kg con una sola mano como la postura mostrada en la Fig. 1 que elimina por completo el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

Teniendo en cuenta que el personal de barrido y recolección de desperdicios no cuenta con el tiempo necesario para adoptar estrictamente los dos modelos de diseño biomecánico ocupacional de puesto de trabajo, se presenta un procedimiento que debe seguir el trabajador para realizar la posición del diseño biomecánico que más se asemeje al modelo que permite minimizar el riesgo de aparición de Trastornos Musculoesqueléticos.

El Procedimiento planteado se puede aplicar para realizar el levantamiento de cualquier tipo de carga que se encuentre por arriba de la altura de los hombros y está comprobado por la evaluación biomecánica que al adoptar esta postura los momentos generados en cada articulación son menores a los momento que se generan al realizar los levantamientos de la carga con una postura de diseño biomecánico inadecuado como

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 9 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

puede ser, el levantar con las piernas demasiado abiertas, las manos muy extendidas o con la espalda o cuerpo inclinado.

9.- Procedimiento para adoptar un buen diseño biomecánico para el levantamiento de cargas que se encuentren a una altura superior al nivel de los hombros.

1
Masa
externa


- Determinar visualmente si la masa a levantar no excede los 25 Kg. aproximadamente, en caso de exceso pedir ayuda a un compañero de trabajo o fragmentar la masa.



2
Ubicación
de pies

- Separar los pies a la altura de los hombros, uno delante del otro de tal manera que la punta de un pie quede aproximadamente a la altura del talón del pie opuesto en dirección del movimiento.



	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO	Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA	Páginas: 10 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie

3
Postura


- Ubicarse lo más cerca posible del objeto a levantar de tal forma que dicho objeto esté lo más cercano posible del cuerpo.



4
Agarre

- Sujetar la carga fíjamente con las dos manos, de preferencia con un agarre de gancho dependiendo del recipiente u objeto a levantar.



	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 11 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	



- Aplicar la fuerza necesaria manteniendo las condiciones anteriores y realizar el levantamiento manteniendo la columna lo más vertical posible, evitando los cambios bruscos de posición y giros del tronco y con las manos cercanas al cuerpo.




Con el procedimiento planteado se puede conseguir una aproximación de la postura en cuclillas para realizar el levantamiento de cargas cumpliendo con las condiciones biomecánicas apropiadas para minimizar el riesgo de sufrir enfermedades o Trastornos Musculoesqueléticos por levantamiento de cargas.

NOTA: Este procedimiento es aplicable tanto para el personal masculino como para el femenino.

10.- Recomendaciones:

- Tomar las medidas de prevención de riesgos adecuadas para realizar de actividades de levantamiento de cargas.
- Cumplir en lo posible 100 % el procedimiento de trabajo presentado en el diseño biomecánico de puestos de trabajo.

	DISEÑO BIOMECÁNICO DE PUESTOS DE TRABAJO		Código: D.B.P.T. 02
	Personal de barrido y recolección de la EPM-GIDSA		Páginas: 12 de 12
Edición N° 01	Fecha:	Postura: De pie	

- En lo posible no exceder el levantamiento de peso recomendado en la norma ISO 11228 que es de 25 Kg para un levantamiento con las 2 manos, es decir 12,5 Kg por cada extremidad superior y de ser el caso apoyarse de una herramienta o maquinaria que facilite su levantamiento.
- En caso de requerir mayor información sobre el diseño biomecánico, hacer uso del documento en donde se presenta realizada la evaluación biomecánica, Proyecto de investigación titulado “Diseño biomecánico de puestos de trabajo para el personal de barrido y recolección de desperdicios de la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato”.