

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**“DISEÑO DE UN EQUIPO PARA RECOLECCIÓN DE DESECHOS  
SÓLIDOS EN PLAYAS ARENOSAS”**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por los Brs.

Bolívar F. Williams A.

Oliva G. Andreina I.

Para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2013

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **“DISEÑO DE UN EQUIPO PARA RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS EN PLAYAS ARENOSAS”**

Tutor: Prof. Fausto Carpentiero

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por los Brs.

Bolívar F. Williams A.

Oliva G. Andreina I.

Para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Caracas, 2013



## ACTA

Los abajo firmantes, Miembros del Jurado Examinador designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres:

*Andreina Oliva y Williams Bolívar*

Titulado

*“Diseño de un Equipo para Recolección de Desechos Sólidos en Playas Arenosas”*

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el Plan de Estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

Acta se levanta en la ciudad de Caracas, a los diecinueve días del mes de junio del año dos mil trece.

Prof. Pedro Cadenas  
Jurado



Prof. Manuel Martínez  
Jurado

Prof. Fausto Carpentiero  
Tutor

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela

Prof. Fausto Carpentiero

Consejo Comunal de Playa Grande, Puerto Colombia, Estado Aragua

Cooperativa Estrella de Mar, La Guaira, Estado Vargas

Club Marina Grande

Ing. Pedro Villarroel

Ing. Randolph George

Prof. Estrella Villamizar

Prof. Juan Vásquez

Prof. Antonio Barragán

Clara Guerrero

Marlin Oliva

Williams Bolívar (Padre)

Rosario Flores

Eulalia de Flores

Héctor Estevez

Silvio Paredes

**Bolívar F. Williams A.**

**Oliva G. Andreina I.**

**DISEÑO DE UN EQUIPO PARA RECOLECCIÓN DE DESECHOS  
SÓLIDOS EN PLAYAS ARENOSAS**

**Tutor académico: Prof. Fausto Carpentiero. Tesis. Caracas,  
Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela  
de Ingeniería Mecánica. 2013, 409 pg.**

**Palabras clave:** PLAYA, ARENA, LIMPIEZA, CANGILONES,  
RECOLECCIÓN

**Resumen**

El propósito de este trabajo especial de grado consistió en el diseño de un equipo de limpieza para la recolección de desechos sólidos en playas arenosas que cumpla con la condición de tener bajo impacto ambiental. Para ello se determinaron las variables de diseño de los equipos existentes, los tipos de desechos a recolectar, así como las características inherentes a las playas venezolanas. Se estudió el proceso de limpieza y teniendo en cuenta esta información se generaron varias soluciones posibles, que fueron sometidas a evaluación bajo criterios de diseño. La solución final consistió de un equipo especial para realizar limpieza preventiva, ligero, de bajo impacto ambiental y de poco mantenimiento, cuyas piezas y materiales de fabricación están disponibles en la industria nacional. Finalmente se plantearon recomendaciones para su fabricación y su uso apropiado.

## TABLA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	iv
Resumen	v
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	xv
Introducción	1
Capítulo I: El problema	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Alcances y limitaciones	4
Capítulo II: Marco metodológico	5
2.1 Metodología	6
2.2 Estrategia	7
2.3 Etapas y métodos	8
2.3.1 Etapa de divergencia	8
2.3.2 Etapa de transformación	10
2.3.3 Etapa de convergencia	10
2.3.4 Comunicación de resultados	11
Capítulo III: Etapa de divergencia	12
3.1 Antecedentes	12
3.1.1 Ramírez y Toledo 1995	12
3.1.2 García 2010	14
3.2 Características de las playas venezolanas	18
3.2.1 El perfil de la playa	19
3.2.2 Clasificación de las playas	21
3.2.3 Fauna costera	26
3.3 Desechos	31
3.3.1 Efectos producidos por los desechos en las playas	32
3.3.2 Composición y degradación de los desechos	36
3.3.3 Clasificación de los desechos según Ocean Conservancy	37
3.3.4 Caracterización de los desechos sólidos en las playas de Vzla.	40
3.4 Programas de limpieza y gestión de playas	46
3.4.1 La limpieza de playas	48
3.4.2 Programas de limpieza a fondo o de rehabilitación	50
3.4.3 Programas de limpieza preventiva o de mantenimiento	53
3.4.4 Estándares, certificaciones y programas de gestión	56
3.5 Equipos	65
3.5.1 Equipos manuales	66
3.5.2 Equipos mecánicos	77
3.5.3 Equipos de referencia	80
3.6 Estudios de impacto ambiental	87

3.6.1	Modificación artificial del perfil	87
3.6.2	Limpieza manual de playas en Bélgica	90
3.6.3	Plan pionero de limpieza manual para evitar su erosión	94
3.6.4	Científicos viguenses instan a eliminar limpieza mecánica	96
3.6.5	Impacto de vehículos todoterreno en playas arenosas	97
3.7	Casos de estudio en playas nacionales	102
3.8	Tormenta de ideas	120
3.9	Compilación de ideas generadas	124
Capítulo IV:	Etapa de transformación	126
4.1	Proceso de limpieza y funcionamiento de los equipos	126
4.1.1	Proceso de limpieza	126
4.1.2	Elementos y técnicas de funcionamiento de los equipos	127
4.2	Higiene y seguridad	138
4.2.1	Naturaleza del movimiento y manejo de carga	138
4.2.2	Vibraciones	141
4.2.3	Temperatura	142
4.2.4	Antropometría	143
4.2.5	Potencia	144
4.2.6	Ruido	146
4.2.7	Visión	148
4.2.8	Seguridad	148
4.3	Impacto ambiental	149
4.3.1	Modificación del perfil	150
4.3.2	Profundidad de penetración	154
4.3.3	Selectividad	155
4.3.4	Zona de acción	157
4.3.5	Emisión de gases y elementos contaminantes	158
4.3.6	Ruido	159
4.3.7	Selección de equipos mecánicos de referencia	159
4.4	Practicidad de diseño	162
4.4.1	Complejidad de diseño	162
4.4.2	Maniobrabilidad y ancho de limpieza	164
4.4.3	Mantenimiento	167
4.4.4	Transporte	168
4.5	Desechos a recolectar por el equipo y capacidad de recolección	169
4.5.1	Tipos de desecho a recolectar por el equipo	169
4.5.2	Tipo de limpieza y zona de acción del equipo	173
4.5.3	Capacidad de almacenaje	173
4.5.4	Rendimiento	176
Capítulo V:	Etapa de convergencia	178
5.1	Criterios y especificaciones de diseño	178
5.1.1	Impacto ambiental	176
5.1.2	Ergonomía	179
5.1.3	Practicidad	181
5.1.4	Desechos	182
5.1.5	Proceso de limpieza	182

5.2 Evaluación de los equipos existentes y de las ideas planteadas	183
5.2.1 Rastra con ruedas/equíes/orugas	185
5.2.2 Equipo con tambor de paletas planas/tambor de cangilones	191
5.3 Elección idea final	198
5.4 Desarrollo idea final	202
5.4.1 Teorías de esfuerzo y análisis de fallas	202
5.4.2 Configuración general del equipo	209
5.4.3 Diseño del tambor de cangilones	212
5.4.4 Estructura	234
5.4.5 Sistema de transmisión	238
5.4.6 Sistema de izamiento	257
5.4.7 Depósito	267
5.4.8 Condiciones de marcha	271
Capítulo VI: Comunicación de resultados	295
6.1 Comprobación del cumplimiento de las especificaciones y criterios	295
6.1.1 Impacto ambiental	295
6.1.2 Ergonomía	298
6.1.3 Practicidad	300
6.1.4 Desechos	301
6.1.5 Proceso de limpieza	302
6.2 Listado de piezas	302
6.3 Procesos de fabricación	311
6.3.1 Corte y doblado de laminas	311
6.3.2 Doblado de tubos	311
6.3.3 Soldadura	316
6.3.4 Mecanizado de piezas	316
6.3.5 Recubrimiento	319
6.4 Manual de uso	320
Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones	324
7.1 Conclusiones	324
7.2 Recomendaciones	326
Bibliografía	327
Apéndices	
Anexos	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de la estrategia de diseño utilizada	8
Figura 2	Esquema de funcionamiento del equipo venezolano	13
Figura 3	Esquema del equipo limpia-playa cubano	15
Figura 4	Equipo cubano trabajando en configuración de cribado.	16
Figura 5	Equipo cubano trabajando en configuración de rastrillado	17
Figura 6	Equipo cubano trabajando en configuración mixta	18
Figura 7	Zonificación de las playas según MINAMB (1986)	20
Figura 8	Zonificación de las playas según McLachlan (1983)	21
Figura 9	Clasificación de las playas	22
Figura 10	Playa El Agua, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta	25
Figura 11	Playa Grande, Puerto Colombia, Estado Aragua	25
Figura 12	Playa Club Marina Grande, Estado Vargas	26
Figura 13	Relación existente entre la biodiversidad y la abundancia de fauna	28
Figura 14	Cangrejo “fantasma” o emerita	29
Figura 15	Distribución de la fauna de la playa según Bradfield (1978)	31
Figura 16	Acumulación de desechos alrededor de una palmera. Playa Grande, Edo. Aragua	33
Figura 17	Chapas de botellas de vidrio. Cayo Sal, Edo. Falcón	33
Figura 18	Perro defecando en la arena de la playa	34
Figura 19	Vidrios rotos en la arena	35
Figura 20	Personal de limpieza recolectando una colilla de cigarro de la zona de vaivén de una playa	36
Figura 21	Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA 2003	41
Figura 22	Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA	41
Figura 23	Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA 2010	42
Figura 24	Porcentaje de desechos recolectados por GIDA 2007	46
Figura 25	Ejemplo de jornadas de limpieza de fondo o de rehabilitación	49
Figura 26	Limpieza de la línea de marea	53
Figura 27	Limpieza del área de servicios	54
Figura 28	La playa con gran cantidad de visitantes	55
Figura 29	“Punto limpio”	55
Figura 30	Máquinas cribadoras	56
Figura 31	Carteles de señalización del proyecto “Semáforo Playero”	64
Figura 32	Personas utilizando sus manos para realizar la limpieza de la playa	66
Figura 33	Limpieza utilizando palas de construcción convencionales	67
Figura 34	Limpieza con la utilización de rastrillos convencionales	68

Figura 35	Utilización de bolsas plásticas para el depósito de los desechos recolectados en las jornadas de limpieza	69
Figura 36	Utilización del punzón como equipo de recolección de desechos	69
Figura 37	Cestas y contenedores usados en labores de limpieza	70
Figura 38	Utilización de una bolsa de malla en Acapulco, México	71
Figura 39	Utilización de carretillas y carruchas durante las actividades de limpieza de playa	71
Figura 40	Rastrillos vibratorios en la limpieza de playas	73
Figura 41	“Sandsifters” utilizados en las labores de limpieza en playas de Hawaii, Estados Unidos	74
Figura 42	Personal de limpieza utilizando pinzas a distancia para recolectar desechos encontrados en las playas	75
Figura 43	Utilización de diferentes tipos de redes para la recolección de desechos sólidos en las playas	75
Figura 44	Diferentes rastras de limpieza y de recolección de pulgas de mar	76
Figura 45	Equipos mecánicos tipo remolque	78
Figura 46	Equipos mecánicos remolcados por una moto de 4 ruedas.	79
Figura 47	Equipo remolcados por una moto de 4 ruedas	79
Figura 48	Equipos mecánicos autopropulsados	80
Figura 49	Dos “clones” “peinando el desierto”	81
Figura 50	Equipo para quitar maleza de las orillas de los lagos	82
Figura 51	Palas quita nieve convencionales	83
Figura 52	Palas quita nieve con ruedas	83
Figura 53	Secuencia de uso de la pala quita nieve Wovel	84
Figura 54	Sillas de ruedas para playa, “sillas simples”	84
Figura 55	Sillas de ruedas anfibia para playa	85
Figura 56	Heladero transitando por la playa con su carrito	87
Figura 57	Playa Grande, Estado Aragua, Venezuela	104
Figura 58	Vista de planta de Playa Grande, Estado Aragua, Venezuela.	105
Figura 59	Máquina barredora de playa al momento de su entrega a la comunidad de Chorón / Puerto Colombia por parte de MINTUR	106
Figura 60	Máquina barredora de playa modelo Beach Tech Marina fabricada por la empresa alemana	106
Figura 61	Máquina barredora dentro del estacionamiento donde se guarda	109
Figura 62	Detalles de la máquina barredora	111
Figura 63	Madriguera de cangrejo emerita	112
Figura 64	Vista de planta de Camurí Chico B, Estado Vargas, Venezuela	113
Figura 65	Máquina limpiaplayas de la Alcaldía de Vargas en acción en conjunto con limpieza manual con rastrillos	114
Figura 66	Playa Camurí Chico B, Estado Vargas	116
Figura 67	Vista de planta de la playa de visitantes del Club Marina Grande, Estado Vargas, Venezuela	118

Figura 68	Bosquejos de las ideas generadas	125
Figura 69	Ángulos de movimiento de piernas y brazos (Mondelo, 1994)	140
Figura 70	Ángulo de movimiento de manos, pies y espalda (Mondelo, 1994)	140
Figura 71	Ángulos de movimiento de cuello y brazos (Mondelo, 1994)	141
Figura 72	Detalles de la rastra de limpieza utilizada en la playa del Balneario Marina Grande, Edo. Vargas	144
Figura 73	Potencia Vs. Capacidad de almacenaje de los equipos mecánicos	145
Figura 74	Nivel de ruido producido por la máquina Beach Tech Marina	147
Figura 75	Ángulos de visión recomendados (Mondelo, 1994)	148
Figura 76	Evidencia de los efectos negativos que pueden tener los equipos mecánicos de limpieza y los VTT en las playas	153
Figura 77	Presencia de obstáculos naturales y artificiales en las playas	165
Figura 78	Limpieza entre obstáculos realizada con un equipo mecánico autopropulsado no tripulado	165
Figura 79	Detalles de la rastra de limpieza Balneario Marina Grande	174
Figura 80	Detalle de la tolva de la máquina Beach Tech Marina	174
Figura 81	Sistema de recolección rastra con ruedas y rampa de recolección	185
Figura 82	Banco de pruebas	187
Figura 83	Medidas en la plancha del banco de pruebas	188
Figura 84	Posiciones de la rampa en ángulos de 30°, 45° y 60°.	189
Figura 85	Ubicación de los desechos durante la operación del banco de prueba	190
Figura 86	Esquema del largo mínimo del cangilón	192
Figura 87	Tambor de paletas planas	194
Figura 88	Tambor de cangilones	195
Figura 89	Esquema del funcionamiento de un tambor con depósito interno	196
Figura 90	Sistema de transmisión planetaria	196
Figura 91	Ubicación del depósito externo y esquema de descarga para un tambor de paletas planas	197
Figura 92	Ubicación del depósito externo y esquema de descarga para un tambor de cangilones	197
Figura 93	Sistema de recolección mediante tornillo sin fin	198
Figura 94	Configuración 1 (equipo de 4 ruedas) en sus 2 versiones	210
Figura 95	Configuración 2 (equipo de 3 ruedas) en sus 2 versiones	210
Figura 96	Ubicación de puntos respecto a la rueda generatriz	213
Figura 97	Diferentes formas de cicloide	213
Figura 98	Área de limpieza que se garantiza si la profundidad de corte es de 5cm	217
Figura 99	Esquema de la ubicación de los diferentes puntos a los cuales se estudiará su trayectoria durante un movimiento de rodadura	217
Figura 100	Trayectoria de los elementos correspondientes a la solución sin inversión de giro	218
Figura 101	Trayectoria de los elementos correspondientes a la solución con	218

	inversión de giro	
Figura 102	Sistema de izamiento acoplado al tambor de cangilones	219
Figura 103	Diagrama de cuerpo libre del la rueda dentada acoplada al eje 1 del tambor de cangilones	220
Figura 104	Diagrama de cuerpo libre del conjunto Estructura interna del tambor - Ejes del tambor	221
Figura 105	Detalles de cambios de sección en el eje del tambor	222
Figura 106	Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	224
Figura 107	Detalle de montaje y ubicación del anillo de retención del eje del tambor	224
Figura 108	Despiece del tambor de cangilones	225
Figura 109	Detalle de pernos en estructura interna	225
Figura 110	Diagrama de los esfuerzo a los que está sometido el acople del tambor	226
Figura 111	Diagrama de cuerpo libre de un acople del tambor de cangilones	227
Figura 112	Fuerzas y momentos a los que está sometido el pasador del eje del tambor	228
Figura 113	Diagrama de los esfuerzo a los que está sometido el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor	229
Figura 114	Modelo de lámina perforada según catálogo de la marca Schiavetti	230
Figura 115	Diagrama de cuerpo libre del cangilón	231
Figura 116	Gráfica de valores de esfuerzo para un cangilón sometido a una carga $F_{can}$ y a su propio peso	233
Figura 117	Partes de la estructura del equipo	234
Figura 118	Ubicación de las chumaceras en el manubrio	235
Figura 119	Diagrama de cuerpo libre de la estructura del equipo en la condición de carga más desfavorable	236
Figura 120	Esfuerzos a los que está sometida la estructura	237
Figura 121	Geometría de rueda dentada y cadena de rodillos	238
Figura 122	Ubicación del sistema de transmisión por cadena	239
Figura 123	Despiece del sistema de transmisión	244
Figura 124	Detalle de elemento de fijación para las ruedas dentadas 2 y 4	244
Figura 125	Detalle de pasador del eje del tambor	245
Figura 126	Detalle de pernos y sistema de sujeción de la rueda dentada	246
Figura 127	Ubicación de los pernos en el elemento de fijación y cargas a las que están sometidos	246
Figura 128	Detalles y dimensiones de rodamiento SKF 62200-2RS1	248
Figura 129	Detalle de soporte de rueda dentada en el sistema de izamiento	249
Figura 130	Tapa del sistema de transmisión (ubicación y partes)	249
Figura 131	Disposición del árbol de transmisión y sus elementos adicionales	251
Figura 132	Diagrama de cuerpo libre del árbol de transmisión	251
Figura 133	Dimensiones del acople del sistema de transmisión	253
Figura 134	Diagrama de los esfuerzo a los que está sometido el acople de la	253

	transmisión	
Figura 135	Ubicación de los pernos en el acople de la transmisión	254
Figura 136	Fuerzas y momentos a los que está sometido el pasador del árbol de transmisión	255
Figura 137	Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	256
Figura 138	Sistema de izamiento y partes	258
Figura 139	Diagrama de fuerzas del sistema de izamiento	258
Figura 140	Diagrama de cuerpo libre del sistema de izamiento	261
Figura 141	Esfuerzos a los que está sometido el sistema de izamiento	262
Figura 142	Detalle de la unión (apernada) en el sistema de izamiento	263
Figura 143	Diagrama de cuerpo libre del sistema de izamiento	264
Figura 144	Rodamientos del sistema de izamiento	265
Figura 145	Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	266
Figura 146	Diagrama de cuerpo libre del eje de manzana de la rueda trasera	266
Figura 147	Diagrama de cuerpo libre del depósito	268
Figura 148	Diagrama de los esfuerzos a los que está sometido el depósito	268
Figura 149	Ubicación de guías de soporte y agarradera en el depósito	269
Figura 150	Esquema de ubicación del depósito respecto al tambor de cangilones	270
Figura 151	Deformación que sufre una rueda debido a la carga vertical	272
Figura 152	Radio reducido de las ruedas traseras debido a la deformación	274
Figura 153	Radio reducido de las ruedas delanteras debido a la deformación	274
Figura 154	Diagrama de cuerpo libre equipo manual con sistema de recolección desactivado	279
Figura 155	Diagrama de cuerpo libre equipo manual con sistema de recolección activado	281
Figura 156	Diagrama de cuerpo libre equipo con motor con sistema de recolección desactivado	285
Figura 157	Diagrama de cuerpo libre equipo con motor, con sistema de recolección activado	290
Figura 158	Motor eléctrico para bicicletas con sus elementos accesorios (banco de batería, controlador y acelerador)	293
Figura 159	Equipo completo (imagen renderizada)	295
Figura 160	Diferentes vistas del equipo	296
Figura 161	Ángulo de visión más desfavorable	299
Figura 162	Esquema del equipo completo con sus macroelementos	302
Figura 163	Estructura del equipo con sus elementos señalados	303
Figura 164	Depósito del equipo con sus elementos señalados	303
Figura 165	Sistema de transmisión del equipo con sus elementos señalados	305
Figura 166	Tambor de cangilones con sus elementos señalados	306
Figura 167	Conjunto ruedas traseras – árbol de transmisión	307
Figura 168	Sistema de izamiento del equipo con sus elementos señalados	308

Figura 169	Distribución de los patrones de corte en la lámina no perforada	310
Figura 170	Distribución de los patrones de corte en la lámina perforada	311
Figura 171	Procesos para la fabricación de la barra de soporte del sistema de izamiento	317
Figura 172	Procesos para la fabricación de los acoples	318
Figura 173	Procesos para la fabricación del sistema de transmisión	319
Figura 174	Posiciones del sistema de izamiento.	322
Figura 175	Desmontaje del depósito	323

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Tiempos de degradación según el material del desecho	37
Tabla 2	Cantidad de desechos de cada tipo encontrados por FUDENA en el inventario de 2003	43
Tabla 3	Inventario de desechos sólidos recolectados (GIDA, 2007)	44
Tabla 4	Inventario de desechos sólidos recolectados según la clasificación de la Ocean Conservancy (GIDA, 2007)	45
Tabla 5	Puntuación y clasificación obtenidas por las playas sometidas a la evaluación del proyecto “Semáforo Playero”	63
Tabla 6	Resultados: tiempos de limpieza y cantidad de desechos recolectados	92
Tabla 7	Técnicas de funcionamiento equipos manuales	129
Tabla 8	Técnica de funcionamiento equipos mecánicos	133
Tabla 9	Elementos de funcionamiento	137
Tabla 10	Valores límites permisibles de exposición al calor en °C según TGBH (temperatura de globo y bulbo húmedo)	142
Tabla 11	Trabajo manual Vs. Trabajo mecánico en el campo	145
Tabla 12	Límites umbrales de exposición para ruido sin la utilización de equipos de protección auditiva	146
Tabla 13	Equipos mecánicos remolcados con peso menor a 1000 kg	160
Tabla 14	Equipos mecánicos a evaluar (equipos autopropulsados)	161
Tabla 15	Desechos más encontrados en orden descendente	169
Tabla 16	Características de los desechos con mayor presencia en las playas venezolanas	171
Tabla 17	Equipos mecánicos de limpieza preventiva	175
Tabla 18	Cálculo del volumen que ocuparía cada tipo de desecho en depósitos de diferentes capacidades	175
Tabla 19	Tiempos requeridos por un empleado para limpiar un área de 5000 m <sup>2</sup> , utilizando equipos manuales de limpieza	177
Tabla 20	Matriz de evaluación de los equipos manuales existentes y las ideas planteada	184
Tabla 21	Matriz de ponderación para los equipos planteados	201
Tabla 22	Valores del factor de seguridad recomendados para diferentes escenarios (Faires, 1995)	206
Tabla 23	Propiedades mecánicas del acero AISI 1020	209
Tabla 24	Dimensiones de las ruedas de bicicleta más comunes	214
Tabla 25	Valores de entrada para los análisis de la trayectoria de los cangilones del tambor	217

Tabla 26	Magnitudes de las cargas a las que está sometido el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor	221
Tabla 27	Reacciones en los apoyos y valor del momento flector máximo que sufre el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor	221
Tabla 28	Diámetro que deben tener los ejes del tambor para diferentes tipos de acero	222
Tabla 29	Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	223
Tabla 30	Momento torsor al que están sometidos los pernos del acople del tambor; radio sobre el cual están ubicados respecto al centro del acople y número de pernos	227
Tabla 31	Momento torsor al que está sometido el eje del tambor y diámetro del mismo	228
Tabla 32	Características del rodamiento SKF 62200-2RS1	235
Tabla 33	Magnitud de las cargas a las que está sometida la estructura	237
Tabla 34	Valores de potencia para diferentes velocidades y número de dientes, para cadena ANSI 40 (Shigley, 2006)	240
Tabla 35	Relación de velocidades según el número de dientes de un par de ruedas. Están resaltadas los pares de ruedas dentadas que generan una relación de velocidades de $i=0,8$	242
Tabla 36	Medidas de las ruedas dentadas escogidas para uso en bicicletas	243
Tabla 37	Momento torsor y diámetro del eje del tambor	245
Tabla 38	Momento torsor a los que están sometidos los pernos, radio al cual están ubicados respecto al centro del eje y número de pernos	247
Tabla 39	Características del rodamiento SKF 62200 – 2RS1	248
Tabla 40	Valor de las reacciones que actúan sobre el árbol de transmisión	251
Tabla 41	Valores máximos de momento flector a los que está sometido el árbol de transmisión	252
Tabla 42	Diferentes valores de resistencia y diámetros para el árbol de transmisión dependiendo del tipo de acero con el que se fabrique	252
Tabla 43	Momento torsor al que están sometidos los pernos del acople de la transmisión, radio sobre el cual están ubicados respecto al centro del acople y número de pernos	254
Tabla 44	Momento torsor al que está sometido el árbol de transmisión y diámetro del mismo	255
Tabla 45	Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	256
Tabla 46	Cargas y reacciones en el sistema de izamiento	259
Tabla 47	Valores de las reacciones en los puntos A y B del sistema de izamiento	260
Tabla 48	Reacciones en la chumacera del sistema de izamiento que aloja el eje del tambor de cangilones	261
Tabla 49	Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1	265

Tabla 50	Valores utilizados para la determinación de la deformación de las ruedas	274
Tabla 51	Valores de los coeficientes de resistencia a la rodadura “ $f$ ” y de adherencia “ $\varphi$ ” para automóviles en diferentes tipos de terreno (Chudacov, 1977)	276
Tabla 52	Datos del equipo manual con sistema de recolección desactivado	279
Tabla 53	Valores de fuerza de empuje, reacciones y verificación de fuerzas de adherencia equipo manual con sistema de recolección desactivado	281
Tabla 54	Datos del equipo manual con sistema de recolección activado	282
Tabla 55	Valores de fuerza de empuje, reacciones y verificación de fuerzas de adherencia equipo manual con sistema de recolección activado	284
Tabla 56	Datos del equipo manual con sistema de recolección desactivado	285
Tabla 57	Valores de las reacciones, verificación de fuerzas de adherencia y potencia requerida para el funcionamiento del equipo con motor con sistema de recolección desactivado	288
Tabla 58	Datos del equipo manual con sistema de recolección activado	290
Tabla 59	Valores de las reacciones, verificación de fuerzas de adherencia y potencia requerida para el funcionamiento del equipo con motor con sistema de recolección activado	293
Tabla 60	Características del motor seleccionado	294
Tabla 61	Descripción de los macroelementos componentes del equipo diseñado	303
Tabla 62	Descripción de los elementos componentes de la estructura	304
Tabla 63	Descripción de los elementos componentes del depósito	305
Tabla 64	Descripción de los elementos componentes del sistema de transmisión	306
Tabla 65	Descripción de los elementos componentes del tambor de cangilones	307
Tabla 66	Árbol de transmisión	308
Tabla 67	Descripción de los elementos componentes del sistema de izamiento	309
Tabla 68	Características de las láminas que conforman diferentes piezas del equipo	310
Tabla 69	Características de los tubos requeridos para la fabricación de algunas piezas	312
Tabla 70	Coordenadas de dobleces del manubrio	313
Tabla 71	Coordenadas de dobleces de la tubería transversal	313
Tabla 72	Coordenadas de dobleces de la tubería delantera	313
Tabla 73	Coordenadas de dobleces de la tubería inferior	314
Tabla 74	Coordenadas de dobleces de la tubería transversal del sistema de izamiento	314
Tabla 75	Coordenadas de dobleces de la palanca de izamiento	315
Tabla 76	Coordenadas de dobleces de la guía de soporte	315

Tabla 77	Coordenadas de dobleces de la barra de soporte	315
Tabla 78	Diferentes tipos de electrodo según la norma AWS	316

## **INTRODUCCIÓN**

La limpieza de las playas es una labor que se realiza en las costas a nivel mundial, en algunos lugares en forma más constante y eficientemente que en otros, pero principalmente de dos maneras diferentes, manual y mecánicamente. La limpieza manual consiste en la recolección de desechos efectuada por una persona utilizando herramientas como rastrillos, palas, o simplemente sus manos; mientras que la mecánica es aquella en la que se emplea maquinaria para la recolección de los desechos.

La maquinaria utilizada depende del tipo de playa que se desea limpiar. En playas rocosas se utilizan equipos de succión, mientras que en playas arenosas se utilizan principalmente equipos de tamizado/cribado para separar los desechos de la arena, siendo estos últimos los más comunes en el mercado.

Los equipos de tamizado pueden dividirse en dos grandes grupos: en equipos tipo remolque, los cuales dependen de un vehículo tractor para su funcionamiento, y en equipos autopropulsados.

En los últimos años se ha prestado especial atención al impacto negativo que puede llegar a tener la utilización excesiva e indiscriminada de algunos equipos mecánicos de limpieza, tales como la alteración de la morfología, la flora y la fauna de las playas. Esto ha ocasionado que muchos investigadores a nivel mundial hayan adoptado este tema como su línea de trabajo. Las conclusiones y recomendaciones encontradas en las diferentes investigaciones fueron tomadas en cuenta al momento de diseñar el equipo.

El presente proyecto buscó desarrollar un equipo de limpieza mecánica de playas arenosas, teniendo como meta fundamental lograr que ocasione el menor impacto ambiental posible así como llegar a un diseño de fácil transporte, operación y mantenimiento.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante los últimos años se ha cuestionado el uso de máquinas para la limpieza de playas, ya que no sólo se encargan de la recolección de desechos (la cual no es selectiva), sino además han utilizado dichas herramientas para el lavado, alisamiento extensivo y modificar los perfiles de playas para hacerlas más atractivas a los visitantes. En estos procesos no se toman en consideración las características geomorfológicas y ambientales, por lo que la geodinámica, la flora y la fauna del lugar se ven afectadas.

Además, por lo general, la maquinaria utilizada para la limpieza es de gran tamaño, como por ejemplo los equipos remolcados por tractores agrícolas, los cuales provocan compactación del suelo y pérdida y desplazamiento de volúmenes de arena.

Dadas las condiciones de deterioro debidas a la presencia de desechos sólidos en las playas venezolanas y a la ventaja de que el uso de equipos mecánicos de limpieza no se ha extendido a nivel nacional, existe de la necesidad de crear un equipo que pueda ser integrado a los planes de limpieza y proyectos de restauración llevados a cabo por las diferentes instituciones en el país y que además permita realizar dichas actividades afectando lo menos posible las características naturales de la playa.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

Diseñar un equipo de bajo impacto ambiental para recolección de desechos sólidos en playas arenosas.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el tipo de desechos que recolectará el equipo a través de una clasificación previa de los mismos.
- Identificar las variables de diseño más importantes de los equipos de limpieza de playas arenosas existentes en el mercado, tanto nacional como internacional, y exponer los valores más comunes de estas variables.
- Establecer los principales criterios de diseño a tener en cuenta para garantizar un bajo impacto ambiental de los equipos para la limpieza mecánica de playas arenosas, prestando especial atención a aquellos parámetros inherentes a las características particulares de las playas venezolanas.
- Plantear diferentes alternativas de solución y seleccionar la óptima para las consideraciones de diseño planteadas. Dimensionar el equipo dependiendo de los tipos de desechos seleccionados y de los requerimientos mecánicos.
- Simular y evaluar el diseño.
- Desarrollar una propuesta de proceso de fabricación para el equipo.
- Redactar un manual de uso para el equipo.

### 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

- El equipo estará especialmente pensado para operar en playas arenosas de pequeña extensión, con presencia de obstáculos como toldos, sillas, etc., o de difícil o imposible acceso terrestre, pero su operación no estará limitada a este tipo de playas.
- El diseño final debe ser de fácil transporte, operación y mantenimiento.
- La determinación de las dimensiones y peso de los desechos se hará a partir de los datos obtenidos de los inventarios realizados en jornadas de limpieza de playas a nivel nacional.
- Este trabajo estará limitado sólo al diseño del equipo, no a su construcción, aunque se desarrollará una propuesta de procedimiento de fabricación.
- Los criterios de diseño para garantizar un bajo impacto ambiental del equipo serán determinados a partir de las conclusiones y recomendaciones presentadas en trabajos experimentales referentes al tema, realizados por investigadores a nivel mundial.
- Las otras consideraciones de diseño a tomar en cuenta se determinarán a partir de las características generales de las playas venezolanas; sin embargo, de ser necesario se tomarán como valores iniciales los obtenidos del análisis de las maquinarias existentes en el mercado.
- En la medida de lo posible los elementos de máquina y materiales de construcción seleccionados deben estar disponibles en el mercado venezolano.

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

El proceso de diseño es un proceso proyectual, el cual se define como una serie de operaciones necesarias, dispuestas en un orden lógico dictado por la experiencia, que se siguen hasta llegar a un diseño/solución final. Sin embargo hay que tener en cuenta que en el diseño no se puede proyectar sin método, es necesario conocer y entender el problema, para eso se debe hacer un estudio de lo que ya existe, saber que materiales se pueden utilizar, investigar sobre las tecnologías disponibles, etc.; puesto que todo proceso creativo debe venir acompañado de la objetividad.

Los primeros estudios sobre métodos de diseño se realizaron a mediados del siglo XX, y desde entonces, debido a la diferencia de naturaleza y complejidad de los problemas y los diferentes enfoques que se pueden adoptar al estudiar los mismos, diferentes autores han desarrollado diferentes métodos.

Los métodos de diseño son normalmente caracterizados por dos factores:

- **Formalizan ciertos procedimientos de diseño:** ayudan a evitar aspectos omitidos, errores y a ampliar tanto el enfoque como la búsqueda de soluciones apropiadas dentro del proceso de diseño.
- **Exteriorizan el pensamiento de diseño:** ningún proceso de diseño culmina sin la comunicación de la idea.

Los métodos de diseño pueden ser:

- **Métodos Creativos:** ayudan a estimular el pensamiento creativo. Tratan de incrementar el flujo de ideas, eliminar los bloqueos mentales y ampliar el área de búsqueda.

- **Métodos con marco de referencia lógico:** estos ayudan a proporcionar orden y a facilitar la objetividad. A diferencia de lo que se piensa comúnmente, estos métodos no buscan coartar la creatividad, más bien se puede decir que ambos tipos de métodos, creativos y lógicos, se complementan.

## 2.1 METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este trabajo es la desarrollada por Christopher Jones (1982), la cual parte de la concepción del diseñador como “caja transparente” y no como “caja negra”. Esto quiere decir que el diseñador opera exclusivamente con la información recibida, lleva a cabo una secuencia planificada de etapas y ciclos analíticos, sintéticos y evaluativos hasta encontrar la mejor de las soluciones.

El método de caja transparente posibilita la división del problema en varias partes que pueden resolverse en serie o en paralelo.

Es común que los diseñadores dividan el proceso de diseño en tres etapas esenciales: análisis, síntesis y evaluación; que consisten en dividir el problema en partes, colocar de nuevo las piezas en orden y ponerlo a prueba para conocer las consecuencias de esta nueva organización en la práctica, respectivamente. Con frecuencia se realizan varios ciclos siguiendo esta secuencia y algunos teóricos consideran que cada ciclo es, progresivamente, menos general y más detallado que el anterior. Jones plantea una división diferente, una igualmente compuesta de tres etapas, sin embargo las mismas son más elementales que las nombradas previamente, ya que no tienen por qué contener ciclos más detallados aún cuando permiten esta posibilidad.

Debido a esta flexibilidad se decidió trabajar con este último enfoque, un modelo desintegrado formado por las siguientes etapas:

- **Divergencia:** en esta etapa se busca ampliar los límites de la situación de diseño.
- **Transformación:** es la etapa en la cual se elabora el modelo de carácter general, imposible de comprobar; se combinan los juicios de valor y los juicios técnicos. Esta etapa no pretende obtener una solución óptima sino una investigación óptima, en esta etapa no hay manera de asegurar que lo que se está haciendo es lo “mejor”.
- **Convergencia:** el objetivo del diseñador en esta etapa es la reducción sucesiva de incertidumbres hasta llegar a una solución final.

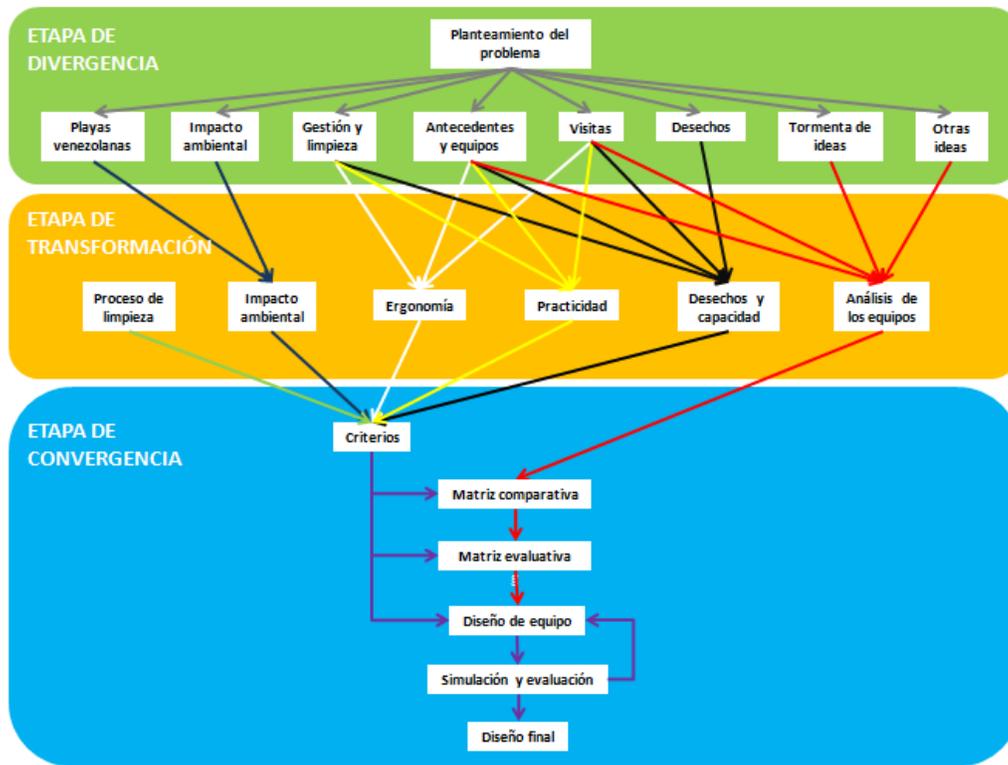
Adicional a las tres etapas del proceso de diseño, se agregó una cuarta etapa que corresponde a la presentación del diseño final, llamada “Comunicación de resultados”.

## 2.2 ESTRATEGIA

A través de la estrategia se planifican los métodos a utilizar para cada una de las distintas etapas. Según Jones las estrategias pueden ser lineales, cíclicas, ramificadas, adaptativa, incremental o fortuita; además indica que las mismas pueden ser planteadas de antemano o ser modificadas dependiendo de los resultados previos.

Para este trabajo se escogió una estrategia adaptativa, debido a su flexibilidad y a la posibilidad de, como su nombre lo indica, ser adaptada a las necesidades del diseñador y de la investigación. Esta estrategia es aquella en la que al comienzo sólo se decide la primera acción; la elección de las acciones subsiguientes está influenciada por los resultados de la anterior.

Aunque al comienzo no se conocía que forma iba a tener la estrategia en su totalidad, al culminar este trabajo la misma pudo ser esquematizada de la siguiente manera (figura 1):



**Figura 1** - Esquema de la estrategia de diseño utilizada

## 2.3 ETAPAS Y MÉTODOS

Los métodos son las acciones componentes de una estrategia. A continuación se describen los diferentes métodos utilizados en cada una de las etapas.

### 2.3.1 Etapa de divergencia

En esta etapa se utilizaron métodos de exploración de situaciones de diseño, que permitieron ampliar los límites de la misma, con lo que se obtuvo un campo de investigación lo suficientemente amplio y fructífero para la búsqueda de una solución, la cual debía cumplir con los objetivos planteados previamente.

Se investigó sobre los trabajos de diseño realizados con anterioridad así como sobre los estudios de impacto ambiental relacionados con la limpieza de las

playas. Se caracterizaron las playas venezolanas y se investigó sobre su fauna y sobre los desechos sólidos que en ellas se encuentran, se compiló información sobre distintos programas de limpieza y gestión de playas, complementariamente se realizó un estudio en tres diferentes playas venezolana. Además se realizó una tormenta de ideas, en la cual los participantes tuvieron la total libertad de aportar ideas, de cualquier naturaleza, que ellos consideraran pudieran ayudar a mejorar las técnicas de recolección de los desechos sólidos en las playas del país, se realizó un análisis de relevancia a dichas ideas.

Siempre que fue posible se recopiló información nacional, sin embargo parte de la misma presentada en este trabajo es referente a situaciones y experiencias internacionales.

Los métodos utilizados fueron:

- **Investigación documental:** revisión de documentos escritos, libros, páginas web y folletos.
- **Revisión de diseños existentes**
- **Observación directa:** la observación como método cualitativo nos describe situaciones y diseños ya existentes.
- **Entrevistas:** obtener información a través de los sujetos involucrados directamente con el problema a solucionar.
- **Tormenta de ideas:** estimular a muchas personas para que generen una gran cantidad de ideas espontáneas. Lo importante de esta actividad no es la calidad de las ideas sino la cantidad.
- **Sinéctica:** dirigir las actividades espontáneas del cerebro y del sistema nervio a la exploración de un problema de diseño. Específicamente se trabajo con las analogías directas.

### 2.3.2 Etapa de Transformación

En esta etapa se analizó la información compilada en la etapa de divergencia. Dentro del análisis realizado se desglosaron los elementos y técnicas de funcionamiento de los equipos existentes y de las ideas planteadas.

Los métodos utilizados fueron:

- **Investigación documental:** revisión de documentos escritos, libros, páginas web y folletos.
- **Clasificación de la información de diseño:** desglosar un problema de diseño en partes manejables.
- **Transformación del sistema:** encontrar formas de transformar un sistema insatisfactorio para remover sus fallas inherentes.

### 2.3.3 Etapa de Convergencia

En esta etapa se determinaron las especificaciones y criterios de diseño. Basados en estos se compararon entre sí los equipos existentes y las ideas generadas.

Sólo las ideas que cumplieron con todos los criterios planteados se desarrollaron en más detalle y fueron evaluadas posteriormente.

La idea ganadora en esta segunda evaluación fue desarrollada en su totalidad pero al momento de su evaluación se determinó que la misma debía ser modificada (rediseñada) para poder ser considerada una solución satisfactoria. Luego de las modificaciones se obtuvo el diseño que se consideró como la solución final al problema planteado.

Este proceso de rediseño constituyó una iteración de las planteadas en el esquema de la figura 1.

Los métodos utilizados fueron:

- **Especificaciones:** describir un resultado de diseño aceptable que aún no ha sido obtenido.
- **Criterios de diseño:** decidir cómo se determinara si un diseño es aceptable.
- **Ranking y ponderación:** comparar un grupo de alternativas utilizando una escala de medida común.

#### **2.3.4 Comunicación de resultados**

Una vez simulado el diseño y comprobado su funcionalidad se procedió con la etapa de comunicación de resultados, en donde se presentó el diseño final con sus características y especificaciones para su posterior construcción y utilización.

## **CAPÍTULO III**

### **ETAPA DE DIVERGENCIA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

En esta sección se presentan 2 trabajos de investigación cuyo tema central es el diseño de un equipo de limpieza de playa. Uno de los trabajos fue realizado en Venezuela mientras que el otro fue realizado en Cuba.

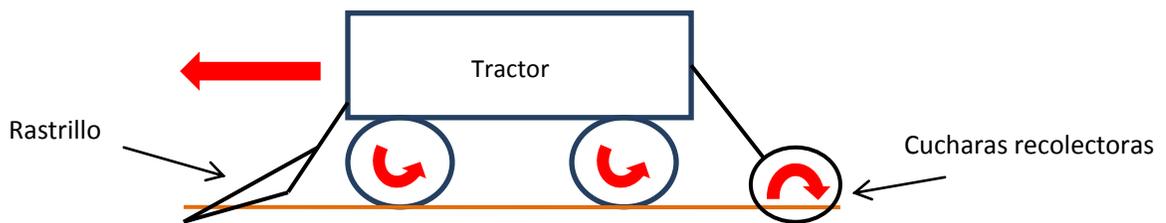
##### **3.1.1 Ramírez y Toledo 1995**

En el año 1995 fue presentada la tesis “Diseño de un equipo móvil para la limpieza de playas”, en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela (UCV), por parte de los bachilleres Raúl Ramírez y José Toledo, en la cual se planteó el diseño de dos implementos que pueden ser adaptados a un tractor agrícola.

Uno de los implementos es un rastrillo que se coloca en la parte delantera del tractor, su función es penetrar en la arena y apilar y arrastrar los desechos de grandes dimensiones que se encuentran en ella. El dispositivo cuenta con un mecanismo manual de cuatro barras que permite ubicar el rastrillo en diferentes posiciones, permitiendo así variar la profundidad de penetración entre 15, 10 y 5 cm ó fuera de servicio (sin penetración).

El otro implemento se adapta a la parte posterior del tractor y consiste en un conjunto de ocho cucharas radialmente distribuidas en la superficie de un cilindro rotatorio, el cual posee un tornillo sin fin en su interior. Cuando se pone en marcha este implemento (gracias a una toma de fuerza acoplada al tractor), el cilindro comienza a girar en sentido contrario a las ruedas del tractor (figura 2), de manera tal que las cucharas penetren en la arena

recolectando todos aquellos objetos que encuentren en ella. Las cucharas cumplen la función de cernidor, ya que las mismas, al estar agujereadas, separan los desechos de la arena. Estos últimos son transportados por el tornillo sin fin a un depósito lateral en el cual se almacenan hasta el momento en que el mismo sea vaciado. Adicionalmente, este aditamento cuenta con una pala acondicionadora cuya función principal es alisar el terreno arenoso.



**Figura 2** -Esquema de funcionamiento del equipo venezolano.

Es importante destacar que ninguno de estos equipos clasifica los desechos y que, debido a sus características, están concebidos para ser utilizados exclusivamente en playas, especialmente en la zona de arena seca.

### **Análisis del problema y proceso de diseño**

Durante el proceso de diseño se estudiaron las condiciones en que se encontraban las playas venezolanas, esto se realizó de diferentes maneras:

A través del uso de informes proporcionados por la Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA), los cuales describen el tipo y cantidad de desechos que se recolectaron en las playas venezolanas durante las jornadas de limpieza del programa “Playas para la vida” en los años 1992 y 1993.

Mediante inspección visual directa de la problemática en algunas playas del Estado Aragua, las cuales fueron: Ocumare de la Costa, Cata, Cuyagua y el Playón.

Adicionalmente se recurrió a la información hemerográfica publicada por diversos diarios de circulación nacional referente al estado de limpieza de las playas del país.

Como parte del proceso de diseño, hicieron una clasificación de los desechos, ya que éstos condicionaron el diseño del equipo.

Para el desarrollo de los implementos se estudiaron diversas alternativas de solución, las cuales fueron estudiadas sin entrar en el cálculo y diseño de detalles.

Las propuestas estudiadas por los autores se basaron en los siguientes principios:

- Extracción de los desechos en forma manual
- Extracción de desechos en forma mecánica
- Extracción de los desechos sólidos haciendo uso de principios químicos
- Extracción de desechos haciendo uso de principios físicos
- Concientización de los usuarios
- Combinación de las ideas anteriores

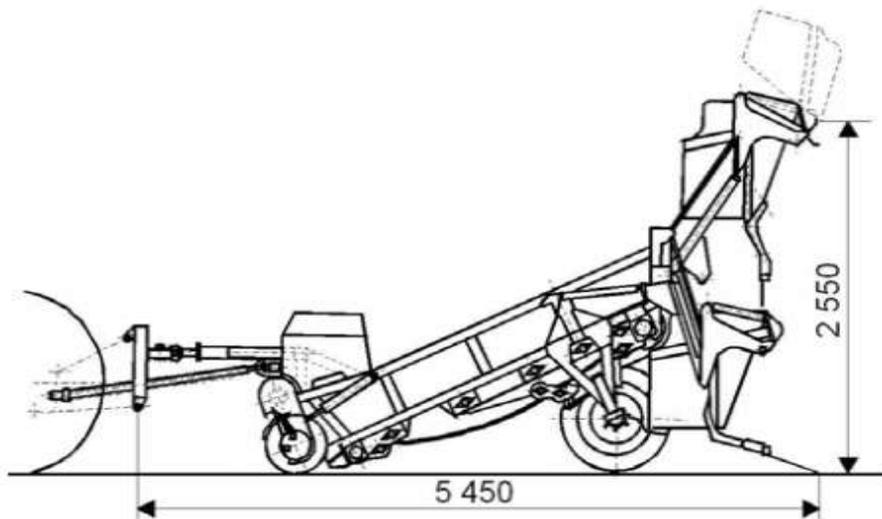
Los autores recomiendan el uso de tratamientos para la protección contra la humedad, corrosión y abrasión de los equipos, los cuales son propios de los ambientes costeros.

### **3.1.2 García 2010**

En el año 2010 María García, del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría de la ciudad de La Habana, Cuba; realizó el trabajo titulado “Modelo integral de la estructura móvil de una máquina limpia-playa” el cual consistió en el diseño de un equipo de limpieza con las siguientes características:

- El equipo es tipo remolque, esto quiere decir que por sí solo no tiene movilidad, necesita ser acoplado a un tractor para poder funcionar.
- El equipo realiza 3 operaciones: cribado, rastrillado y mixta. Estas operaciones son descritas más adelante en esta sección.
- Dependiendo de la operación a realizar puede ser utilizado tanto en arena seca como húmeda, modificando la profundidad de penetración de la cuchilla y la velocidad de limpieza.

En la figura 3 puede observarse un esquema general del equipo diseñado.



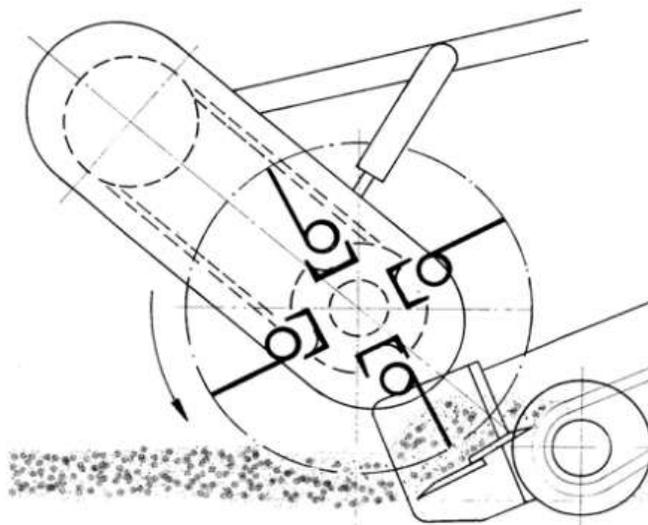
**Figura 3** - Esquema del equipo limpia-playa cubano.

El funcionamiento general del equipo consiste en la penetración en la arena de una cuchilla frontal, la cual levanta la arena a medida que el equipo avanza paralelo a la orilla de la playa y la coloca sobre la malla sin fin de un cernidor vibratorio. La arena limpia se deposita en el mismo lugar del cual fue extraída y los residuos, que no pueden atravesar el cernidor, son conducidos hasta el otro extremo y depositados en un contenedor cuya capacidad máxima es de  $1,4 \text{ m}^3$ , éste último es vaciado mediante un mecanismo hidráulico.

El rodillo motriz del cernidor es accionado por una toma de fuerza acoplada al tractor y pone en movimiento la malla sin fin. Además de rotar como lo hace una banda transportadora convencional, a esta malla se le suministra un movimiento vibratorio para facilitar la labor del cernidor y separación de los residuos sólidos. El sistema de paletas del mecanismo de alimentación, colocado delante de la cuchilla, permite que siempre llegue la cantidad de arena adecuada para su posterior limpieza.

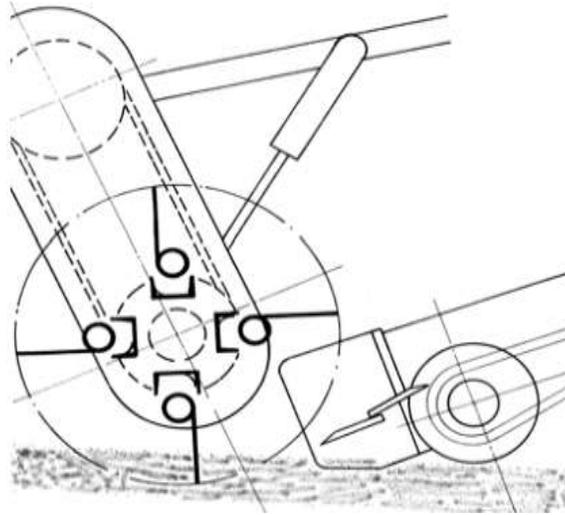
Como se mencionó anteriormente, el equipo realiza tres operaciones distintas y dependiendo de esto la configuración de los diferentes componentes cambia (por ejemplo la posición de la cuchilla y por tanto su profundidad de penetración en la arena), al igual que algunas condiciones de trabajo (como la velocidad de trabajo y la rotación de las paletas de alimentación).

- **Cribado:** La cuchilla penetra en la arena un promedio de 16 cm y la velocidad de trabajo es de aproximadamente 5 km/h. (figura 4)



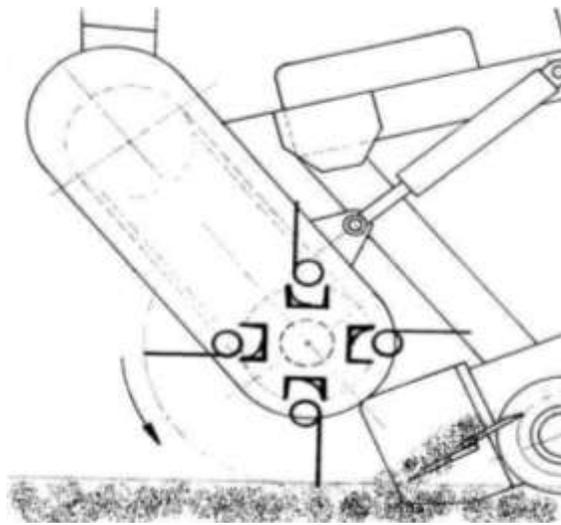
**Figura 4** -Equipo cubano trabajando en configuración de cribado.

- **Rastrillado:** La cuchilla no penetra y las paletas de alimentación no giran, por esta razón esta operación puede emplearse para limpiar arena húmeda o seca a gran velocidad de trabajo (de 10 km/h en arena seca y 8,5 km/h en arena húmeda) y con gran rendimiento por unidad de superficie (figura 5).



*Figura 5* - Equipo cubano trabajando en configuración de rastrillado.

- **Mixta:** Esta operación es una combinación de las anteriores. La penetración de la cuchilla no alcanza su valor máximo, sino una penetración que el operario determinará dependiendo de la condición de la arena a limpiar. Gracias a esta graduación puede realizarse la limpieza de arena seca o húmeda. La velocidad de trabajo oscila entre 7 y 5,5 km/h (figura 6).



**Figura 6** - Equipo cubano trabajando en configuración mixta.

### **3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS PLAYAS VENEZOLANAS**

Las costas continentales de Venezuela, con una longitud aproximada de 4800 km, se encuentran en el Mar Caribe y presentan una gran diversidad geomorfológica.

La mayor extensión de la costa venezolana está constituida por playas arenosas con acantilados bajos. En áreas donde los sistemas montañosos bordean la línea de costa, se encuentran acantilados y pendientes abruptas intercaladas con playas arenosas y plataformas sedimentarias (Ellenberg, 1985).

Una playa se define como una acumulación en la orilla del mar de materiales más gruesos que los principales constituyentes del limo, entendiendo por limo un material cuya granulometría puede clasificarse entre las arenas finas y la arcilla (Méndez, 2006).

Las playas son por excelencia un sitio de recreación y esparcimiento para los centros poblados que se encuentran a su alrededor, en especial las grandes ciudades, así como también la población que se localiza directamente en las

costas, especialmente en lugares donde las condiciones climáticas son tan favorables como en Venezuela.

Según Silva (1999), la región costera litoral del Mar Caribe se caracteriza por un clima marcadamente estacional, con precipitaciones menores de 1000 mm, temperaturas medias anuales superiores a los 25 °C, y elevada carga radiacional. En Venezuela la costa caribeña está además caracterizada por la incidencia de los vientos alisios que se desplazan desde el noreste y generan movimiento de arena en la fase terrestre y corrientes de agua en la costa.

De acuerdo a datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2002) la población localizada directamente en las costas es de 4.370.359 habitantes, lo que representa aproximadamente el 20% del total de la población.

### **3.2.1 El perfil de playa**

El perfil de playa es una de las características más estudiadas de la morfología costera (Kraus, s.f.), es por esto que existen numerosas publicaciones referentes al estudio de los diferentes tipos de perfil, de su variación natural, de su modificación artificial y de las consecuencias de la misma, etc. En este trabajo nos limitamos a hablar de cuál es su definición y cuáles son las zonas dentro del mismo; adicionalmente en la sección 3.6 de este mismo capítulo se hará especial referencia a una publicación referente a las consecuencias de la modificación del mismo por la acción mecánica de la limpieza.

El término perfil de playa se refiere a un corte transversal de la playa perpendicular a la línea que marca la alta marea, y que va desde las formaciones dunares de una playa hasta la zona donde tienen influencia el oleaje (Wright y Short, 1984).

Según Wright y Short (1984), los perfiles están definidos por tres factores importantes: la pendiente, el tamaño de grano y la acción del oleaje. Estos están interrelacionados de tal manera que al menos dos de las variables definen el tercero.

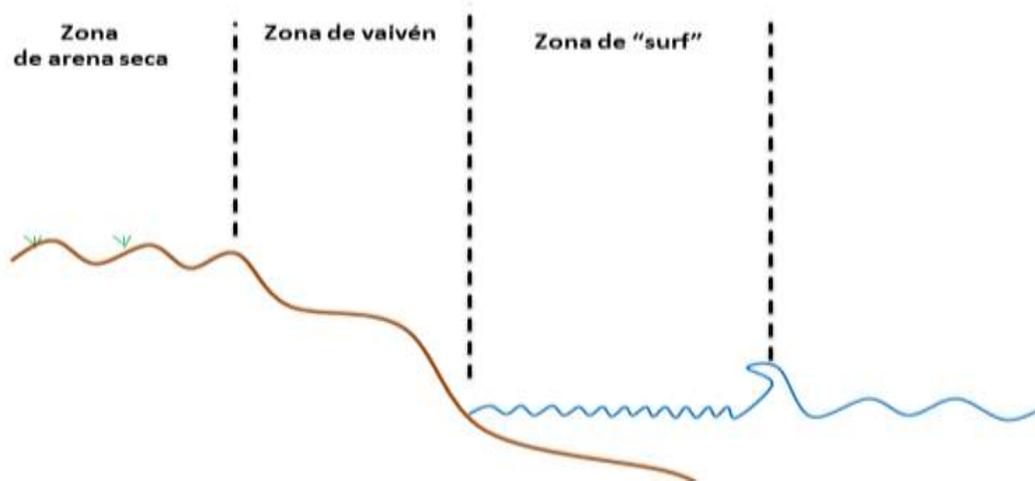
Diversos autores han establecido diferentes zonas en el perfil de playa; por ejemplo según el Plan de Ordenamiento de Playas de la Isla de Margarita (Ministerio del Ambiente, MINAMB, 1986), el perfil se divide en dos zonas, zona activa y zona pasiva, y se basa fundamentalmente en el uso de las playas como lugar turístico (figura 7).



**Figura 7** - Zonificación de las playas según MINAMB (1986)

Mientras que McLachlan (1983), establece zonas que están definidas por la acción del oleaje, y que a su vez determinan la distribución de la fauna y vegetación que encontramos en la playa.

Según esta zonificación se tiene: zona de arena seca o supralitoral, zona de vaivén o intermareal y zona de "surf" o zona infralitoral (figura 8).



**Figura 8** - Zonificación de las playas según McLachlan (1983)

La zona de arena seca o supralitoral está conformada por formaciones dunares y llanuras de arena caracterizadas por la presencia de vegetación y arena seca hasta la línea de alta marea.

La zona de vaivén o intermareal es aquella comprendida entre la zona de alta marea y la zona de baja marea. En playas con mareas bajas, esta zona está delimitada por la línea que alcanza la máxima subida del agua en el proceso de vaivén del oleaje.

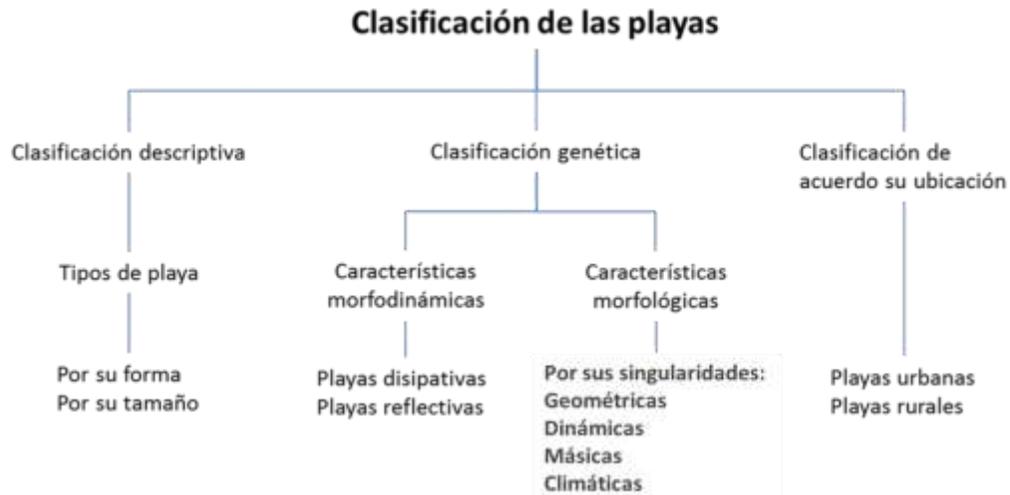
La zona de surf o infralitoral va desde la línea de marea baja o la línea de bajada del movimiento de vaivén del oleaje en el caso de mareas bajas, hasta el punto de rompiente de las olas.

Para efectos de este trabajo se utilizará esta última zonificación.

### **3.2.2 Clasificación de las playas**

Debido a la ubicación geográfica de Venezuela podemos encontrar diferentes unidades geomorfológicas costeras, las cuales definen los tipos de playa que podemos encontrar. Estas diferencias definen el tipo de arena, pendiente del

perfil de playa, la presencia de flora y fauna, así como el desarrollo de diferentes actividades humanas asociadas a la economía y la recreación.



**Figura 9** - Clasificación de las playas

Wright y Short (1984), establecen que las playas, de acuerdo a sus características, atienden a diversas clasificaciones, entre las cuales tenemos la clasificación descriptiva y la clasificación genética. También encontramos una clasificación alternativa referida a la ubicación. En el figura 9 podemos observar las diferentes clasificaciones con sus respectivas subdivisiones.

La clasificación descriptiva está referida a las características observables de la playa, como sus dimensiones y su forma.

De acuerdo a sus dimensiones, las playas se clasifican de la siguiente manera:

**Macro playas:** Superan longitudes de varios kilómetros. Representan disipadores de energía del oleaje, y protegen los relieves de tierra adentro, frente a situaciones temporales. Constituyen un importante espacio para el desarrollo de actividades deportivas y/o recreativas.

**Meso playas:** Desarrollan como mínimo los 800 metros de longitud, sin llegar a varios kilómetros. Sirven como protectores, aunque sectoriales, del territorio litoral emergido ante la presencia de los temporales. Conservan la potencialidad como recursos deportivos y/o recreativos.

**Micro playas:** Las longitudes están en unos pocos cientos de metros, como máximo. Carecen de interés para el desarrollo de actividades deportivas y/o recreativas, aunque se han adaptado a otras actividades de corte turístico.

Mientras que según su forma las mismas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Playas rectilíneas
- Playas de fondo de bahía o de caleta
- Playa de márgenes de caleta
- Playas de desembocadura de ríos, barrancos o quebradas.
- Playas mixtas

La clasificación genética está referida a los procesos y efectos físicos de las playas. Dentro de esta clasificación encontramos las características morfológicas y características morfodinámicas (Wright y Short, 1984).

Las características morfológicas están referidas al estudio de las playas en planta (estudio de la evolución longitudinal) y en perfil (estudio de la evolución transversal), para caracterizar las variables, dependencias y condicionantes, que intervienen en los depósitos sedimentarios.

Esta clasificación, introducida por Suárez (1978), se basa en el estudio de singularidades, las cuales se definen como discontinuidades o limitaciones laterales de las playas.

Estas se clasifican en:

- Geométricas
- Dinámicas
- Máficas
- Climáticas

Las características morfodinámicas descritas por Mclachlan (1983), identifican y discuten los ciclos sedimentarios cortos en las playas arenosas. Éstas describen y establecen dos estadios extremos: playas disipativas, las cuales poseen baja pendiente, granos finos (menores a 0,2 mm) y se encuentran bajo la acción de las mareas altas, y las playas reflectivas, las cuales poseen una pendiente alta, granos de arena gruesos (mayores a 0,5 mm y menores de 2mm) y mareas bajas. Estos estadios a su vez poseen estadios intermedios y los mismos pueden variar en cortos períodos de tiempo, de hecho una playa puede variar de un estadio morfodinámico a otro.

Según McLachlan (1983), los cambios latitudinales en el clima provocan modificaciones en los factores físicos que inciden en las playas arenosas. El cambio más significativo es el aumento de la energía del oleaje desde los trópicos hacia las zonas templadas, el cual produce un cambio en las características de las playas arenosas. Venezuela, al encontrarse en una zona tropical, tiende a tener mayor composición de arenas con contenido calcáreo, lo que ofrece una arena más gruesa que las de origen terrestre de las zonas templadas. Como consecuencia de una frecuencia de oleaje menor y arenas más gruesas, las playas venezolanas tienden a ser reflectivas o intermedias. Sin embargo, de acuerdo a Martínez (1994), cabe destacar que existen playas en el país, que por su orientación geográfica hacia el noreste y dada la influencia directa del oleaje y otros factores, pueden presentar características de una playa disipativa, como las encontradas en la costa nororiental de la Isla de

Margarita (figura 10) y playas del Estado Miranda que están fuera de las zonas de manglar.

Otra clasificación de las playas es la relacionada con las actividades humanas localizadas a su alrededor, las cuales definen las playas rurales y las playas urbanas.



**Figura 10** – Playa El Agua, Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta



**Figura 11** – Playa Grande, Puerto Colombia, Estado Aragua

Las playas rurales se encuentran alejadas de centros urbanos y poseen características morfológicas de carácter natural; es decir, no existe intervención humana en ellas. En Venezuela este tipo de playas las podemos

encontrar en los parques nacionales y en lugares alejados de los centros urbanos, como las playas del Estado Aragua (figura 11), del Parque Nacional Morrocoy y Parque Nacional Mochima.



**Figura 12** – Playa Club Marina Grande, Estado Vargas

Las playas urbanas son aquellas que se encuentran cercanas a centros urbanos y que poseen características morfológicas artificiales para acondicionarlas a las actividades humanas de disfrute y esparcimiento. Por ejemplo en el litoral central podemos encontrar una serie de playas que han sido acondicionadas y modificadas para el uso turístico de los centros urbanos de la zona (figura 12). Éstas se caracterizan por la presencia de espigones, rompe olas, servicios y vías de acceso como calles y autopistas.

Para efectos de este trabajo se utilizará la clasificación morfodinámica, la clasificación por tamaño y la clasificación de acuerdo a su ubicación.

### **3.2.3 Fauna costera**

#### **Fauna encontrada en las playas arenosas**

Según Brafield (1978), la mayoría de la fauna encontrada en las playas arenosas raramente emerge a la superficie; a estos grupos se les refiere como

infauna. Los pocos que podemos encontrar en la superficie y se mueven a lo largo de ella se encuentran en el grupo de la epifauna (cangrejos y moluscos).

Alternativamente, a la fauna presente en las playas arenosas se le puede clasificar en 3 grupos de acuerdo a su tamaño:

- Meiofauna
- Macrofauna
- Microfauna

Todos estos grupos pueden ser considerados habitantes permanentes de la playa y otros simplemente visitantes en busca de alimento, como aves y peces arrastrados por el oleaje.

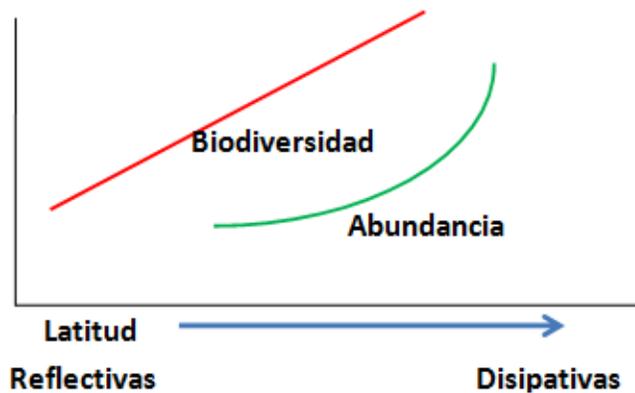
Los animales que comprenden la meiofauna pueden definirse como aquellos que son capaces de atravesar una malla de agujeros de 0,5 mm. En este grupo podemos encontrar algunos de 1 o 2 mm de longitud. En efecto el largo de estos animales define a la meiofauna y esta característica ayuda en su movimiento a través de los espacios entre partículas de arena, ya que los mismos son muy pequeños y débiles para mover los granos.

Los pertenecientes a la macrofauna son aquellos que se pueden observar a simple vista y que viven total o parcialmente dentro de la arena, además ayudan al drenaje y a la aireación del suelo; la mayoría consume materia vegetal en descomposición y restos orgánicos de otros animales.

La microfauna son especies menores a los 0,05 mm y son imperceptibles a simple vista, pero su comportamiento es el de cualquier animal del hábitat.

## Distribución de la fauna según las características morfodinámicas de las playas

Estudios hechos por McLachlan (1983) han demostrado que la abundancia y diversidad de la macrofauna están mayormente relacionadas con el tamaño del grano y la pendiente en las playas abiertas. Las playas expuestas o abiertas ofrecen mayor abundancia de fauna que las menos expuestas, si estas últimas poseen granos gruesos y pendientes empinadas. En otras palabras, a medida que la playa es reflectiva y micromareal, disminuye la biodiversidad, y aumenta cuando la playa tiende a ser disipativa y macromareal. Esta variación en la biodiversidad, biomasa y abundancia se debe a que las playas con tendencia a un perfil reflectivo presentan condiciones más desfavorables para el desarrollo de la vida.



**Figura 13** – Relación existente entre la biodiversidad y la abundancia de fauna respecto a la ubicación en términos de latitud (características morfodinámicas)

Debido a que la tendencia de las playas venezolanas es de poseer características de una playa reflectiva, dada su ubicación latitudinal, la abundancia y diversidad de la fauna disminuye. Sin embargo, en los perfiles reflectivos y micromareales podemos encontrar mayor abundancia de especies en la zona de arena seca y de vaivén, debido a que no se encuentran bajo riesgo de inmersión, que es común en las playas disipativas. Las playas

reflectivas establecen un control físico de la fauna, mientras que en las disipativas influyen los factores biológicos (figura 13).

### **Características de la fauna según las zonas de perfil de las playas**

#### **Zona de arena seca**

De acuerdo a la información suministrada por la profesora Estrella Villamizar del Instituto de Zoología Tropical de la Facultad de Ciencias de la UCV, en la zona de arena seca es común encontrar cangrejos “fantasmas” o emerita (figura 14). Esta especie es excavadora y vive en madrigueras, las cuales se encuentran al menos a 15 cm de profundidad. Según Brafield (1978) también podemos encontrar crustáceos anfípodos. Algunos crustáceos han optado por mantenerse enterrados durante el día en la parte alta de la playa, para así no verse afectados por otros animales. La arena es una excelente barrera contra el aumento de la temperatura y la salinidad.



**Figura 14** - Cangrejo “fantasma” o emerita

La arena cumple la función de barrera ante la exposición del sol, la cual refleja o absorbe los rayos solares en las capas superiores. El problema de la resequedad no es un inconveniente siempre y cuando la arena sea lo

suficientemente fina como para alojar agua por acción capilar cuando baja la marea.

En esta zona, por carecer de los efectos del oleaje y de las mareas, también podemos encontrar animales terrestres no asociados con el mar, como son la presencia de aves, insectos y mamíferos, cuyo hábitat está definido por la presencia de vegetación.

### **Zona de vaivén**

Las condiciones ambientales son las que definen el tipo de fauna que se encuentra en esta zona, ya que durante una parte del día la zona se encuentra expuesta al aire, y durante otra parte sumergida en el agua por efecto de las mareas.

En esta zona podemos encontrar animales como cangrejos emerita, caracoles y moluscos (Brafield, 1978).

### **Zona de surf**

La zona de surf se encuentra completamente sumergida, por lo tanto la fauna encontrada en ésta depende exclusivamente del agua para sobrevivir. Por lo general las especies se encuentran enterradas en la arena, ya que necesitan protección del efecto del oleaje que es constante.

La zona en cuestión está habitada por un gran número de especies que incluyen almejas, crustáceos, gusanos de mar y caracoles. También se pueden encontrar cangrejos en las zonas tropicales y peces de pequeño tamaño (Brafield, 1978).

En la figura 15 se puede observar de manera gráfica la distribución de la fauna.



**Figura 15** – Distribución de la fauna en el perfil de la playa según Bradfield (1978)

### 3.3 DESECHOS

Se han propuesto diferentes definiciones en lo concerniente a la definición de desecho. Por ejemplo, se puede decir que es "todo bien mueble destinado por su propietario a ser abandonado o también se puede definir como un material cuyo poseedor no puede ni valorizar, ni arrojar como está a su medio exterior." (Leroy, 1987).

A su vez Leroy (1987) define los residuos como todo aquello que se genera como consecuencia no deseada de una actividad humana y, en general, de cualquier ser vivo.

Plantea que el abandono de un residuo tóxico en el entorno, generado en la transformación de un producto determinado, debe implicar la conversión del contaminante en una sustancia que sea compatible con el medio. Para que un

producto sea ambientalmente aceptable debe ser de la misma naturaleza que algunos de los minerales o sustancias que existan en la misma.

### **3.3.1 Efectos producidos por los desechos en las playas**

El estado de limpieza en el que se encuentra una playa y el nivel de limpieza deseable en las mismas, varían según su naturaleza y sus alrededores. Por ejemplo, en las playas urbanas es posible conseguir desechos asociados con los centros poblados cercanos, los cuales están dispuestos indebidamente y en ocasiones se utilizan las playas como vertederos (Leroy, 1987).

Los desechos sólidos pueden tener impactos apreciables de salud pública y estéticos (Tchobanoglous y Theissen, 1982), así como causar accidentes a los visitantes.

Las consideraciones estéticas están relacionadas a la producción de olores y las condiciones desagradables a la vista que se pueden desarrollar cuando no se da atención adecuada al mantenimiento de condiciones sanitarias.

Los intereses de salud pública están relacionados principalmente a la infestación de áreas por parte de agentes patógenos externos.

Los efectos de los desechos nos llevan a los siguientes puntos:

#### **Aspecto antiestético**

La presencia de basura, incluso durante un período insuficiente para la fermentación, constituye una molestia visual, lo que provoca el desmejoramiento del valor paisajístico de las playas.

Cualquier desecho encontrado en la playa puede afectar el paisaje, de hecho, hasta la infraestructura e instalaciones con diseños no adecuados pueden perturbarlo (figura 16).

Cabe destacar que aunque los desechos no sean perceptibles a simple vista (por estar enterrados parcial o totalmente en la arena) y no causen molestia visual, los mismos pueden causar molestias cuando las personas entran en contacto con la arena (figura 17).



**Figura 16** – Acumulación de desechos alrededor de una palmera. Playa Grande, Edo. Aragua



**Figura 17** – Chapas de botellas de vidrio. Cayo Sal, Edo. Falcón

### **Emisión de olores**

Los desechos contienen materiales orgánicos putrescibles, cuya fermentación arrastra a la formación de gases y líquidos malolientes, problema que hace desagradable la estadía por parte de los usuarios.

Los restos de animales y alimentos, pañales, heces y cigarrillos son los principales causantes del mal olor en las playas.

### **Proliferación de roedores, insectos y otros animales**

Los desperdicios alimentarios favorecen el merodeo de roedores e insectos, los cuales son huéspedes de enfermedades contagiosas, entre las cuales podemos nombrar: leptospirosis, enfermedades parasitarias, teniasis, áscaris, helmintiasis y ornitosis.

Además, la presencia de animales domésticos como perros y gatos contribuyen con la contaminación fecal de la arena y también son portadores de enfermedades como el tifus y toxoplasmosis, las cuales entran en contacto directo con los usuarios (figura 18)



**Figura 18** – Perro defecando en la arena de la playa

### **Accidentes a personas**

Algunos desechos, por sus características, pueden provocar algún tipo de accidente tanto para los visitantes como para los encargados de su recolección. Estos no solo están ligados al daño físico, sino también al contagio de enfermedades e infecciones por elementos corroídos. Es imprescindible su recolección a tiempo.

Podemos nombrar como desechos causantes de accidentes: trozos de vidrio, botellas, jeringas, trozos de plástico, chapas de botellas, preservativos, trozos de metal y latas. Por lo general los accidentes ocurren cuando los desechos se encuentran bajo la arena y son imperceptibles a la vista (figura 19).



**Figura 19** – Vidrios rotos en la arena

### **Económicos**

En los últimos años del siglo XIX, en los países industrializados se concibió al turismo como un fenómeno básicamente económico, el cual se diversificó en todo el mundo, especialmente en los países cuyo valor paisajístico es de interés (Fernández, 1991).

La presencia de desechos menoscaba el flujo de visitantes tanto nacionales como internacionales, los cuales aportan al desarrollo económico de la zona.

### **Incendios**

Dependiendo del tipo de material que constituya los desechos, se pueden producir incendios de carácter involuntario, los cuales se producen en zonas cercanas a la vegetación playera y locales comerciales.

### **Contaminación por elementos tóxicos**

Existen desechos que debido a la composición química de sus componentes pueden contaminar la arena y las aguas, ocasionando daños tanto al ecosistema marino costero como a los visitantes.

Como ejemplo de estos desechos tenemos las baterías y pilas, las cuales proveen componentes metálicos que se producen en ambientes corrosivos, como plomo, ácido sulfúrico, óxido de mercurio y zinc.

Aparte, el efecto de las mareas y corrientes marinas puede arrastrar estos desechos, los cuales pueden afectar la calidad de las aguas, afectando así el ecosistema marino costero.

De acuerdo a la información suministrada por la organización conservacionista estadounidense Ocean Conservancy (2009), los cigarrillos y colillas también aportan compuestos tóxicos. Existe la falsa creencia de que sólo producen un impacto visual, pero en realidad una sola colilla de cigarro puede contaminar hasta 50 litros de agua, ya que contiene toxinas como plomo, arsénico y cadmio (figura 20).



**Figura 20** – Personal de limpieza recolectando una colilla de cigarro de la zona de vaivén de una playa

### **3.3.2 Composición y Degradación de los desechos**

Los diferentes desechos encontrados en las playas están constituidos en su mayoría por elementos degradables. Otros poseen compuestos químicos que por estar en contacto con un ambiente corrosivo como las playas, tienden a

segregar compuestos tóxicos al ambiente, los cuales no son degradables. La degradación depende de la humedad y temperatura (Domenech, 1994).

Para evitar los efectos de los desechos biodegradables, es necesario recolectarlos en menos de 8 días, lo cual es especialmente importante en áreas con climas cálidos como las playas (Tchobanoglous y Theissen, 1982). En la tabla 1 podemos observar los tiempos de degradación de los diferentes desechos sólidos encontrados en las playas.

**Tabla 1** - Tiempos de degradación según el material del desecho

<b>Material</b>	<b>Tiempo</b>
Desechos orgánicos	3 semanas a 4 meses
Acero	10 a 100 años
Aluminio	350 a 400 años
Vidrio	Indefinido
Papel	3 semanas a 2 meses
Plástico	500 años

### **3.3.3 Clasificación de los desechos según Ocean Conservancy**

La Ocean Conservancy (2009) ha clasificado los desperdicios encontrados en playas y océanos en 6 categorías, las cuales están relacionadas con el tipo de actividades que se desarrollan en estos lugares.

Estas categorías están reflejadas en la “tarjeta de datos para la limpieza internacional de costas”, la cual tiene como objetivo educar al público, realizar un inventario de los desechos sólidos y crear soluciones para su manejo.

A continuación se presenta la información referente a estas 6 categorías:

### **Actividades en las orillas y Actividades recreativas**

(Desechos de visitantes de las playas, pasadía, juegos/festivales, deportes, basura en las alcantarillas pluviales)

Bolsas, globos, botellas de bebidas (menos de dos litros), botellas de bebida (vidrio), latas de bebida, tapas de bebida y otros recipientes, ropas/zapatos, tazas, platos, tenedores, cuchillos, cucharas, envolturas/envases de alimentos, pestañas, espitas o tapas de latas, juntas plásticas, cartuchos o cacerinas de armas de fuego, pitillos, sorbetes, agitadores plásticos para bebidas, juguetes.

### **Actividades en los océanos y otros cuerpos de agua**

(Desechos o carnada de pesca recreativa/comercial y operaciones marítimas)

Contenedores de cebo y sus envolturas, botellas de cloro y otros artículos de limpieza, boyas y flotadores, trampas para cangrejos, langosta y peces, cajas de embalaje, monofilamento de pesca, señuelos y varas de luz, redes de pesca, bombillas de luz/fluorescente, botellas de aceite y lubricante, paletas de madera para cargas, plástico para empaque y lonas, sogas, cintas plásticas de seguridad.

### **Actividades relacionadas al hábito de fumar**

Cigarros (cigarrillos/filtros de cigarros (colillas), encendedores, boquillas, envolturas y cajetillas de cigarrillos.

### **Disposición indebida de desechos sólidos**

Artefactos eléctricos (neveras, lavadoras, etc.), baterías, materiales de construcción, autos/partes de autos, barriles grandes, llantas.

### **Desechos biomédicos e higiénicos**

Condomes, pañales desechables, jeringas, tampones o aplicadores de tampones, toallas sanitarias.

### **Desechos de interés local**

Artículos de importancia para las personas que realizan la recolección.

Si bien la categoría de actividades en los océanos y otros cuerpos de agua no constituye el ambiente playero, éste puede afectarlo, ya que por efecto de las mareas y corrientes, los desperdicios pueden ser arrastrados al mar.

Para los efectos de este trabajo especial de grado, siempre que se necesite clasificar los desechos encontrados o a recolectar, se hará según las categorías planteadas por Ocean Conservancy.

Los desechos domiciliarios no forman parte de la clasificación planteada por Ocean Conservancy, de hecho éstos son especialmente excluidos de dicha clasificación, es por esto que es importante conocer su definición.

### **Desechos domiciliarios**

De acuerdo a la clasificación de los desechos según la Ocean Conservancy (2009) y Leroy (1987), encontramos que parte de éstos son considerados por las empresas de gestión y manejo de desechos sólidos como municipales o domiciliarios.

Dentro de los desechos sólidos domiciliarios NO encontramos:

- Escombros
- Cenizas
- Hierro y/ó chatarra
- Elementos que no puedan colocarse en camiones recolectores

### **3.3.4 Caracterización de los desechos sólidos en las playas de Venezuela**

#### **Informe FUDENA**

En Venezuela, FUDENA realiza todos los años un inventario de desechos en las playas venezolanas, enmarcado en el día mundial de las playas.

En los informes realizados por dicha fundación se establece el porcentaje de desechos sólidos recogidos en la jornada a nivel nacional, tomando como clasificación de los desechos la planteada por la Ocean Conservancy.

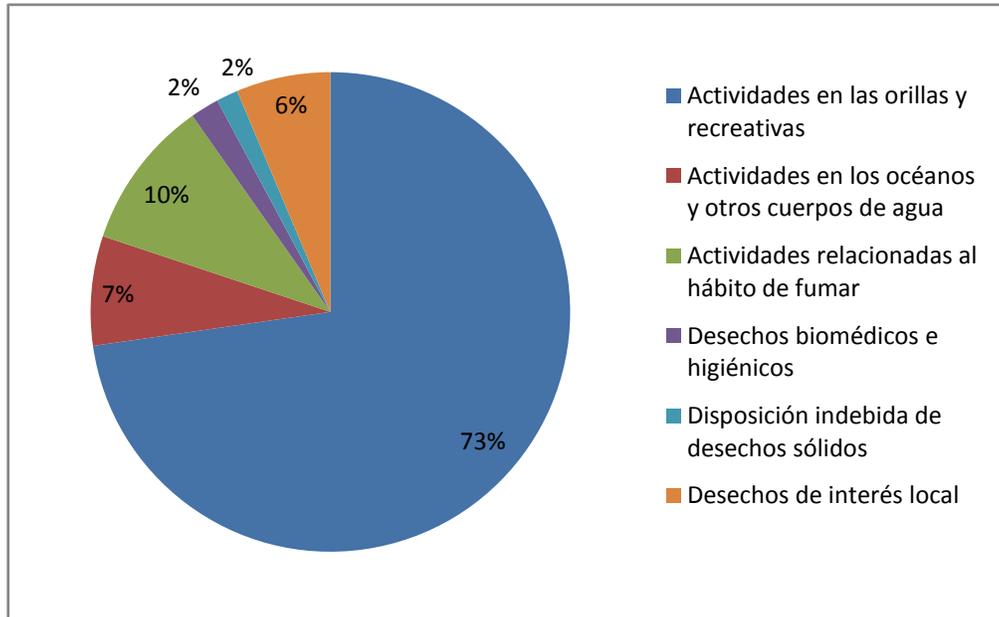
Cabe destacar que para hacer el inventario se realiza un conteo de cada unidad de desecho encontrado y luego los resultados se presentan en términos de porcentaje, y no en kilogramos como habitualmente se realiza en los métodos para el manejo de residuos sólidos, tales como el método de cuarteo, método de peso volumétrico *in situ* y método de composición de los residuos (Medina, 2001).

Según el informe de FUDENA del año 2003, existen 3 maneras de obtener los kilogramos de basura recolectados:

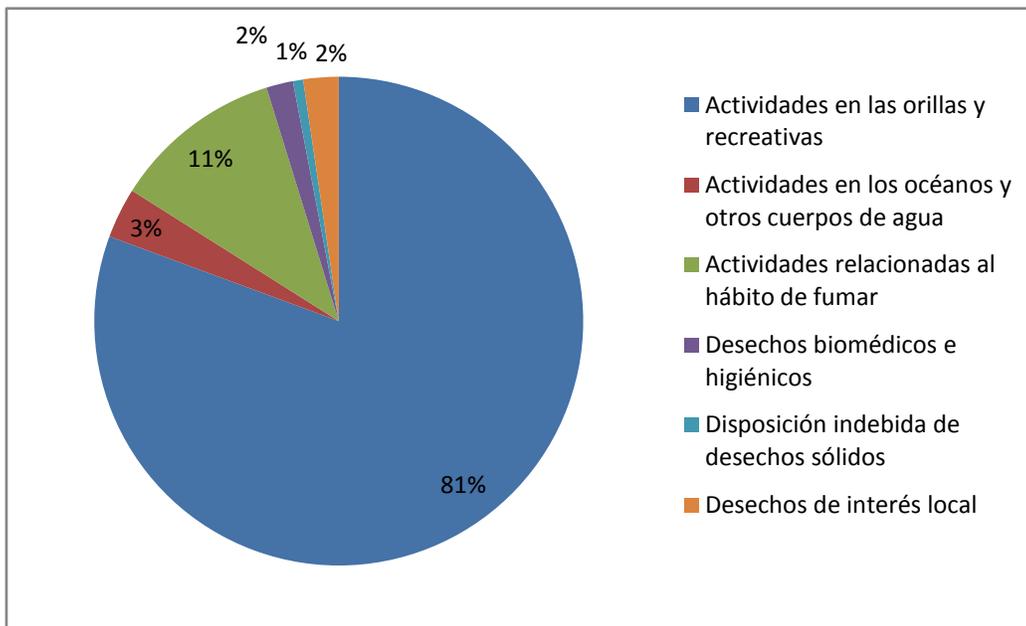
- Mediante el pesado directo de las bolsas.
- Multiplicando el número de bolsas llenadas por un promedio de 18Kg (capacidad promedio de las bolsas).
- Investigando la capacidad en kilogramos de los camiones asignados para remover las bolsas de las playas donde se efectúe la limpieza.

En las figuras 21, 22 y 23, suministrados por FUDENA, se presentan los resultados de los inventarios de desechos sólidos correspondientes a las jornadas de limpieza de los años 2003, 2005 y 2010 respectivamente. Puede observarse que dichos valores mantienen las mismas proporciones,

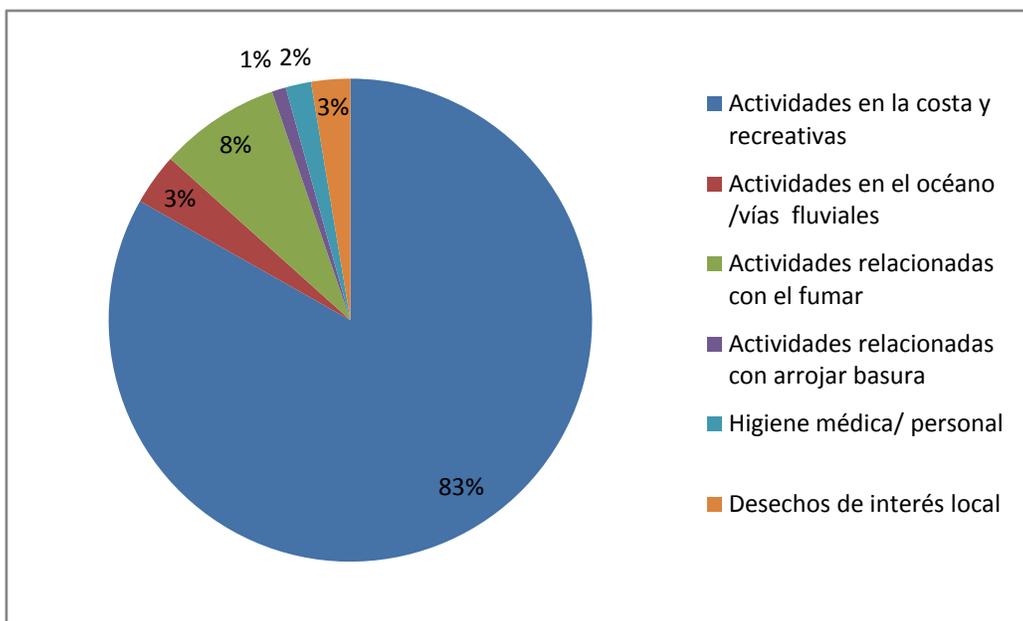
en términos de porcentaje, esto sin tomar en cuenta el tipo de desechos específicos encontrados en cada grupo.



**Figura 21** –Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA en el Día Mundial de Playas 2003



**Figura 22** - Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA en el Día Mundial de Playas 2005



**Figura 23** –Porcentaje de desechos encontrados por FUDENA en el Día Mundial de Playas 2010

El grupo de desecho con mayor porcentaje es aquel asociado con actividades en la costa y recreativas, seguido de las actividades relacionadas con el hábito de fumar (recordando que estos valores están basados en la cantidad de ítems y no en el peso ni el volumen).

En relación a las actividades relacionadas con las costas y recreativas encontramos desechos asociados al consumo de alimentos. Dentro de este tipo de desechos destacan los materiales que no son biodegradables en corto tiempo (como es el caso de botellas de vidrio, latas y chapas) y que presentan un peligro para los usuarios debido a que pueden provocar accidentes como las cortaduras.

Otros de los desechos incluidos en esta clasificación son los objetos plásticos. Su composición química representa un foco de contaminación tanto para la arena como para las aguas. Además aportan un efecto antiestético al paisaje.

En segunda instancia encontramos los desechos asociados al hábito de fumar tales como cigarrillos, colillas y yesqueros. Su efecto antiestético y contaminante es de importancia al momento de la recolección.

En los datos encontrados, los desechos biomédicos y de salud, si bien no representan un porcentaje significativo, representan un foco de contaminación biológica y de accidentes que pueden perjudicar la salud de los usuarios.

De acuerdo al informe presentado en el año 2003, en el cual se tienen datos de 23 playas piloto, se recolectaron 41903 kg de desechos, distribuidas en 2318 bolsas, lo que resulta en 18 kg por bolsa aproximadamente.

**Tabla 2-** Cantidad de desechos de cada tipo encontrados por FUDENA en el inventario de 2003

<b>Desechos</b>	<b>Cantidad</b>
Botellas plásticas para bebidas	5170
Tapas de bebidas y otros recipientes	5027
Bolsas encontradas	3998
Botellas de vidrio para bebidas	3951
Cigarrillo y/o sus filtros	2959
Latas de bebidas	2939
Tazas, platos, tenedores, cuchillos, etc.	2344
Envolturas, envases de alimentos	1890
Ropas y zapatos	1679
Juguetes	1255

En promedio el número de bolsas recogidas por playa fue de aproximadamente 101 bolsas.

Esta cantidad de desechos recogidos se distribuyeron en aproximadamente 20 km lineales de playa, lo que representa 2 kg de desechos por cada metro lineal (FUDENA, 2003).

Cabe destacar que las playas estudiadas poseen diferentes características en cuanto a actividades humanas y geomorfología y por lo tanto, las cantidades recogidas pueden variar en cada playa.

Del inventario hecho en el año 2003 se determinaron los desechos con mayor presencia (en número de unidades), los cuales fueron (tabla 2).

### **Informe GIDA 2007**

En el año 2007 el Grupo de Ingeniería de Arborización (GIDA) de la UCV, participó en la jornada de recolección de desechos por el día mundial de las playas. En esta actividad participaron alrededor de 8 voluntarios en una jornada de labor de aproximadamente hora y media (figura 24).

La actividad se realizó en la playa Camurí Chico C (conocida actualmente como Camurí Chico Oceánica) del litoral Central, Estado Vargas.

**Tabla 3**– Inventario de desechos sólidos recolectados (GIDA, 2007)

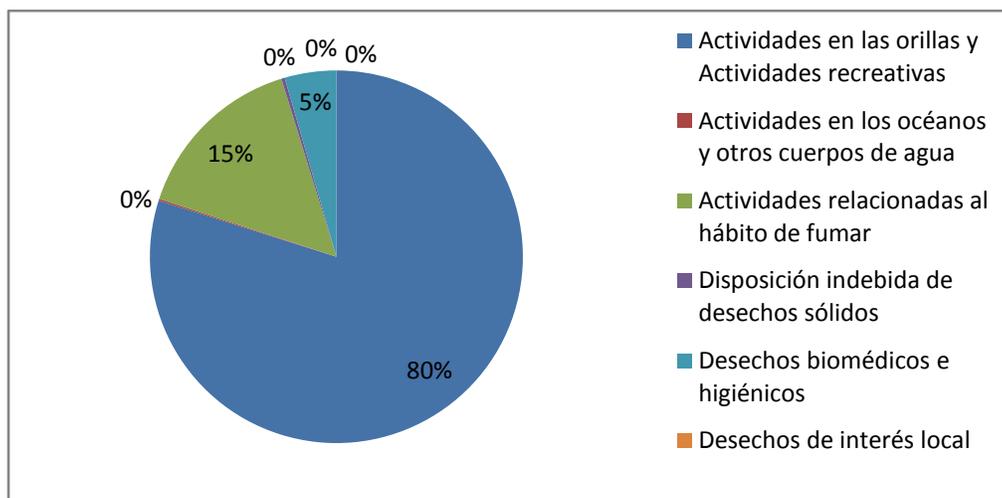
<b>Artículo</b>	<b>Cantidad</b>
Bolsas de papel o plástico	182
Botellas de bebidas (vidrio)	127
Cigarros	90
Botellas de bebidas (plástica)	80
Tapas de bebidas y otros recipientes	43
Pestanas, espitas o tapas de latas	36
Envolturas de envases de alimentos	33
Tazas, platos, tenedores, cuchillos, cucharas	31

Pañales desechables	22
Popotes, sorbetes, agitadores de plásticos para bebidas	16
Ropa / zapatos	12
Envolturas y cajetillas de cigarros	10
Tampones	8
Latas de bebidas	6
Cintas plásticas de seguridad	5
Encendedores	2
Plásticos para empaques y lonas	2
Boyas y flotadores	1

**Tabla 4**– Inventario de desechos sólidos recolectados según la clasificación de la Ocean Conservancy (GIDA, 2007)

<b>Categoría</b>	<b>Cantidad</b>
Actividades en las orillas y Actividades recreativas	536
Actividades relacionadas al hábito de fumar	102
Desechos biomédicos e higiénicos	30
Disposición indebida de desechos sólidos	2
Actividades en los océanos y otros cuerpos de agua	1
Desechos de interés local	0
Desechos domiciliarios	0

En dicha jornada se recolectaron 20 bolsas de basura que en promedio pesaban 10 kg. Además se realizó un inventario de desechos cuyos resultados se presentan en las tablas 3 y 4 y en el figura 24.



**Figura 24** – Porcentaje de desechos sólidos recolectados Día Mundial de Playas (GIDA, 2007)

En el figura 24 se observa que el 80% de los desechos recolectados pertenecen al grupo de actividades de la costa y recreativas, resultado similar a los presentados por FUDENA en sus informes (GIDA, 2007).

### 3.4 PROGRAMAS DE LIMPIEZA Y GESTIÓN DE PLAYAS

Para el disfrute y desarrollo de las actividades turísticas en las playas, es necesario que en las mismas se realice una gestión adecuada en lo referente a la prestación de servicios y mantenimiento, y de esta forma poder cumplir con los estándares de calidad establecidos, con las necesidades del usuario y con el cumplimiento de leyes y decretos de protección ambiental y paisajística.

La Organización Mundial del Turismo (OMT) declaró en 1988, que el turismo sostenible es concebido como “aquel que conduce a la gestión de todos los recursos de tal forma que permita satisfacer todas las necesidades económicas, sociales y estéticas, manteniendo la integridad cultural, los

procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas que apoyan la vida”.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 22 de la Ley de Zonas Costeras de Venezuela (2001), la gestión de las playas es competencia, a través de una coordinación integral, del poder público Nacional, Estatal y Municipal; y además éstos deberán implementar programas de saneamiento ambiental, incluyendo la caracterización y señalización de las playas aptas o no, involucrando a los medios de consulta y participación pública.

También en esta ley se contempla el uso de las zonas costeras para la instalación de infraestructura y realización de actividades, previa autorización o tramitación de una concesión por parte de los organismos competentes.

Para llevar a cabo el mantenimiento y conservación de las playas, los organismos encargados han optado por diversas alternativas, que van más allá de la intervención directa a través de cuadrillas de limpieza o planes de mantenimiento, planteando la participación y apoyo a las comunidades organizadas, organizaciones no gubernamentales, cooperativas y empresas privadas, las cuales son beneficiarias directas de las actividades turísticas, debido a que varias de éstas administran locales comerciales y servicios a los visitantes.

A nivel internacional se han establecido programas que definen estándares de calidad referentes al estado de limpieza de las playas, con la intención de que, al ser adoptados, se garantice que los planes de limpieza implementados sean eficientes en lo que respecta a la recolección de los desechos sólidos, entre otros aspectos.

### **3.4.1 La limpieza de playas**

Podemos considerar que una playa está limpia cuando no se encuentran en ella desperdicios ni desechos, salvo aquellos que sean propios del medio. La limpieza deseable, elemento de estética e higiene, varía según la naturaleza y sus alrededores.

Para obtener una playa limpia son necesarias la prevención por parte de los usuarios y las actividades de limpieza, las cuales están referidas a la acción operacional.

La limpieza operacional puede realizarse en dos niveles, limpieza de rehabilitación y limpieza preventiva.

#### **Limpieza de rehabilitación o a fondo**

La limpieza a fondo se realiza con el propósito de rehabilitar una playa, la cual no ha recibido mantenimiento durante largos períodos de tiempo y que por esta condición no es apta para el disfrute de los visitantes.

Por lo general esta limpieza se realiza con el uso de equipos mecánicos de gran tamaño, usualmente apoyados por equipos manuales, ya que es posible encontrar desechos que no son propios de las actividades recreativas, como escombros, electrodomésticos, colchones o cualquier otro que puede estar relacionado con la disposición indebida de los desechos.

A nivel mundial encontramos ejemplos de este tipo de limpieza, como lo son las jornadas de limpieza e inventario de playas que se realizan con motivo del Día Mundial de las Playas, en donde se recolecta cualquier tipo de desecho, según las capacidades de cada grupo de voluntarios, en la figura 25 se pueden ver imágenes de algunas de estas jornadas. Por lo general aquellos países o localidades que desean implementar estándares de calidad en sus playas, se

ven en la necesidad de realizar este tipo de limpieza; con la misma buscan alcanzar un estado de limpieza adecuado como punto de partida para la implementación de un plan de mantenimiento.



*Figura 25* – Ejemplo de jornadas de limpieza de fondo o de rehabilitación

### **Limpieza preventiva o de mantenimiento**

La limpieza preventiva está referida a aquella en donde se sigue un plan de mantenimiento, el cual es aplicado frecuentemente. Este plan de mantenimiento depende del tamaño de la playa, frecuencia de visitantes, fragilidad del ecosistema, equipos y personal disponible.

En la limpieza preventiva se utilizan equipos cuya capacidad está acorde a la cantidad de desechos que se generan en la playa durante un período determinado.

### **3.4.2 Programas de limpieza a fondo o de rehabilitación**

#### **Día mundial de la playa**

De acuerdo a (FUDENA, 2003), el Día Mundial de la Playa es una oportunidad para contribuir a resolver el problema de la contaminación por desechos sólidos en nuestros mares, ríos y lagos y no una mera jornada de limpieza de playas realizada por voluntarios, a nivel nacional.

Institucionalmente se realiza una vez al año, pero ha servido de inspiración para que algunos grupos de voluntarios repliquen localmente esta actividad trimestral o semestralmente, mediante autogestión.

Este evento se realiza en más de 100 países simultáneamente, el 3er sábado del mes de septiembre de cada año, en los 5 continentes, bajo la coordinación de organizaciones ambientalistas nacionales, como FUDENA y el GIDA, e internacionales, como Ocean Conservancy y Clean Up The World de Australia.

#### **Rehabilitación de playas en Grecia**

En Grecia, al momento de esta publicación (RAM EUROPE, 1996), el 70 % de la población, el 80 % de la industria, el 90 % del turismo, gran parte de la agricultura y toda la pesca y los criaderos se situaban en la costa, es por esto que en junio de 1994 el Ministerio Griego de Obras Públicas y Planificación del Medio Ambiente asignó, después de un concurso, a la empresa RAM EUROPE el programa “Mejora y limpieza de las playas de Attica y de la Isla de Salamina y Aegina, de 130 km de longitud total”. Este programa se ejecutó desde principios de julio hasta mediados de octubre de 1994 y contenía lo siguiente:

- Una limpieza previa y limpieza a fondo de las playas con equipos mecánicos especiales, basándose en un estudio de impacto ambiental.

- Colocación en las playas de equipos de recolección de basura y la retirada diaria de la basura recogida.
- Programa llevado a cabo por equipos ecológicos para la sensibilización e información del público en cuanto a la protección y “adopción” de las playas.

Los principios seguidos durante los trabajos de limpieza fueron los siguientes:

- La limpieza se realiza de manera que no afecte al equilibrio ecológico y del terreno de la playa.
- Por el término “residuos” se entienden materiales y cosas creados por las actividades humanas y no las formaciones físicas, incluso si son producto de la contaminación ambiental de origen humano.
- El horario y metodología de la ejecución de los trabajos no molesta a los visitantes.
- El personal empleado lleva guantes y sombreros para protegerse de la contaminación y las radiaciones.
- Si el suelo y las características morfológicas de la playa lo permiten, la limpieza se realiza totalmente por medios mecánicos para lograr una mayor eficacia.

Los equipos utilizados durante las labores de limpieza fueron los siguientes:

- Máquinas de succión: para limpiar las playas con piedrecitas, rocas, etc.
- Máquinas para limpiar la arena con un sistema de vibración: máquinas de tracción automotriz, movidas por máquinas tractoras.
- Máquinas para mantenimiento y limpieza de la vegetación.

- Máquinas tractoras para recolección y transporte de algas.
- Equipo para el transporte de residuos.
- Equipo de lanchas con aparatos para la limpieza del mar.

En todas las áreas y durante las tres primeras semanas hubo un proceso de limpieza previa, retirada de objetos pesados y voluminosos, que se recogieron de las playas durante el invierno, utilizando maquinaria especializada para la limpieza de playas. Además las playas se allanaron y alisaron para facilitar el programa principal de limpieza.

- Localización, recolección y transporte de toda la basura encontrada en la playa a un vertedero adecuado.
- Limpieza cuidadosa de la arena utilizando maquinaria especial, separando la arena y la grava gruesa hasta 10 cm de profundidad, de forma que todo tipo de residuos pequeños como cigarrillos, tapones de botellas, trozos de papel, etc., enterrados en la arena fueron retirados.
- La localización, recolección y transporte de algas marinas y de todos aquellos objetos arrojados por el mar.
- La limpieza de un área de mar de 100 m de ancho desde la orilla utilizando lanchas especiales para la recolección de todo tipo de objetos flotando en el mar.
- La colocación de contenedores de basura apropiados en los lugares adecuados y la recolección regular de la basura que contuvieran.
- El mantenimiento y poda de la hierba y la vegetación en la zona de la playa con maquinaria móvil especial.

Además de la limpieza se realizaron otras actividades, como un programa de concientización pública y difusión de información al público.

### **3.4.3 Programas de limpieza preventiva o de mantenimiento**

#### **¿Cómo se pone a punto una playa? (España)**

En el artículo “¿Cómo se pone a punto una playa?” publicado en la revista española Consumer (2006) se describe una rutina de limpieza diaria de una playa en ese país.

La rutina descrita es la siguiente:

6 am - Limpieza de la línea de marea: Esta tarea consiste en recoger los desechos que el mar ha depositado durante la noche a lo largo de una línea hasta la cual subió el agua. En el artículo se asegura que “Pese a lo que pudiera parecer, la gran mayoría de la basura de un arenal no la dejan los bañistas, sino que la trae el mar. Sin embargo, también es basura humana, sólo que proviene de los barcos o de desagües”.



**Figura 26** – Limpieza de la línea de marea

Puede observarse de la figura 26 que esta tarea de limpieza se realiza de manera manual, con equipos como pinzas a distancia y bolsas plásticas y de un vehículo motorizado utilizado para transportar las bolsas llenas de basura.

7 am - Acondicionamiento de los accesos y servicios: A esta hora se limpian las rampas de acceso y las caminerías que atraviesan las diferentes partes de la playa, utilizando escobas y agua a presión (figura 27), se limpian los baños y duchas y se vacían las papeleras. Además se menciona que hay que “reponer elementos como los conos de plástico individuales para depositar materiales no biodegradables (colillas, pipas...)”.



**Figura 27-** Limpieza del área de servicios

Respecto a ese último punto, se infiere que se trata de pequeños recipientes de plástico (en este caso en forma de conos) que están a la disposición de los usuarios (quizás en algún lugar cercano a los servicios) que los mismos pueden llevarse hasta los toldos para disponer allí la basura no biodegradable que generen.

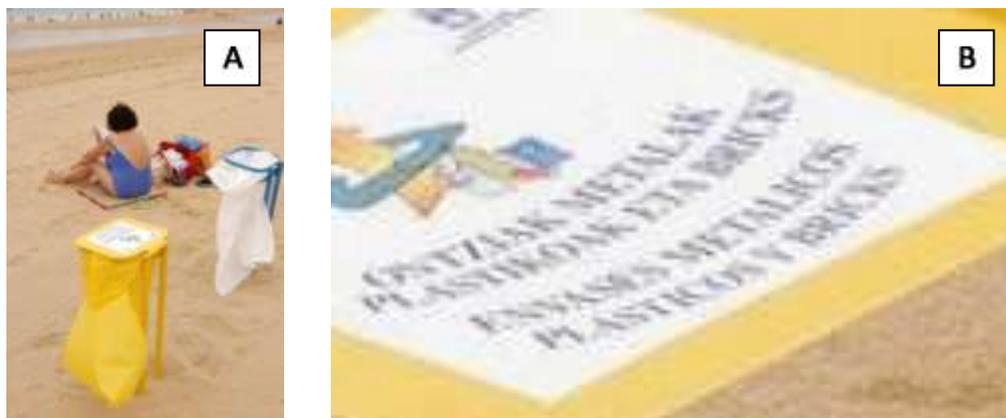
9 pm - Apertura de cabinas, puntos de información y socorro

10 am.- Comienzan a funcionar los servicios: A esta hora que comienza a llegar la mayor cantidad de visitantes (figura 28).



**Figura 28** – La playa con gran cantidad de visitantes

12 m - Inspección de la zona de baño y recogida de muestreo de calidad de agua: “Profesionales cualificados se dirigen periódicamente a los puntos señalados de control para realizar el análisis microbiológico del agua”.



**Figura 29** – “Punto limpio” A) se observan los dos contenedores que conforman los “puntos limpios” de esta playa B) Acercamiento realizado a la foto de la tapa del contenedor amarillo, el cual dice “Ostzaakmetalak, plastikoak eta bricks”, en catalán, y su equivalente en español, “Envases metálicos, plásticos y bricks”

4 pm - Refuerzo vespertino: A esta hora el personal encargado de la limpieza recorre la playa retirando aquellos desechos depositados por la marea durante el día y cambiando las bolsas de las papeleras. En el artículo se indica que cada vez son más las playas que incorporan los llamados “puntos limpios” (figura 29), los cuales son espacios donde se recoge la basura bajo criterios de reciclaje.

11 pm - La cribadora: Una vez que los bañistas se retiran de la playa, la basura más voluminosa es retirada y la arena es filtrada, oxigenada por medio de volteo y rociada con desinfectante por máquinas cribadoras (figura 30).



**Figura 30** – Máquinas cribadoras A) Máquina autopulsada no tripulada B) Máquina tipo remolque

Además es importante destacar la utilización de equipos de protección personal (guantes, chaleco fluorescente, orejeras) por parte de los operarios de las máquinas cribadoras (figura 31 A).

#### **3.4.4 Estándares, certificaciones y programas de gestión**

##### **Programa Bandera Azul**

El desarrollo y auge de las actividades turísticas en las costas y playas ha provocado una serie de problemas al medio ambiente, debido a que se ha

desarrollado una infraestructura no planificada que afecta directamente al medio ambiente, y a raíz de esta situación se ha creado el programa Bandera Azul (Fundation of Enviromental Education, FEE, 2006).

Este programa es un proceso de certificación voluntaria para playas y marinas, administrado y manejado por una organización independiente sin fines de lucro, la Fundación de Educación Ambiental (FEE, por sus siglas en inglés), conocida antiguamente como la Fundación de Educación Ambiental de Europa (FEEE, por sus siglas en inglés). A partir de 1991, la organización adoptó una proyección internacional, y en la actualidad cuenta con miembros organizacionales del mundo entero. A la fecha, la FEE está formada por miembros organizacionales de 44 países.

Este programa campaña surgió en Francia en 1985 en donde se otorgó la certificación a los municipios costeros, basada en los criterios de calidad de las aguas de baño y tratamiento de las aguas residuales.

El galardón, una Bandera Azul, se otorga anualmente a las playas y marinas que satisfacen una serie de criterios basados en los siguientes puntos:

- Calidad del agua
- Información y educación ambiental
- Gestión ambiental
- Seguridad y servicios

Los criterios que rigen la campaña Bandera Azul se revisan y actualizan cada 5 años. En esta sección se presentan los criterios para las playas de la revisión de 2006.

Las playas deben cumplir 29 criterios para obtener la certificación, los cuales son:

### Calidad del agua

1. Cumplimiento de requisitos y estándares vigentes que garantizan que la calidad del agua se mantenga excelente.
2. Ausencia de vertidos industriales o de aguas residuales que puedan afectar la playa o su entorno.
3. Monitoreo del estado de los arrecifes de coral ubicados en el entorno de la playa.
4. Cumplimiento por parte de la comunidad de los requisitos para el tratamiento y vertido de las aguas residuales.
5. Las algas u otro tipo de vegetación puede secarse en la playa, en la medida en que ello no resulte molesto o insalubre.

### Información y educación ambiental

6. Se proveerá información relativa a los ecosistemas naturales de la zona costera, informando al público sobre los espacios naturales sensibles.
7. Se proveerá información al público sobre la calidad de las aguas de baño.
8. Se proveerá información relativa a la campaña Bandera Azul.
9. Se proveerá información relativa al código de conducta que debe seguirse en la playa y su entorno.
10. Es obligatoria la realización de un mínimo de 5 actividades de educación ambiental.

### Gestión ambiental

11. Se creará un comité de gestión de playa para establecer sistemas de gestión ambiental y realizar auditorías.

12. La playa debe cumplir con todas las regulaciones correspondientes a la ubicación y operación de la misma (planificación de zona costera y legislación ambiental).
13. La playa debe mantenerse limpia.
14. Existencia de un número apropiado de contenedores de basura, con mantenimiento, vaciado y limpieza diaria.
15. Disponibilidad en o cerca de la playa de servicios de reciclaje para residuos materiales.
16. Servicios adecuados de limpieza sanitaria para el control de la eliminación de aguas residuales.
17. No se permitirá acampar o conducir ni verter basura en la playa.
18. Exigir el cumplimiento de la reglamentación aplicable referente a la limitación de la presencia de perros y otros animales domésticos en la playa.
19. Dar el mantenimiento adecuado a todas las edificaciones y los equipos de playa.
20. Promover la utilización en la playa de medios de transporte sostenibles.

#### Seguridad y servicios

21. La playa debe disponer de una cantidad adecuada de salvavidas y equipos de salvamento.
22. La playa debe disponer de un equipo adecuado de primeros auxilios.
23. Se gestionará en función de los diferentes usuarios y usos que se le puede dar a la playa para evitar conflictos y accidentes.
24. Debe contar con planes de emergencia para enfrentar riesgos de contaminación.
25. El acceso a la playa debe ser seguro.

26. La zona de la playa debe estar custodiada.
27. La playa debe disponer de puntos de agua potable
28. Una playa Bandera Azul por comunidad, como mínimo, debe tener acceso y servicios sanitarios para personas discapacitadas.
29. En la playa debe haber un mapa de la misma detallando las distintas instalaciones.

### **Programa Bandera Azul en el Caribe**

La industria turística del Caribe ha participado en diversas iniciativas enfocadas en mejorar la sensibilización ambiental de la industria y en sacar partido a las oportunidades de mayor gestión ambiental y promoción, provistas por los esquemas de certificación voluntaria para el turismo sostenible. (Foundation of Environmental Education, FEE, 2006)

En el 2001, luego de la elaboración de un estudio de factibilidad que confirmó que la región reunía los requisitos y el interés adecuado, el Caribe se convirtió en la primera región, calificada como “Pequeños Estados Insulares en Desarrollo” (donde las playas y las zonas costeras son un elemento crucial para el desarrollo socioeconómico), en asumir el compromiso de cumplir con la campaña Bandera Azul.

El programa Bandera Azul en el Caribe nace bajo un enfoque y una coordinación regional, sin embargo al cabo de cierto tiempo y con la adquisición de nueva experiencia, se han organizado comités nacionales en cinco países para la coordinación de programas individuales enfocados en un objetivo común. Estos comités mantienen contacto directo con las operaciones internacionales y están en vigencia en la actualidad.

Inicialmente la región decidió adoptar directamente los criterios europeos como criterios para las marinas del Caribe, sin embargo un par de años

después, en una reunión celebrada en Puerto Rico, se propusieron y elaboraron criterios específicos para la región.

Estos criterios mantuvieron en vigencia estándares regionales estipulados con anterioridad como el “Protocolo de Aruba Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres en la Región del Gran Caribe” del Convenio de Cartagena, que versa sobre la calidad del agua. Mientras que otros aspectos fueron ampliados, como el monitoreo del estado de los arrecifes de coral ubicados en el entorno de la playa, reflejando el interés mostrado por el hábitat y las características ambientales críticas de la región, e implementando nuevos protocolos como lo es el “Protocolo Relativo a las Áreas y Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas” (SPAW, por sus siglas inglés), perteneciente también al Convenio de Cartagena.

### **Semáforo Playero**

(Castillo et al, 2004) En el año 2004, FUDENA, en conjunto con el Ministerio del Ambiente y la Gobernación del Estado Vargas, realizaron una caracterización de las principales playas de dicho estado (Puerto Viejo, Q`Lito, Macuto, Camurí Chico y Alí Babá) con el fin de determinar las condiciones sanitarias, características ambientales y nivel de equipamiento en servicios básicos de las playas de Venezuela.

El Estado Vargas fue escogido por poseer un sistema de playas y/o balnearios que satisfacen las necesidades de recreación de sus propios habitantes y de los visitantes de la ciudad de Caracas.

El plan piloto fue llamado “Semáforo Playero” y consistió en evaluar sistemáticamente la calidad ambiental de nuestras playas usando una metodología adaptada de la campaña “Bandera Azul”.

Cada una de las playas estudiadas fue clasificada, y dependiendo de su estado se les otorgó un color (de los tres colores de un semáforo). El color rojo indica que la playa no es ambientalmente sana para el disfrute humano, el color amarillo que necesita mejoras ambientales, y el color verde que está lista para recibir a sus visitantes.

El método de evaluación planteado tiene la siguiente estructura:

**1.- Calidad del agua de mar (40%):** Se utilizan los resultados de los análisis de calidad de agua de la Dirección de Calidad Ambiental del MINAMB.

- Playa No apta: 0 puntos
- Playa Apta: 10 puntos

**2.- Calidad de las costas (Desechos sólidos) (25%):** Se realizará un inventario, clasificación y recolección de residuos sólidos en puntos de muestreo previamente establecidos, en muestreos trimestrales. El parámetro cuantitativo será la cantidad de basura recolectada.

- Playa con gran cantidad de basura (más de 100 kg en un área de 10x3 m): 0 puntos
- Playa con menor cantidad de basura (menos de 100 kg en un área de 10x3 m): 10 puntos

El parámetro cualitativo, tipo de desechos, servirá para ilustrar la problemática en el área.

**3.- Vertidos y aguas servidas (25%):** Se identificará la presencia de aguas vertidas.

- Playa con descargas de aguas servidas: 0 puntos

- Playa con descargas de aguas servidas tratadas: 5 puntos
- Playa sin descargas de aguas servidas: 10 puntos

**4.- Infraestructura y Servicios al usuario (10%):** En este punto se evaluará el tipo de servicios y/o infraestructura al usuario.

- De 0 a 5 servicios y/o infraestructura: 0 puntos
- De 5 a 10 servicios y/o infraestructura: 5 puntos
- De 10 a 20 servicios y/o infraestructura: 10 puntos

La clasificación de las playas se basa directamente en los resultados de la evaluación. Se realiza una sumatoria de la puntuación obtenida en las cuatro categorías de la evaluación y dependiendo de eso se determina el color del semáforo a otorgar. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.

- **Rojo:** Playas Ambientalmente no sanas (menos de 49,9%)
- **Amarillo:** Playas medianamente recomendadas, sujetas a mejorar (50% a 79,9%)
- **Verde:** Playas Ambientalmente sanas (más de 80%)

**Tabla 5** – Puntuación y clasificación obtenidas por las playas sometidas a la evaluación del proyecto “Semáforo Playero”

Playas	Puerto Viejo	Q´Lito	Macuto	Camurí Chico	Alí Babá
Calidad de las aguas	40	40	40	40	40
Calidad de costas	0	0	0	25	0
Infraestructuras	0	5	5	10	0
Vertido de aguas servidas	25	0	0	0	25
Total (%)	65	45	45	75	65
Calificación	AMARILLO	ROJO	ROJO	AMARILLO	AMARILLO

Como parte del plan piloto se diseñaron dos carteles de señalización, los cuales dejarían saber a los visitantes las condiciones en las que se encuentra la playa. Estos carteles se pueden observar en la figura 31.



**Figura 31** – Carteles de señalización del proyecto “Semáforo Playero”. A) Cartel para señalar que una playa es medianamente recomendada para el disfrute. B) Cartel para señalar que una playa no es recomendada para el disfrute.

Adicionalmente como parte de este proyecto se realizaron campañas informativas a través de diferentes medios de comunicación y se creó el proyecto Día Escolar del Semáforo Playero, en donde se promueve la participación de alumnos de segunda etapa de educación básica de escuelas aledañas en las jornadas de limpieza de playas, realizada de manera manual, con equipos de apoyo, como lo son los rastrillos, guantes y bolsas.

Hay que destacar que se desconoce el estado actual de estos proyectos.

### **Certificación ISO 14001**

La certificación ISO 14001 es la rama ambiental de la familia de normas ISO. En los últimos años esta certificación ha sido adoptada por algunas comunidades playeras a nivel mundial.

Uno de estos ejemplos se encuentra en la Comunidad de La Coruña, España, específicamente en las playas de Riazor, Orzán, As Lapas, San Amaro y Oza.

Estas playas ya contaban con el galardón Bandera Azul, sin embargo el ayuntamiento de la comunidad decidió ir más allá. El estándar de la ISO 14001 es más estricto que el de Bandera Azul en el aspecto ambiental y se considera que al cumplirlo se garantiza la debida preservación del litoral.

Entre otros condicionantes, con esta norma el ayuntamiento se obliga a una correcta gestión de los residuos; a un estricto control de la calidad de las aguas de baño y de la arena; al debido respeto y preservación ambiental de la costa con ocasión de la celebración de actividades; a la adopción de los planes de emergencia; a minimizar y corregir los posibles daños medioambientales derivados de la contaminación atmosférica o por ruido y vibraciones, consumos de recursos naturales, contaminación del suelo y preservación del paisaje y de la biodiversidad.

Este estricto control ha sido extendido a cualquier empresa y organismo que realiza actividades en el litoral, y es supervisada por la división de medio ambiente del ayuntamiento (Ayuntamiento de la Coruña, s.f).

### **3.5 EQUIPOS**

Luego de realizar una extensa investigación sobre los equipos utilizados en las labores de limpieza de playas tanto a nivel nacional como internacional, se observó una clara diferenciación de los mismos en dos grandes grupos,

dependiendo de la fuente de energía de funcionamiento. Las dos categorías bajo las cuales se agruparon los mismos son “equipos manuales” y “equipos mecánicos”.

Los sistemas manuales son aquellos en donde el propio usuario aporta su energía para el funcionamiento, adicionalmente el control que ejerce sobre los resultados es directo (Mondelo, 2004).

A diferencia de los sistemas manuales, en los mecánicos, el usuario aporta una cantidad limitada de energía, ya que la mayor cantidad de ésta es producida por las máquinas o por alguna fuente exterior. Son sistemas en los cuales el hombre recibe la información del funcionamiento directamente o a través de dispositivos informativos y, mediante su actuación sobre los controles, regula el funcionamiento del sistema (Mondelo, 2004).

### 3.5.1 Equipos manuales

#### Manos



**Figura 32** - Personas utilizando sus manos para realizar la limpieza de la playa A) Edo. Vargas, Venezuela B) Orange County, California, Estados Unidos

En la Figura 32 pueden observarse personas recolectando desechos utilizando sus manos. En el caso de la figura 32-B se observa que las mismas están protegidas con guantes, mientras que en la figura 32-A no lo están. Es

importante destacar la utilización de varios equipos de manera simultánea; adicionalmente a las manos se observa la utilización de bolsas.

### **Pala de construcción convencional**

En el caso de las imágenes presentadas en la figura 33, puede observarse la utilización de palas de construcción convencionales en combinación con bolsas plásticas. Las personas que están realizando la limpieza están utilizando diferentes equipos de protección personal como guantes, botas de caucho, sombreros y lentes de sol, así como chalecos reflectantes.



**Figura 33** - Limpieza utilizando palas de construcción convencionales A) Estados Unidos B) Grand Isle State Park in Grand Isle, Louisiana, Estados Unidos

### **Rastrillo**

Como puede observarse en la figura 34 se están recolectando los desechos utilizando rastrillos convencionales. Al hacer un análisis detallado de cómo los mismos son utilizados puede observarse que la persona de la derecha en la figura 34-B esta utilizándolo para agrupar los desechos mediante una acción de rastrillado, mientras que la persona de la izquierda en dicha figura y la de la figura 34-C están utilizándolo como elemento de recolección, para poder depositar los desechos en las bolsas de malla. Además es importante señalar la utilización de fajas de levantamiento de peso (figura 34-B) y de sombreros.



**Figura 34** - Limpieza con la utilización de rastrillos convencionales A) Venezuela B) Acapulco, México C) Acapulco, México

### **Bolsas plásticas**

Las bolsas plásticas son el elemento de almacenaje por excelencia utilizado en las labores de limpieza de playas a nivel mundial (figura 35). La popularidad de las mismas se debe a su bajo costo y a su disponibilidad, además de que no solo permiten depositar allí los desechos recolectados *in situ*, sino que permiten el transporte de los mismos durante la faena (figura 35-B) fuera de playa (figura 35-C) y al lugar de disposición final. La recolección de los desechos puede hacerse con las manos (figura 35-A) o con la ayuda de otros equipos de limpieza como punzones (figura 36-B).



**Figura 35** - Utilización de bolsas plásticas para el depósito de los desechos recolectados en las jornadas de limpieza. A) República Dominicana B) Isla Cozumel, México C) Venezuela

### Punzón

Un punzón de limpieza es una vara larga con un elemento punzo penetrante en su punta, que permite recolectar desechos relativamente blandos mediante su penetración. Durante esta acción la persona encargada de la limpieza permanece erguida (figuras 36-A y B). Debido a su sencilla configuración es posible fabricarlos de manera casera, utilizando elementos de fácil obtención como clavos y palos de madera; y herramientas básicas como taladros y alicates (figura 36-C).



**Figura 36** –Utilización del punzón como equipo de recolección de desechos A) Personal de limpieza utilizando un punzón para recolectar desechos en la playa B) Elementos para la fabricación casera de un punzón de limpieza

### **Cestas/Bandejas/Tobos**

A nivel mundial se utilizan diferentes elementos para depositar los desechos recolectados durante la jornada de limpieza. En la figura 37 se puede observar la utilización de cestas (figura 37-A), especie de bandejas con asas (figura 37-B) y de malla (figura 37-C) al igual que tobos (cuñetes de pintura) (figura 42-B) durante esta labor, inclusive en combinación con bolsas plásticas (figura 38-A). Por lo que puede observarse en estas imágenes las personas de la limpieza cargan con estos depósitos durante la jornada, sin embargo en la figura 38-B se observa que a una de las bandejas se le ató una cuerda que permite arrastrarla en vez de cargarla.



**Figura 37** – Cestas y contenedores usados en labores de limpieza A) España B) Mumbai, India C) Brasil

### **Bolsa de malla**

Las bolsas de malla (figura 38 y 34 B y C) no sólo permiten depositar allí los desechos recolectados durante la jornada de limpieza, sino que a su vez permiten que la arena que fue recolectada junto con los desechos pase a través de los agujeros de la misma y vuelva a depositarse en el manto arenoso de la playa.



**Figura 38** – Utilización de una bolsa de malla en Acapulco, México

### Carretilla/Carruchas

Las carretillas y carruchas son utilizadas en playas a nivel mundial (figura 39) para depositar y transportar los desechos recolectados durante las labores de limpieza.



**Figura 39** – Utilización de carretillas y carruchas durante las actividades de limpieza de playa  
 A) Playa Anare, Estado Vargas, Venezuela B) Islas Maldivas C) Venezuela D) Sierra Leona E) Sri Lanka

### **Rastrillo vibratorio**

Este rastrillo (figura 40), cuya marca registrada comercial es Motorized Shake'n Rake de la casa comercial Equi-Tee, posee un pequeño motor recíprocante, el cual puede observarse en la figura 40-B, alimentado por una batería de Ion-Litio recargable que produce un movimiento vibratorio únicamente del cabezal del rastrillo lo que permite forzar el paso de la arena a través de los dientes del mismo, mientras que el mango no vibra, esto implica que el operario no siente la vibración.

La empresa fabricante afirma que la vibración producida por este motor (de velocidad variable con un máximo de 30 ciclos por segundo) es hasta 30 veces más rápida que la producida por un operario, con lo que se disminuye significativamente el tiempo de limpieza.

Este equipo pesa 3,63 kg y la empresa da la opción de escoger entre 2 cabezales diferentes (figura 40-D), uno con una malla de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de luz, recomendado para limpiar arena seca y otro de  $\frac{3}{8}$  de pulgada, recomendado para limpiar arena húmeda.

Para que el equipo tenga un desempeño óptimo la empresa recomienda tener ciertas consideraciones presentes a la hora de utilizarlo, en resumen la manera adecuada de utilizarlo es la siguiente:

Para poder cernir la arena eficientemente se debe “cargar” sólo el tercio frontal del cabezal ya que ésta es la parte del cabezal que vibra que se sacude. Para permitir que el rastrillo cierna, el mismo debe ser levantado del manto arenoso de la playa, asegurándose que el cabezal quede en posición horizontal mientras el mismo vibra, de esta manera los desechos recogidos se mueven automáticamente a la porción posterior del cabezal donde los mismos quedan depositados. (Equi-Tee, s.f.)



**Figura 40** – Rastrillos vibratorios marca Shake’nRake en la limpieza de playas A) Utilización de los rastrillos vibratorios en jornadas de limpieza de playa, Estados Unidos B) Rastrillo vibratorio de perfil C) Ejemplo de recolección de desechos con el rastrillo vibratorio D) Cabezal intercambiable del rastrillo vibratorio en sus dos presentaciones con diferentes tamaños de luz.

### **Pala doméstica modificada**

Este equipo (figura 41) conocido como “Sandsifter” (en español cernidor de arena) es un equipo utilizado por la organización Hawaiana “Campaña de concientización Ambiental Playero de Hawaii” (Beach Environmental Awareness Campaign Hawai‘i – B.E.A.C.H.), la cual como su nombre lo indica es una organización sin fines de lucro que se dedica a crear conciencia sobre el problema con los desechos en los ecosistemas costeros de Hawaii, mediante educación ambiental, recolección e investigación de los desechos y campañas

de reducción del uso de materiales plásticos y de prevención en el bote de basura.



**Figura 41** – “Sandsifters” utilizados en las labores de limpieza en playas de Hawaii, Estados Unidos

El equipo posee la misma forma que una pala doméstica convencional, cuya caja tiene un tamaño 3048x3048x1524 mm, con un fondo de malla de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de luz (6,125 mm) que permite el retorno de la arena recolectada con los desechos al manto arenoso de la playa así como la recolección de desechos de pequeño tamaño encontrados en ella.

Esta pala se utiliza en combinación con rastrillos para introducir los desechos a la misma, además la organización recomienda que, por comodidad, la pala sea descargada en primera instancia en contenedores de 5 galones (cuñetes de 18,93 litros) y cuando esté lleno descargar el contenido del mismo en bolsas de basura. (B.E.A.C.H., s. f.)

### **Pinzas a distancia**

Las pinzas a distancia, conocidas en inglés como “trashpickers”, son utilizadas como una extensión de la mano humana (figura 42), permitiendo que la persona encargada de la limpieza de las playas pueda asir los desechos que

desea recolectar manteniendo una postura relativamente erguida, y evitando el contacto directo de sus manos con los mismos; sin embargo es importante resaltar que el operario que aparece en la imagen de la figura 42-A está utilizando equipos de protección personal tales como guantes, chaleco y gorra.



**Figura 42** – Personal de limpieza utilizando pinzas a distancia para recolectar desechos encontrados en las playas A) España B) Reino Unido

### Redes tipo pecera / tipo pesca / tipo piscina



**Figura 43** – Utilización de diferentes tipos de redes para la recolección de desechos sólidos en las playas. A) Pensacola, Estados Unidos B) Carmel, California, Estados Unidos C) Portugal

Estas redes son parecidas a aquellas que se usan para capturar peces, tanto en peceras como luego de ser pescados. Están compuestas por una pequeña barra en cuya punta poseen un aro firme al cual está instalada una pequeña bolsa de red. En las figura 43-A y B se observa la utilización de las mismas para recolectar desechos que llegaron a la playa luego de un derrame petrolero, mientras que en la figura 43-C se observa su utilización en labores rutinarias de limpieza.

### Rastra de limpieza de playas



**Figura 44** – Diferentes rastras de limpieza y de recolección de pulgas de mar. A) Rastra de limpieza. Club Marina Grande, Estado. Vargas, Venezuela B) Rastra de limpieza marca ECORASCO. México C,D,E) Rastras para recolección de pulgas de mar

Una rastra es un contenedor de malla cuyo borde al ser arrastrado por la superficie de la arena, penetra en la misma haciendo las veces de rampa y permitiendo así el ingreso de los desechos al mismo. Gracias a que el contenedor es de malla la arena que fue recolectada con los desechos puede ser depositada nuevamente en la playa.

En la figura 44 pueden observarse diferentes tipos de rastra, de limpieza (figura 44 A y B) y aquellas utilizadas para la captura de cangrejos y la recolección de pulgas de mar (Figura 44 C, D y E).

Las pulgas de mar son pequeños crustáceos (en inglés “sea flea”) que deben su nombre común a que saltan como pulgas, las mismas son comunes en playas oceánicas y habitan en la zona de vaivén, estas son recolectadas para el consumo humano.

### **3.5.2 Equipos mecánicos**

Se recopilaron los datos técnicos (potencia, profundidad de penetración, ancho de limpieza, tamaño, peso, etc.) de 32 modelos de equipos mecánicos de diferentes marcas y modelos (anexo 1).

Dependiendo del modelo, los equipos mecánicos obtienen su potencia de motores eléctricos o de combustión interna. En algunos casos el motor no forma parte del equipo de limpieza en sí, sino parte de un equipo de tracción externo (usualmente un vehículo de algún tipo). Debido a este hecho los equipos mecánicos se dividen en dos grupos: equipos remolcados y equipos autopropulsados; este último se divide a su vez en dos grupos, tripulados y no tripulados, dependiendo de la ubicación del operario durante su utilización.

## Equipos remolcados

Como se dijo anteriormente, los equipos remolcados necesitan de un equipo de tracción auxiliar que a su vez proporciona potencia al sistema de limpieza. Este equipo auxiliar suele ser un vehículo, tales como tractores o motos de 4 ruedas (figuras 45, 46 y 47).



**Figura 45** – Equipos mecánicos tipo remolque. A) Equipo remolcado por una moto de 4 ruedas, Cherrington model 800 Beach Cleaner. B, C y D) Equipos remolcados por tractores de diferentes tamaños. B) PFG Cernia C) PFG Balena D) Beach Tech 3000

La diferencia fundamental entre los equipos mostrados en las 3 figuras mencionadas es que los equipos de la figura 45, además de necesitar un vehículo externo que proporcione tracción, necesita una toma de potencia directa al motor del tractor (figura 45 B, C y D) o un motor adicional para funcionar (figura 45-A), mientras que los mostrados en las otras 2 figuras sólo se apoyan en el vehículo para su movilidad.



**Figura 46** – Equipos mecánicos remolcados por una moto de 4 ruedas. A y B) Dos diferentes tipos de remolque en acción. C y D) Dos modelos diferentes de equipo



**Figura 47** – Equipo remolcados por una moto de 4 ruedas, utilizado para transportar las bolsas con la basura recolectada fuera de la playa. El mismo consta de una tabla simple amarrada a la parte posterior de la moto. Foto tomada en la II jornada de limpieza de la Playa Nemiña, Brasil, 2008.

### Equipos autopropulsados

Los equipos autopropulsados no poseen ningún equipo adicional que les suministre potencia sino que el elemento de potencia forma parte integral de los mismos (figura 48).



**Figura 48** - Equipos mecánicos autopropulsados. A) Equipo autopropulsado tripulado Beach Tech Marina. B) Equipo autopropulsado no tripulado, BeachTech Sweepy Hidro. C) Equipo autopropulsado no tripulado Cherrington Model 950 Beach Cleaner. Este equipo tiene la particularidad de ser manejado mediante un mando a distancia.

### 3.5.3 Equipos de referencia

A continuación se presentan algunos equipos que no fueron concebidos ni son utilizados para la limpieza de la arena de las playas pero que pudieran servir como referencia durante el proceso de diseño.

### Peine gigante movido por dos humanos



**Figura 49** – Dos “clones” “peinando el desierto” con un peine gigante en una escena de la película Spaceball, del director Mel Brooks (1987)

En una escena de la película Spaceball, del director Mel Brooks (1987), se manda a dos “clones” (satirizando a los clones de la saga de películas “Guerra de las Galaxias”) a “peinar” el desierto (refiriéndose a hacer una búsqueda exhaustiva), esta idea es ilustrada literalmente, mostrando a los clones peinando la arena con un peine gigante (figura 49).

### Rastrillo con ruedas

La empresa estadounidense Paumco tiene un producto llamado Beach Buddy Lake Rake (figura 50), el mismo es un rastrillo con ruedas especialmente diseñado para remover la maleza, desechos o escombros pequeños encontrados en las orillas de los lagos.

El mismo posee una manilla que al ser girada modifica la posición de los dientes del rastrillo, totalmente arriba (posición pasiva) o totalmente abajo (posición activa). Este equipo viene con dos extensiones que permiten alargar el tamaño de la barra de la manivela, aumentando así el alcance del equipo.

Las ruedas tienen agujeros que permiten el paso del agua a través de ellas cuando el mismo es sumergido.



**Figura 50** – Equipo para quitar maleza de las orillas de los lagos, una especie de rastrillo con ruedas llamado Beach Buddy Lake Rake.

### **Palas quita nieve con ruedas**

Las palas para quitar nieve manuales más comunes son muy parecidas a una pala de construcción (figura 51) y se usan básicamente como una de ellas. Para hacer el trabajo más fácil se han diseñado palas quita nieves con ruedas, a continuación se presentan dos de estos modelos.

En la figura 52-A se puede observar una pala con dos ruedas y en la figura 52-C se puede ver una pala con una rueda, llamada Wovel. Ambas están diseñadas

para ser empujadas, la pala Wovel recolecta la nieve y al bajar la manivela la pala frontal sube haciendo volar la nieve (figura 53), evitando así que el operario tenga que hacer el movimiento de apaleo; mientras que con la segunda (figura 53-B) simplemente arrastra y apila la nieve.



**Figura 51** – Palas quita nieve convencionales



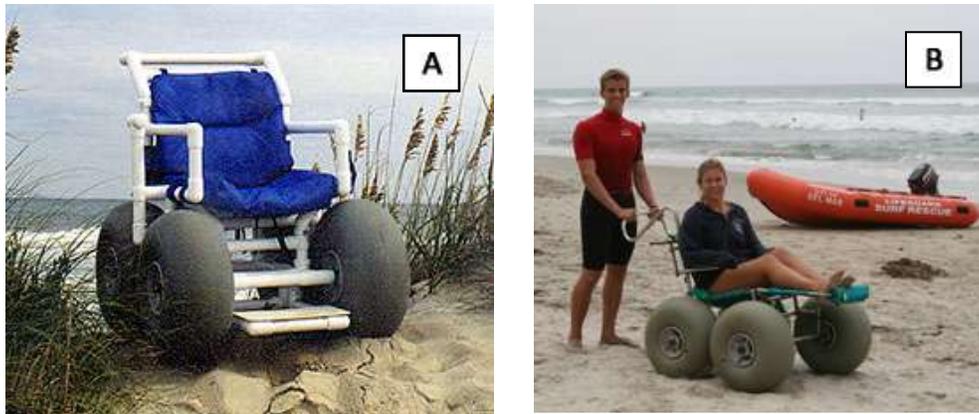
**Figura 52** – Palas quita nieve con ruedas. A y B) Pala de 2 ruedas. C) Pala de una rueda marca Wovel



**Figura 53** – Secuencia de uso de la pala quita nieve Wovel.

### Sillas de ruedas para la playa

Existen dos tipos de sillas de ruedas para playas, aquellas que están diseñadas para transitar por la arena (figura 54), las cuales llamaremos “sillas simples”, y las sillas anfibias (figura 55), que como las anteriores pueden transitar por la arena pero además están diseñadas para ingresar al agua y flotar.



**Figura 54** – Sillas de ruedas para playa, “sillas simples”

La mayoría de las sillas simples poseen un diseño muy parecido a las sillas de ruedas convencionales, exceptuando las ruedas, la cuales son especiales para transitar en la arena (son anchas, prácticamente lisas y trabajan con baja presión de aire). Este tipo de silla está diseñado para ser empujado por una segunda persona (figura 54-B).



**Figura 55** – Sillas de ruedas anfibas para playa. A) Silla anfibia Neptune B) Silla anfibia Oceanic C) Silla anfibia Oceanic en la zona de vaivén D) Silla anfibia Oceanic siendo “empujada” mientras flota dentro del agua gracias a la forma curvada de su barra de dirección y tracción E) Silla anfibia Oceanic siendo dirigida por el pasajero, gracias al diseño del acople barra-silla, mientras una segunda persona la empuja.

Las sillas anfibias tienen un diseño un poco más complejo, poseen flotadores laterales que permiten que la silla entre al agua (figura 55-C) y flote dentro de ella (figura 55-D), adicionalmente posee una barra frontal que permite que la silla sea halada por una segunda persona y no sólo empujada. Existen dos casas comerciales que fabrican este tipo de sillas, Beach Trotters con su silla Neptune (figura 55-A) y Novaf con su silla Oceanic (figura 55-B).

La diferencia principal entre las sillas de ambas marcas radica en el diseño de la barra de dirección y tracción ubicada en la parte frontal de la silla. Como puede verse en la figura 55-A, la silla Neptune posee una barra simple en forma de T que permite, según la información suministrada en la página web del fabricante, que la misma sea halada por una o dos personas, dependiendo de lo suave que sea el terreno.

La silla Oceanic posee una barra curvada (figura 55-B), la cual permite que la silla pueda ser halada o empujada, como se observa en la figura 55-D; además, gracias al diseño del acople de la barra a la silla, la misma sirve como timón para el pasajero cuando la silla está siendo empujada por la parte trasera por una segunda persona (figura 55-E).

### **Heladeros y otros vendedores en la playa**

En las playas es usual encontrar vendedores ambulantes de diferentes rubros. Algunos de estos vendedores cargan la mercancía que van a vender en cajas, bolsas y bandejas, sin embargo hay algunos que transportan sus mercancías en carros de varios tipos. El tamaño y forma de los mismos varía, sin embargo poseen una característica común, poseen ruedas.

En la figura 56 se pueden observar diferentes tipos de carros utilizados por vendedores en las playas.



**Figura 56** –Heladero transitando por la playa con su carrito

### **3.6 ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

#### **3.6.1 Modificación artificial del perfil**

En el año 2003, Roig y Munar presentaron en la II Reunión Nacional de Geomorfología Litoral, realizada en la Universidad de Xeografía de Santiago de Compostela en Galicia, España, el trabajo titulado “Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil playa-duna provocado por el efecto mecánico de su limpieza”, en el cual se presentan los efectos geomorfológicos que produce la limpieza mecanizada sobre una playa. En este trabajo se hace un análisis de la variabilidad de diferentes perfiles de playa, anteriores y posteriores a actuaciones de limpieza mecánica, realizadas por el Servicio de Gestión Litoral de la isla de Menorca, España. Generalmente las tareas de limpieza y nivelado son realizadas sistemáticamente con maquinaria agrícola de tracción mecánica, con ruedas de grandes dimensiones y alta presión, superiores a los 5,5 kg/cm<sup>2</sup> provistas con cribas remolcadas (Roig y Munar, 2004).

Entre los aspectos más importantes de la investigación se encuentran:

- Para el análisis de los perfiles de playa se consideraron cuatro máquinas diferentes utilizadas por el Servicio de Gestión Litoral de la isla, en donde se estudiaron los perfiles de la playa de Son-Bou (Menorca), con el objeto de establecer los volúmenes perdidos y trasladados, así como la alteración natural del perfil.
- De los análisis de perfiles realizados se obtuvo que, geomorfológicamente, la limpieza mecánica produce una compactación del suelo, un cambio en el índice de rugosidad natural y la modificación del perfil natural de la playa, descompensando los balances sedimentarios entre playa-duna. Estas transformaciones producen un aumento en la velocidad del viento, incrementando a su vez el transporte sedimentario.

Luego de hacer dichas observaciones y dados los resultados obtenidos, se diseñó un Plan de Gestión Litoral que fue implementado en el año 2000, con el propósito de permitir la recuperación geomorfológica y vegetal del sistema playa-duna. Este plan contempló la reducción de la cantidad de playas en las cuales se realiza limpieza mecánica, de 33 a 8, siendo todas estas últimas playas urbanas; y se alargó el tiempo entre actuaciones a 25 días, antes solía hacerse de manera semanal. Además de esto se marcaron algunos criterios a seguir a la hora de realizar la limpieza, entre los cuales están:

- La capa superior del sustrato ha de estar seca en los primeros 7 cm de potencia, para evitar el contacto entre la cribadora y las capas más cohesionadas de la playa, y por tanto reducir en la medida de lo posible la retirada de material sedimentario y la compactación.
- En los siguientes posteriores a la actuación (aproximadamente tres) no tiene que haber previsión meteorológica de temporales de viento, con

el fin de evitar el transporte eólico del material suelto sobre la playa a otras áreas del sistema.

- Se realizaron zonificaciones de las playas basadas en criterios morfológicos y de usos antrópicos. Las actuaciones sólo pueden realizarse en la zona comprendida entre la zona de vaivén y los tres metros antes de los taludes, en el caso de sistemas playa-dunas. En el caso de playas deterioradas y sin morfología aparente se establecieron áreas de playa susceptibles a ser recuperadas morfológica y biológicamente. Estas zonificaciones de la playa limitaron el área del perfil modificado evitando la descompensación y modificación de todo el sistema.

Los resultados obtenidos en Menorca con la aplicación de estos criterios de zonificación, fueron la recuperación de morfologías de duna y de vegetación, así como la estabilización de los taludes en algunos puntos del litoral. Estos resultados se observaron aún en aquellas playas en donde sigue utilizándose la limpieza mecánica; sin embargo el autor indica que este tipo de limpieza, inclusive realizada siguiendo los criterios de zonificación, humedad y frecuencia, constituye un factor limitante en la regeneración dunar y la recolonización vegetal, las cuales no comenzarán hasta que se elimine por completo su utilización; además de que este tipo de acción agresiva seguirá contribuyendo a la degradación del sistema en todo su conjunto.

A pesar de lo expuesto anteriormente, para el momento de la presentación de dicho trabajo (2003), la limpieza mecánica exhaustiva de la superficie de la playa en toda su extensión, así como la dotación de recursos y herramientas necesarias para este tipo de actuaciones, seguía siendo la política predilecta por algunas administraciones del estado español. Además de que algunas figuras o galardones de gestión, como el programa Bandera Azul, fomentan las

gestiones de limpieza mecánica diaria en playas, lo que da lugar a una profunda artificialización del espacio. Este tipo de actuaciones, para la fecha, eran consideradas condición indispensable para mantener un nivel de ingreso importantes proveniente del sector turismo. Desde el punto de vista ambiental el concepto erróneo de mantenimiento, acondicionamiento y limpieza de playas representa una considerable agresión ecológica, ya que impide que el espacio albergue fauna, vegetación y morfología, como lo haría de manera natural si el mismo no fuese alterado.

### **3.6.2 Limpieza manual de playas en Bélgica**

Limpieza manual de playas en Bélgica: una alternativa ecológica (Domínguez y Belpaeme, 2005).

La principal prioridad para todas las municipalidades costeras de Bélgica es mantener las playas limpias. Esta limpieza es realizada mayoritariamente usando equipos de limpieza mecánica y cada una de las 11 municipalidades posee su propio equipo. Con el uso de dichos equipos es posible alcanzar un resultado aceptable de una manera rápida y eficiente; sin embargo, con estos no sólo se remueve la mayoría de los desechos producidos por el hombre sino que, desafortunadamente, también se remueve material orgánico. El material orgánico en la línea de marea (zona de vaivén) tiene numerosas funciones naturales en el ecosistema costero (en términos de defensa costera, como fuente de alimento para la fauna, como sustento para las plantas colonizadoras, etc.) pero además de esto constituye un terreno de exploración y provee material educativo para turistas y niños.

Por otra parte, la limpieza manual indudablemente tiene varios efectos positivos: menos desechos son producidos, menor costo para el tratamiento de los desechos, menor costo de combustible, mayor oportunidad para los

visitantes de la playa de explorar los materiales naturales y, sobretodo, el beneficio que el ecosistema obtiene de ella.

Es por esto que en el año 2003, la Universidad Libre de Bruselas, Bélgica (Vrije Universiteit Brussel) y el Centro de Coordinación para la Gestión de la Zona Costera Integrada en Bélgica (Co-ordination Centre on Integrated Coastal Zone Management), en estrecha colaboración con las municipalidades costeras del país, puso en marcha una iniciativa llamada “sustainable beach management” (gestión sustentable de playas). Las primeras acciones del proyecto piloto consistieron principalmente en la realización de talleres con personal técnico, la redacción y difusión de un folleto informativo y en la realización de una limpieza primaveral anual de las playas. Con la finalidad de conocer la percepción del estado de limpieza de las playas y el nivel de aceptación de la permanencia de material orgánico en las mismas, se realizó un cuestionario en los meses de verano y otoño del 2004 en dos diferentes playas en la municipalidad de Koksijde; Zeebermduinen y Schipgatduinen, limpiando áreas delimitadas en cada playa de manera manual y el resto de las mismas mecánicamente, dos veces al mes (cada dos semanas). Además, se aprovechó la experiencia para determinar el tiempo (horas de trabajo) y costo aproximado que conllevaría la implementación de la limpieza manual, así como también la cantidad y tipos de desechos recolectados.

Los autores consideran que la información presentada en esta publicación es de vital importancia para evaluar la factibilidad de una limpieza ecológica de playas en Bélgica. Concluyen que un programa de gestión de playas diferente, que comprenda más limpieza manual y menos mecánica, puede llevar a una situación ganar-ganar para la naturaleza y para las autoridades locales.

## **Materiales y Métodos**

Las áreas de estudio fueron dos rectángulos de 1 km de largo por 10 m de ancho, uno en cada una de las playas. Estas áreas fueron limpiadas de manera manual intercaladamente por la Administración de Medio Ambiente, Naturaleza, Tierra y Recursos Hídricos, de Bélgica (Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer) y por la municipalidad cada dos semanas, mientras que el resto de la playa fue limpiado mecánicamente. En estas zonas sólo se recogieron artículos artificiales (hechos por el hombre) que luego fueron clasificados en ocho categorías: plástico, textiles, papel, vidrio, metal, goma, madera y otros. Se determinó el peso total de desperdicios recolectados en cada playa. También se recolectó información referente al tiempo, la frecuencia y el personal requeridos para realizar la limpieza manual, así como un aproximado del costo de la misma.

El cuestionario aplicado para sondear la percepción de los visitantes fue diseñado siguiendo los principios usados en encuestas de opinión, y fue aplicado tanto en temporada alta como en temporada baja, en las mismas áreas de estudio limpiadas manual y mecánicamente.

## **Resultados y Discusión**

De la limpieza manual

**Tabla 6** – Resultados: tiempos de limpieza y cantidad de desechos recolectados

	<b>Zeebermduinen</b>	<b>Schipgatduinen</b>
Tiempo promedio requerido por dos empleados para limpiar las áreas de playa de 1 km por 100 m (Julio a Septiembre 2004)	1 h 38 min $\pm$ 37 min	1 h $\pm$ 19 min
Cantidad promedio de	28,5 $\pm$ 13,2 kg	19,6 $\pm$ 3,8 kg

desperdicios recolectados		
---------------------------	--	--

Para un estimado mensual, los resultados obtenidos (tabla 6) deben ser duplicados, ya que los mismos son referentes a una sola de las jornadas de limpieza de las dos que se realizaron por mes.

En ambas playas la cantidad de desechos plásticos y textiles combinados representaron más del 70% del total de desechos recogidos y sólo los plásticos un 50%. Este resultado fue más alto de lo esperado ya que en un estudio realizado en marzo de 2004 (Belpaeme et al, 2004) los mismos representaron el 50% y sólo el plástico 29%. La fracción de plástico estaba constituida en su mayoría por botellas plásticas (de agua y bebidas no alcohólicas) y bolsas plásticas, mientras que la fracción de textiles estaba constituida principalmente por redes de pesca y nylon.

Basados en estos resultados (de verano), los autores consideran que si se tomaran medidas estrictas solamente respecto a la disposición del plástico, más de la mitad de los desechos ya estarían removidos de la playa, lo que significaría una reducción del tiempo y por tanto del costo de la limpieza.

### **Del estudio de percepción pública**

Se llenaron un total de 184 cuestionarios, igualmente divididos entre temporada turística alta y baja, además el 47% fueron aplicados en la zona de la playa limpiada manualmente y 53% en la zona limpiada mecánicamente.

65% de las personas encuestadas visitan las playas en cualquier momento del año. El 56% de los encuestados visita siempre la misma playa, principalmente por la cercanía del alojamiento (55%) y secundariamente por razones estéticas (26%). Los resultados mostraron un alto nivel de satisfacción respecto a la limpieza de la playa, pero más importante aún es el hecho de que los visitantes

se mostraron igualmente satisfechos en la zona de la playa limpiada manualmente que en la zona limpiada mecánicamente.

También se les pidió a los visitantes que seleccionaran de una lista de materiales artificiales y naturales presentes en la línea de marea (zona de vaivén) cuáles materiales desearían que fuesen removidos durante la limpieza. Se observó una marcada diferencia entre los artículos artificiales y naturales. Más del 95% de los encuestados indicaron que querían que el metal, plástico, vidrio, goma y anime fuesen removidos. Exceptuando la madera (35%) y medusas muertas (20%), los demás elementos naturales fueron seleccionados para ser recogidos por menos del 10% de los encuestados. Las algas, las cuales son el principal objetivo de la limpieza mecánica fueron seleccionadas por menos del 4% de los 184 encuestados.

### **Conclusiones**

El proyecto piloto desarrollado en la municipalidad de Koksijde ayudó a demostrar que la limpieza manual puede ser implementada exitosamente para limpiar áreas delimitadas de la playa, y que algunas comunidades costeras pueden haber sobreestimado el personal y la cantidad de tiempo requerida para esta tarea. En el caso de esta municipalidad, el tiempo requerido para limpiar manualmente 2,1 km de playa fue de aproximadamente 2 días hombre (8 horas/día) por mes. Además, aparte de los intereses ecológicos y morfológicos, la limpieza manual posee la ventaja de que puede realizarse en lugares donde los equipos de limpieza mecánica no pueden acceder.

#### **3.6.3 Plan pionero de limpieza manual de playas para evitar su erosión**

En noviembre de 2008 en el ayuntamiento de Guardamar de Segura, en la Comunidad Valenciana de España, se puso en marcha una iniciativa de

carácter medioambiental pionera en toda la provincia para conservar sus playas. (De Gea, 2009)

El objetivo principal de esta iniciativa fue la mejora medioambiental de las playas de la localidad, evitando en la medida de lo posible la pérdida de arena por la erosión que produce la acción del oleaje y temporales (intensificada por la acción de los equipos mecánicos de limpieza), y propiciar con ello la fijación de las arenas y salvaguardar así la frágil diversidad del ecosistema costero.

El plan piloto comenzó en los 12 km de longitud de playas locales y consistió básicamente en cambiar la manera en que las playas eran limpiadas, tradicionalmente las mismas eran limpiadas durante todo el año utilizando medios mecánicos, pero con la experiencia tenida hasta el momento en la zona, se decidió limitar la limpieza mecánica, sustituyéndola (total o parcialmente) por una manual y más selectiva.

El ayuntamiento planteó el siguiente plan de acción:

**Temporada baja (invierno):** eliminación total de la limpieza mecánica en todas las playas, sustituyéndola por manual.

**Temporada media (primavera y otoño):** restricción de la limpieza mecánica, sobre todo en las playas de la periferia.

**Temporada alta (verano):** implementación de la limpieza mecánica, salvo en puntos específicos donde se realizará limpieza manual por voluntarios medioambientalistas. Además se planteó que éstos últimos informaran a los visitantes sobre el nuevo sistema de limpieza pionero y de otras medidas de protección, para fomentar su colaboración activa en la mejora y conservación de las playas de la localidad.

Según Antonio Puigcerver, concejal de Medio Ambiente y Playas (para la fecha del artículo), luego de dos meses de prueba se observó una mayor fijación de la arena, por lo que la erosión sufrida en ese periodo fue menor. Al mismo tiempo se comprobó la mejora y consolidación de la biodiversidad, evidenciándose un incremento del número de moluscos, crustáceos, anélidos y aves.

#### **3.6.4 Científicos vigueses instan a eliminar la limpieza mecánica de playas**

Las playas de la región de Galicia, España, son las que poseen mayor diversidad en la zona norte de la península Ibérica, pero la limpieza mecánica y la recogida de algas amenazan con destruirla. A esta conclusión llegaron los científicos de la Universidad de Vigo (España), los cuales en 2008 realizaron un estudio en las playas de la zona, el cual consistió en recoger datos de las algas varadas en varias playas en la Ría de Vigo, España; Samil, Torralla, Abra (Patos) y Playa América, además de Ladeira y Balieiros, en Currubedo. (Penelas, 2009)

Los principales resultados y conclusiones de este estudio fueron presentados el 29 de abril de 2009 en el Simposio Internacional de Ciencias del Mar.

El biólogo Mariano Lastra, en su participación en el simposio, indicó que aquellas playas que son limpiadas mecánicamente, como Samil, son prácticamente estériles en la parte más alejada del agua. Además indica que los concejales tienen miedo de las protestas de los turistas y considera que hay que ser inflexibles en este aspecto, ya que piensa que si se explicara la situación a los visitantes de las playas habría más gente dispuesta a salvaguardar los ecosistemas y soportar la molestia de las algas. Señaló que la eliminación de estos organismos puede llevar a la desaparición de la pulga de mar, las cuales, según los cálculos de los especialistas pueden consumir toda la cantidad de algas que llega a la playa, ya que las mismas son oportunistas y

además también se alimentan de hongos y colonias bacterianas, por lo que afirma que desde el punto de vista sanitario es más recomendable que una playa las posea.

Por otra parte, añadió que es necesario cumplir la legislación europea y la referente al programa Bandera Azul para respetar la biodiversidad, aunque considera que dejar de agredir al ambiente no es suficiente, que es necesario recuperar los daños. Para el momento del simposio, en la Ría de Vigo se estaban realizando algunas restauraciones de las dunas en las playas de Vao y Playa América y en el roquedal de Toralla, sin embargo no se habían tomado medidas en el tema de las algas.

### **3.6.5 Impacto de vehículos todo terreno en playas arenosas**

En la norma ISO 3833:1977 se define un vehículo motor como un aparato provisto de autopropulsión el cual posee tres o más ruedas, el mismo puede estar destinado al transporte de personas o mercancía, para el remolque de vehículos utilizados para transporte de personas o mercancía o para servicios especiales.

Adicionalmente define un Vehículo Todo Terreno (VTT) como vehículo que ha sido particularmente diseñado para transitar por todo tipo de terreno. El mismo puede poseer tracción en dos o más ruedas.

En el año 2009, Gibson presenta un trabajo que habla de los efectos colaterales que tienen los VTT en los sistemas y hábitats arenosos. Entre las observaciones que hizo se encuentran las siguientes:

- Los VTT compactan y desplazan cantidades significativas de arena, además el tráfico perturba la línea de marea (zona de vaivén).

- Desde una perspectiva ecológica todos los VTT deben ser eliminados de los ecosistemas de dunas y playas arenosas, sin embargo se deben tomar en cuenta otros aspectos como el económico y el recreacional.
- En el caso de que la eliminación no sea posible se deben aplicar estrategias para mitigar su impacto. Algunas de las estrategias que plantea incluyen: sólo permitir el tránsito de VTT por rutas establecidas, limitar el tráfico durante marea alta, así como prohibir el tránsito de VTT durante la noche en las playas donde halla actividad nocturna de la fauna.
- Es fundamental aplicar planes de gestión integrados, específicamente pensados y diseñados para cada uno de los sitios, para lograr mitigar y prevenir el impacto de los VTT en los ecosistemas de dunas y playas arenosas.

Gibson (2009) se apoyó en los resultados de varios estudios realizados por otros autores, como Schlacher, para determinar el impacto que pueden tener los VTT en la fauna, con especial énfasis en el impacto sobre las colonias de cangrejos fantasmas, sin dejar a un lado el impacto en algunas clases de aves, y poder así desarrollar las recomendaciones expuestas anteriormente.

Algunas observaciones que hace Schlacher (en conjunto con otros autores) sobre la fauna se tiene:

- Los invertebrados conforman la mayor parte de la fauna en playas arenosas. (Schlacher et al, 2008)
- Los cangrejos fantasmas construyen y viven en madrigueras durante el día, para protegerse del calor, de predadores y otras amenazas, y son mayormente activos durante la noche. (Schlacher y Thompson, 2007)
- Lucrezi y Schlacher (2010) observaron que en las playas en donde se permite el tránsito de VTT las madrigueras de los cangrejos eran más

angostas y profundas. Señalan que los cangrejos se ven afectados por estos vehículos así no sean aplastados, ya que consideran que cavar tan profundo pueden dejarlos exhaustos, limitando su reproducción.

- Schlacher et al, (2007) realizaron numerosos experimentos para evaluar el impacto de VTT en las poblaciones de cangrejos; descubrieron que cuando los cangrejos dejaban sus madrigueras en la noche la tasa de mortalidad incrementaba radicalmente debido al tráfico nocturno de VTT. Observaron también que las playas con menor tránsito de VTT tenían mayores poblaciones de cangrejos. Además determinaron que mientras más profundamente enterrados estén los cangrejos, menor riesgo corren de ser aplastados.

Celliers et al, (2004) plantearon una lista de 7 características según las cuales se determina si se debe prohibir el uso de VTT en una playa. Si la playa cumple con alguna de las características presentadas a continuación el tránsito vehicular en la misma debe ser prohibido. Este estudio fue realizado para evaluar el impacto del uso recreacional de VTT en las costas de Sudáfrica, una actividad común en este país.

#### **Cualquier área fuera de la arena compacta de la zona de vaivén**

Según los autores, debido a que el área de vaivén está sometida a los embates de las olas, las cuales movilizan grandes cantidades de arena, lo que permite que la misma se regenere rápidamente. Aseguran que las playas son suficientemente maleables como para mitigar los efectos de la acción humana y vehicular moderada. Sin embargo, las afectaciones de las áreas de dunas son potencialmente más destructivas.

### **Presencia de vegetación frágil, rara, relictas o en peligro de extinción**

Para determinar que tan frágil es una zona en términos ecológicos se determina la sensibilidad de la misma. La sensibilidad es medida como conjunto de las sensibilidades específicas de ciertos aspectos. Los aspectos estudiados son: geomorfología, morfodinámica, hidrodinámica, química, presencia de zooplancton e invertebrados, entre otros.

### **Santuarios de vida salvaje y reservas naturales**

Si la playa es considerada un santuario para la vida salvaje o una reserva natural.

### **Atributos físicos inconvenientes en la playa o barreras naturales**

La presencia de obstáculos y barreras naturales obliga a los VTT a pasar entre zonas rocosas, y puede obligar al conductor a salirse de la zona de vaivén y transitar por la zona de dunas.

### **Zona con atributos naturales frágiles o de interés científico**

Como playas donde desoven las tortugas, aniden las aves, etc.

### **Áreas con potencial de conflicto entre usuarios**

Áreas donde la acción vehicular pueda afectar negativamente a otros usuarios, se le debe dar prioridad a los visitantes que estén allí para disfrutar del ambiente natural que la playa ofrece, ya que estos causan menos impacto ambiental y social. En general los usuarios que desean disfrutar de la naturaleza encuentran los VTT molestos porque ponen en riesgo su seguridad, son ruidosos y modifican y destruyen las playas.

### **Procesos ecológicos claves, no identificados o inexplorados**

Cualquier actividad que pueda tener efectos negativos en el ecosistema, o que se desconozca su efecto sobre el mismo, debe ser evitada, en este caso el uso de VTT. En todo caso, siempre que se permita el uso de VTT se deben monitorear constantemente y a largo plazo los efectos de esta actividad, como parte integral del plan de gestión.

### 3.7 CASOS DE ESTUDIO EN PLAYAS NACIONALES

Para obtener información adicional acerca de los planes de gestión, estado de limpieza y los métodos que se utilizan en las labores de limpieza, fue necesario realizar un estudio en diferentes playas del país, por lo cual se recurrió, aparte de las fuentes documentales, a realizar visitas a varias playas y utilizar diversas técnicas e instrumentos de investigación.

Este estudio tenía como propósito, sin orden de importancia, lo siguiente:

- Conocer el estado de limpieza de la zona de arena seca, sin incluir zona de servicio.
- Obtener información acerca de planes de mantenimiento y sobre los instrumentos y equipos utilizados en las labores de limpieza.
- Determinar la cantidad de personal o entes encargados de la limpieza en cada una de las playas.
- Verificar la presencia de fauna y flora.
- Identificar las características generales de la playa en lo referente a su morfología y morfodinámica.
- Conocer las condiciones laborales del personal de limpieza.

Las playas estudiadas fueron las siguientes:

- **Playa urbana pública:** Balneario Camurí Chico B del Estado Vargas.
- **Playa urbana privada:** Playa de visitantes del Club Marina Grande, Catia La Mar, Estado Vargas.
- **Playa Rural:** Playa Grande, Puerto Colombia, Estado Aragua.

Para realizar el estudio, las técnicas empleadas fueron la entrevista y la observación simple.

### **La Entrevista**

En total se realizaron 6 entrevistas:

Playa Grande: se hizo una entrevista no estructurada o informal, la cual estuvo orientada a conocer las características de la máquina de limpieza utilizada y la experiencia en relación a su uso por parte de los operarios.

Camurí Chico B: se realizaron dos entrevistas, una semiestructurada a un encargado de la limpieza y una no estructurada al supervisor.

Marina Grande: se realizaron tres entrevistas, una semiestructurada a un encargado de la limpieza y dos no estructuradas, a un encargado de la limpieza y a un supervisor.

Las transcripciones de estas entrevistas pueden verse en el apéndice tal.

### **La observación**

Las observaciones se realizaron en las tres playas de estudio. Como material de documentación se emplearon cámaras fotográficas y cuaderno de anotaciones.

El tipo de observación realizada en todos los casos fue de tipo simple o no participante.

### **Playa Grande, Puerto Colombia**

**Lugar:** Playa Grande, Puerto Colombia, Edo. Aragua (Parque Nacional Henri Pittier)

**Fecha:** Viernes 19 de febrero de 2010

**Tipo de playa según ubicación:** playa rural

### **Descripción de la playa**

Playa Grande (figura 57-A) está en las inmediaciones del Parque Nacional Henri Pittier. Este parque fue creado en el año 1937 y posee una variedad de playas que se extienden en todo el Estado Aragua y parte del Estado Carabobo (Instituto Nacional de Parques, INPARQUES, 2012).

Está considerada como playa de tipo rural, aún cuando en temporadas vacacionales reciba gran cantidad de turistas (figura 57-B), ya que se encuentra en un entorno natural, cercana a los poblados de Puerto Colombia y Choroní, pero alejada de la ciudad de Maracay (a dos horas de camino) y su morfología natural no ha sido alterada.

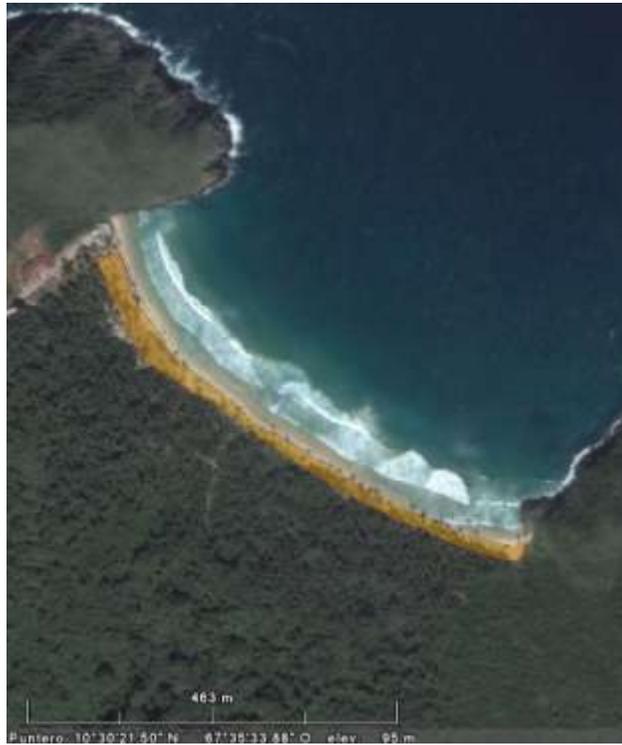


**Figura 57** – Playa Grande, Estado Aragua, Venezuela A) Vista desde el extremo Este de la playa B) Gran cantidad de turistas visitando la playa en temporada alta

La playa posee arenas entre finas y gruesas y la pendiente en la zona de vaivén es pronunciada en algunos sectores; debido a estas características morfodinámicas la misma puede ser clasificada como una playa intermedia, mientras que por su tamaño se puede clasificar como meso playa, ya que posee una longitud de aproximadamente 700 metros. La zona de arena seca es

de aproximadamente 1700 m<sup>2</sup> (resaltada en la figura 58) y está rodeada de abundante vegetación.

Entre los servicios encontrados en la playa se tienen: restaurantes, alquiler de sillas y toldos y baños portátiles. Ninguno de éstos compromete la morfología natural de la misma. Además está permitido acampar.



**Figura 58** – Vista de planta de Playa Grande, Estado Aragua, Venezuela. El área que está resaltada en anaranjado es la zona de arena seca.

### **Comentarios ofrecidos por los operarios de la barredora de playa**

Entrevista realizada al operario y asistente de la máquina barredora de playa “Beach Tech Marina” en Playa Grande, Puerto Colombia el día 19/02/2010 a las 12:30 m.

La máquina barredora fue donada por MINTUR gracias a la petición del consejo comunal de Puerto Colombia (figura 59), ya que el mismo veía con preocupación el estado en que se encontraba la playa durante las temporadas

vacacionales. Se calcula que la cantidad de visitantes recibidos en esta temporada es entre 5000 a 10000 personas, que producen cantidades enormes de basura, haciendo casi imposible mantener un estado aceptable de limpieza en la totalidad de la playa. Además aunado a esto, las corrientes marinas y el efecto de las mareas arrastran desechos a la playa. En las figura 60 A y B se puede ver el estado de limpieza en que queda la arena luego de pasar la barredora y los desechos que son recogidos por la misma.



**Figura 59** – Máquina barredora de playa al momento de su entrega a la comunidad de Choróní / Puerto Colombia por parte de MINTUR



**Figura 60** – Máquina barredora de playa modelo Beach Tech Marina fabricada por la empresa alemana Kässbohrer A) Imagen del estado en el que queda la arena luego del paso de la barredora B) Interior de la tolva llena de los desechos que se recogieron en la playa. A simple vista pueden observarse vasos y envases plásticos, palos, tapas de botella, bolsas, etc.

Se utilizaron varios equipos de prueba antes de seleccionar el modelo definitivo. Se utilizó un equipo mecánico portátil, el cual presentaba la ventaja de poder limpiar en sitios de difícil acceso. La misma no fue aprobada por la comunidad ya que presentó fallas. También se planteó el uso de una moto de cuatro ruedas en cuya parte posterior se colocó un equipo recolector de basura tipo remolque, pero el mismo no fue utilizado.

No se sabe con exactitud el costo de la máquina, ya que el consejo comunal no participó en la elección de la misma. Ésta es de fabricación alemana, de la marca Kässbohrer y presenta las siguientes características:

**Dimensiones**

Longitud máxima: 5785 mm  
 Ancho: 1760 mm  
 Alto: 2340 mm  
 Ancho de trabajo: 1400 mm  
 Volumen de carga: 0,5 m<sup>3</sup>  
 Alto de descarga: 1634 mm

**Motor**

Número de cilindros: 4  
 Torque: 120 Nm/ 2000 rpm  
 Desplazamiento: 1498 cm<sup>3</sup>  
 Potencia: 31 kW (42 hp)  
 Tipo: Kubota, turbo diesel

**Datos de desempeño**

**Peso**

Payload: 1000 kg / 2200 lbs  
 Peso límite: 3500 kg / 7700 lbs

Máximo desempeño de limpieza:  
 15000 m<sup>2</sup>/h  
 Velocidad máxima: 32 km/h

Para la puesta en funcionamiento de la máquina, se realizó un curso de inducción a los operarios venezolanos por parte de la empresa fabricante.

El día de la realización de la entrevista, la máquina no estaba en funcionamiento, ya que presentaba una falla. La naturaleza de la falla se desconocía y la misma se presentó luego de aproximadamente 3 meses de uso. Antes de esto el parabrisas de la cabina se rompió por el uso indebido de

la máquina. En defensa de los operarios hay que destacar que el uso indebido fue forzado por el mismo diseño de la máquina. Como se dijo con anterioridad este equipo fue diseñado en Alemania, donde la temperatura es considerablemente menos que en Venezuela, por lo que no se contempló la instalación de equipos de acondicionamiento de aire ni de un sistema adecuado de ventilación.

Las temperaturas de las playas venezolanas hizo imposible operar dicha máquina sin abrir el parabrisas, pero con las vibraciones del equipo en marcha el mismo falló.

Para realizar cualquier reparación al equipo es necesaria la presencia de técnicos autorizados por la marca (esto mientras dure la garantía). Además los repuestos son provistos por la empresa fabricante (con sede en Alemania), por lo que cada vez que se necesita alguno (para realizar mantenimiento preventivo y/o correctivo) es necesario importarlos, lo cual demora la puesta en marcha del equipo.

Los operarios señalaron que ni en los cursos de inducción ni en los manuales del equipo se indica el modo de operación del mismo, en diversas situaciones y condiciones. Algunos ejemplos de estos factores y situaciones son:

- Dependiendo del tipo de arena y su estado de humedad
- Consideraciones referentes a la presencia de fauna

A través de la experiencia, éstos han sido tomados en cuenta por los operarios, determinando así la manera más conveniente de utilizar la misma (según sus criterios).

Algunas condiciones que se tienen en cuenta a la hora de utilizar el equipo son:

- La máquina es utilizada un máximo de 4 veces a la semana (de acuerdo a la cantidad de desechos que se encuentren) y máximo 5 horas por día, con 2 pasadas por la zona (ida y vuelta) para una limpieza efectiva.
- En días en donde la arena se encuentra húmeda, el nivel de penetración se modifica de 10 a 5 cm para tener un cernido efectivo de la arena y evitar la acumulación de la misma en la criba.
- Al momento de pasar la máquina los operarios van quitando objetos de gran tamaño que pueden afectar la máquina, como lo son troncos y rocas.
- Las rocas de menor tamaño recogidas por la máquina son devueltas a la arena por parte de los operarios al final de la jornada, esto con la idea de no modificar las características naturales de la playa.
- Los operarios señalan que los cangrejos se refugian en la arena para evitar ser afectados por la máquina y, de acuerdo con la información suministrada, no se han encontrado restos de animales en la tolva.



**Figura 61** – Máquina barredora dentro del estacionamiento donde se guarda A) Vista de frente B) Detalle del interior de la cabina

La máquina es almacenada en un estacionamiento en Puerto Colombia, que se encuentra a aproximadamente a 700 metros de la playa (figura 61-A y B).

Las ventajas y desventajas señaladas por los operarios y procedentes de su experiencia se resumen a continuación:

### **Ventajas**

- Maniobrable.
- Recoge una amplia gama de desechos.
- Al momento de cernir la arena, ésta se encuentra menos compacta y permite su oxigenación.
- Está cubierta por pintura anticorrosiva.
- Posee una cabina para 2 personas (figura 62-B)
- Los sistemas de control alertan ante cualquier irregularidad.
- No afecta a la macro fauna presente en la zona de acción.

### **Desventajas**

- Por ser de fabricación extranjera, todos los repuestos y personal técnico dependen de la marca, por lo que aumentan los costos de mantenimiento.
- La cabina no posee ventilación.
- La eficacia de la recolección dependerá del tamaño de los desechos, los cuales no pueden ser ni muy pequeños (porque los ganchos de recolección no los recolectan – figura 63 A - o porque pasan a través de la malla y caen nuevamente a la arena) ni muy grandes (porque pueden ocasionar daños a la máquina o simplemente no pueden ser recogidos).
- Las tapas de botellas de agua y algunas piedras se atascan en la criba (Figura 63-B).
- La arena húmeda se acumula en la criba.
- La máquina no puede limpiar entre toldos y palmeras.



**Figura 62** – Detalles de la máquina barredora A) Ganchos de recolección B) Malla cribadora

### **Observaciones realizadas**

Al entrar en la playa se observan restaurantes y ventas ambulantes de diversos productos, en su mayoría relacionados con actividades propias de la orilla y recreativas. También hay una zona en donde alquilan toldos y sillas.

A lo largo de toda la playa y por ser del tipo rural, se observó abundante vegetación. Se destacaron los uveros, palmeras de gran altura y vegetación xerófito, como cactus. En algunos sectores se observó grama. En casi todas las zonas con presencia de vegetación se observó abundante presencia de desechos, en su mayoría botellas de plástico y vidrio, bolsas, latas, entre otros.

En lo referente a depósitos de desechos, en su mayoría se ubican en zonas aledañas a los comercios y alquiler de toldos y sillas, los cuales se ubican en la primera mitad de la playa (la zona más cercana al acceso de la misma).

En la segunda mitad de la playa, no se observaron depósitos de basura.

En la zona de arena seca se evidenció la presencia de colillas de cigarrillos, pitillos, trozos de vidrio, plásticos, bolsas, botellas plásticas de bebidas, entre otros. La mayoría de estos desechos son propios de actividades de la orilla y recreativas, y actividades relacionadas con el hábito de fumar.

En relación a la fauna, se visualizaron cangrejos del tipo emerita y sus madrigueras (figura 63) y animales pequeños, los cuales no son perceptibles a simple vista.



**Figura 63** – Madriguera de cangrejo emerita

A lo largo de toda la playa se observan troncos, ramas y rocas de mediano tamaño. La arena es del tipo silíceo y de tamaño mediano.

**Balneario Camurí, Playa B (Camurí chico)**

**Fecha:** Miércoles 4 de agosto de 2010

**Hora de inicio de la actividad:** 10:10 am

**Tipo de playa:** Playa urbana pública

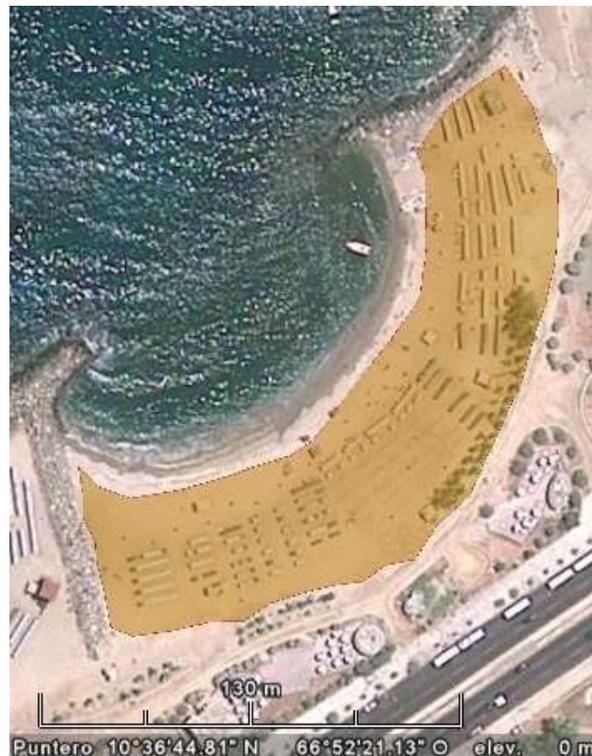
**Cantidad aprox. de visitantes:** aprox. 580 visitantes en 116 toldos

**Descripción de la playa**

En el año 2003 se inicia la reconstrucción del balneario Camurí Chico, como parte del proyecto emprendido por CORPOVARGAS, el cual fue llamado Parque Costero Paseo del Mar Camurí Chico.

Este balneario comprende 3 playas, las cuales son Camurí Chico A, Camurí Chico B y Camurí Chico Oceánica (antes conocida como Camurí Chico C). Aunque ésta última no formó parte de dicho proyecto, es frecuentada por los usuarios.

Camurí Chico B puede ser catalogada como urbana pública, ya que se encuentra cerca de la población de La Guaira y del mayor centro urbano del país, la ciudad de Caracas. Además es de fácil acceso terrestre, ya que es aledaña de la avenida La Playa que recorre gran parte del Estado Vargas. Por su tamaño está clasificada como micro playa, ya que su longitud es de unos pocos cientos de metros. La zona de arena seca, resaltada en la figura 64, tiene un área aproximada de 7600 m<sup>2</sup>.



**Figura 64** – Vista de planta de Camurí Chico B, Estado Vargas, Venezuela. El área que está resaltada en anaranjado es la zona de arena seca.

Morfodinámicamente la playa fue acondicionada para tener una pendiente suave y el tipo de arena es variado, ya que en la zona de arena seca está entre fina y gruesa, mientras que en la zona de vaivén se encuentran guijarros y gravas. Por estas razones no se puede determinar una clasificación morfodinámica de la misma.

La presencia de la variedad de arenas y guijarros se debe a que la playa se encuentra en un abanico aluvial, el cual aportó diferentes tipos de sedimentos durante la crecida del Río Manzanillo en diciembre de 1999. Durante su proceso de acondicionamiento y rehabilitación, la zona de arena seca fue rellenada con diversos tipos de arena.

En la figura 65 se puede observar un equipo de limpieza mecánica en acción en una playa del estado Vargas.



**Figura 65** – Máquina limpiaplayas de la Alcaldía de Vargas en acción en conjunto con limpieza manual con rastrillos.

De acuerdo con la información suministrada por el Sr. Franklin, presidente de la Cooperativa Brillo del Mar encargada de realizar la limpieza del Balneario Camurí Chico B, la Alcaldía realiza una limpieza en las playas del estado cada 15 días o hasta 3 veces por mes, y que con estas se logra retirar las piedras y

pequeños residuos que se encuentran en las playas. Al preguntarle cómo hacen para limpiar la zona de los toldos con esa máquina, nos comentó que primero se deben retirar las lonas de los toldos (dejando las estacas) y la máquina pasa sin ninguna dificultad entre ellas, logrando así limpiar toda la zona de la arena.

Adicionalmente comentó que en Higuero y Río Chico utilizan una especie de rastrillo gigante halado por 2 personas para limpiar las playas, esto lo vio al visitar la zona 6 meses atrás.

### **Observaciones realizadas**

La playa posee servicios de restaurantes, baños, duchas y vestuarios además de los servicios de alquiler de sillas y toldos. Se observa además la presencia de vendedores ambulantes y especies de quioscos instalados bajo toldos (figura 66-A). También se pudo observar la presencia de depósitos para la basura (figura 66-B).

Los toldos y los quioscos están distribuidos a lo largo de toda la zona de arena seca de la playa, mientras que los restaurantes y los depósitos de los toldos están fuera de esta zona.

Entre los productos que se venden en estos quioscos se encuentran bebidas en latas o en botellas de vidrio grandes (0,75 litros o más) y cigarros, al igual que chucherías y algunos otros comestibles. Los desechos producidos por estos productos pueden ser catalogados como provenientes de las actividades propias de la orilla y actividades recreativas, así como de actividades relacionadas con el hábito de fumar.

Cuando se compra una bebida grande, los vendedores de los quioscos proporcionan una cava pequeña de anime, a manera de préstamo, que los

compradores pueden llevar a su toldo y en donde la mayoría deposita los desechos provenientes de su compra.



**Figura 66** – Playa Camurí Chico B, Estado Vargas A) Quiosco B) Pipote de basura con cartel de concientización C) Estructura de toldos de quioscos, alrededor de los cuales se evidencia la presencia de desechos en la arena D) Imagen de sillas de playa, en la que además se observa un ave (tortolita) y desechos en la arena

En la zona de arena seca se observó principalmente la presencia de desechos de pequeño tamaño, como colillas de cigarro, pequeños papeles y trozos de plásticos, tapas de botellas, etc. en su mayoría reunidos formando pequeños círculos (de unos 45 cm de diámetro). Se infiere que esto se debe a la dificultad de recoger estos pequeños objetos utilizando las manos y rastrillos. La presencia de desechos de mayor tamaño como latas, envases plásticos de mayor tamaño, papeles grandes y bolsas (figura 66 C y D) fue mínima en comparación con los pequeños y en su mayoría se encontraron en las zonas

más cercanas a los toldos, por lo que se supone que fueron tirados por los visitantes ese mismo día.

En la zona de arena seca se observó que sólo la capa superficial de la misma (entre 3 y 5 cm) estaba seca, el resto de la arena estaba húmeda y compacta.

La vegetación en esta playa es escasa, un poco de grama y algunas palmeras en el sector posterior de la zona de arena seca. La fauna también es escasa, no se observó la presencia de fauna del tipo marino costero, pero sí diversos tipos de aves.

### **Balneario Marina Grande, Playa visitantes**

**Fecha:** Martes 10 de agosto de 2010

**Hora de inicio de la actividad:** 10:00 am

**Tipo de playa:** playa urbana privada (hay que realizar un pago para entrar)

**Cantidad de visitantes:** 171 adultos, 260 en total (contando niños y tercera edad)

### **Descripción de la playa**

El complejo Club Marina Grande posee dos playas, la de visitantes y la de asociados. La de visitantes (en donde se realizaron las observaciones y la entrevista) es semiprivada, ya que se debe pagar para acceder a ella. La entrada, para la fecha de la visita, tenía un costo de 80 Bs. los adultos, 20 Bs. los niños y 40 Bs los adultos mayores.

La playa es de tipo urbano debido a que la misma se encuentra en la ciudad de Catia La Mar y se está ubicada muy cerca del centro urbano más grande del país, la ciudad de Caracas. Este tipo de playas no posee características

naturales ya que fueron acondicionadas desde el punto de vista morfológico, morfodinámico y de servicios al usuario.

Morfodinámicamente puede catalogarse como de tendencia a ser disipativa (arenas finas y pendiente suave), sin embargo no se puede definir como tal, ya que la misma es una playa acondicionada para el desarrollo de actividades turísticas e intervenida por el hombre. En diferentes épocas del año la playa se ve afectada por la crecida de las mareas y la entrada de sedimentos y desperdicios arrastrados por las quebradas y ríos aledaños.

Adicionalmente la misma presenta características de micro playa, ya que su longitud es de unos cientos de metros. La zona de arena seca tiene un área aproximada de 3000 m<sup>2</sup>, resaltada en la figura 68.



**Figura 67** – Vista de planta de la playa de visitantes del Club Marina Grande, Estado Vargas, Venezuela. El área que está resaltada en anaranjado es la zona de arena seca.

### **Observaciones realizadas**

La playa cuenta con servicios de estacionamiento con vigilancia, duchas, baños, restaurantes, toldos y sillas, el derecho a uso de estos dos últimos está incluido en el precio de la entrada.

Se observaron pequeños desechos como tapas de envases plásticos, pitillos, etc. en poca cantidad y bastantes colillas de cigarrillos, sin ninguna ubicación específica a lo largo de la zona arenosa de la playa. Aunque eran un poco más evidentes en la zona cercana a los espigones, mayormente entre sus piedras.

En cuanto a la fauna se observaron madrigueras de cangrejos con huellas de los mismos a su alrededor, pero no a los animales en sí. Además se evidenciaron huellas de algún ave en la misma zona que las madrigueras de los cangrejos.

En la zona de la arena no hay vegetación, sólo toldos y taburetes de cementos. Las plantas se encuentran fuera de esta zona por lo cual no se evidenciaron desechos provenientes de éstas a lo largo de la arena.

Los depósitos de basura están ubicados a lo largo de toda la playa, sin embargo debido a su aspecto, a primera vista parecen inexistentes (no parecen ser papeleras), además la abertura de los mismos es bastante pequeña, lo cual dificulta la introducción de bolsas medianas (tipo supermercado) llenas de basura por parte de los usuarios (Esta última observación se realizó después de oír un comentario del Sr. Fernando sobre el tema).

### **Comentarios de los visitantes en las playas de estudio**

A continuación se presenta información proveniente de algunos comentarios que hicieron los visitantes en las tres playas de estudio con los que se conversó de manera informal:

Algunos comentaron que no les gusta encontrar algas marinas, palos, piedras ni animales muertos.

Algunos han sufrido heridas causadas por desperdicios encontrados en las playas, especialmente por vidrios y en los pies (no específicamente en las playas de estudio).

### **3.8 TORMENTA DE IDEAS**

Se realizó una tormenta de ideas con las siguientes características

**Fecha:** 21 de mayo de 2010

**Número de participantes:** 8

**Duración aproximada:** 20 minutos

**Lugar:** salón EIM-UCV

**Total de ideas generadas:** 137

Para propiciar un ambiente más estimulante, durante la sesión se proyectaron en la pizarra donde se escribían las ideas imágenes relacionadas con la playa (gente realizando distintas actividades, fotos donde se ven diferentes tipos de desechos, playas limpias, playas con montones de basura, etc.), sin mostrar ningún método de limpieza, además se colocó como fondo musical un sonido “playero” (una combinación de sonidos de aves marinas con el sonido que generan las olas al romper).

Al hacer un análisis de las distintas ideas que surgieron se observó que las mismas poseen diferentes naturalezas. Hay ideas referentes a métodos preventivos, educativos, punitivos, así como también a métodos y equipos de limpieza. La totalidad de las ideas y su descripción pueden verse en el apéndice 2.

Para los efectos de este trabajo de grado se está partiendo de la idea de que sea cual sea la razón por la cual la basura llega a las playas (mareas, visitantes, etc.) y aún cuando estas fuentes de desechos se reduzcan, siempre habrá de realizarse una labor de limpieza; por esta razón nos enfocamos en aquellas ideas que hacen referencia a métodos y equipos de limpieza. Se descartaron las ideas de naturaleza preventiva, educativa y punitiva, aunque son muy válidas y merecen atención y un estudio más profundo; además también se descartaron las que se basan en la modificación de la basura por parte de las empresas productoras de los productos, las que planteaban la utilización de animales como herramientas y la que planteaban la degradación (destrucción) de los desechos in-situ.

**Ideas relevantes**

Total de ideas relevantes: 21

<b>Robots</b>	la basura y recogiéndola.	la basura de la playa.
<b>Flota de robots:</b> sistemas automatizados de robots, grandes o pequeños, que pasen escaneando las playas identificando	<b>Wall-E:</b> Diseñar a un robot similar a dicha estrella que se encargue de la recolección y almacenamiento de	<b>Pinchos o puyas</b>  <b>Pinchos:</b> Un palo con el que se pinche la basura y se pueda ir recogiendo sin mucho esfuerzo

mientras se camina por la playa

**Rodillo con puyas:**

un rodillo que de alguna manera se rueda por la playa, tenga puyas y estas pinchen y recojan la basura.

**Medios pegajosos**

**Rodillo pegajoso:** un rodillo que cuando se pase sobre la basura esta se le pegue.

**Botas basura**

**pegajosa:** que de alguna manera la basura sea pegajosa y al caminar sobre ella con botas (o con cualquier otro calzado) esta quede pegada en las mismas. O visto de otra manera utilizar

botas pegajosas para que la basura se pegue a ellas.

**Movilidad y limpieza**

**Carritos de golf:** Se puede utilizar este medio de transporte para que los encargados de la limpieza se les facilite su trabajo, también se puede adaptar algún dispositivo de recolección de basura.

**Hovercraft:** Estos medios de transporte son idóneos para su uso en la playa, ya que funcionan perfectamente tanto en la arena seca, mojada e incluso en el agua. Se les podría adaptar algún

sistema de recolección de basura como una red o unos rastrillos.

**Tractor:** utilizar un tractor para movilizarse por la playa y con la pala (del tractor) se puede limpiar de una vez.

**Desechos metálicos**

**Imán:** un imán gigante que pase por toda la playa por medio de un helicóptero y recoja todos los desperdicios metálicos.

**Detector de metales:** utilizar un detector de metales para localizar las chapas y otros objetos

metálicos escondidos bajo la arena.

### **Malla**

#### **Malla en el Agua:**

una malla que barra el agua recogiendo desechos.

#### **Malla bajo la arena:**

Colocar un grupo de mallas debajo de la arena que permitan el paso de la arena más no de la basura, al final de cada jornada elevar dichas mallas para filtrar la arena y botar la basura recolectada.

**Drenar arena:** poner una malla gigante por debajo de la arena y levantar esa malla gigante con unos helicópteros y entonces hacer que la arena caiga y la

basura queda en la malla.

### **Medios convencionales**

**Rastrillo:** Utilizar un rastrillo para juntar y recoger la basura.

**Pala:** Una pala se utilizaría como herramienta para recoger basura sin distinción de tamaño.

#### **Tractor tamizado:**

Un tractor que tamice la arena

#### **Brazo mecánico:**

Dispositivo para recoger basura, pero sin recoger la arena.

### **Otros métodos**

**Soplar basura:** Un soplador lleva la basura a un depósito

sin necesidad de recogerla o barrerla.

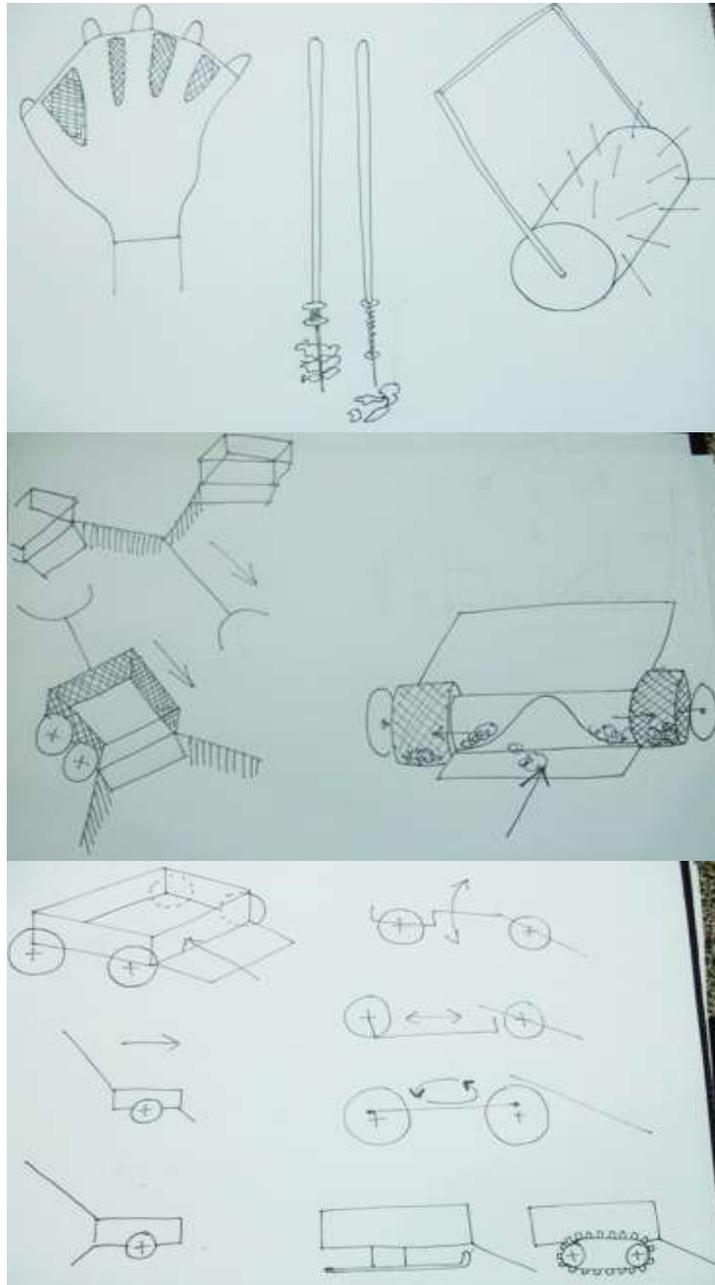
**Aspirado:** crear una máquina con una malla especial de modo que cuando se aspire la arena se quede la basura y pase la arena hacia atrás de la máquina.

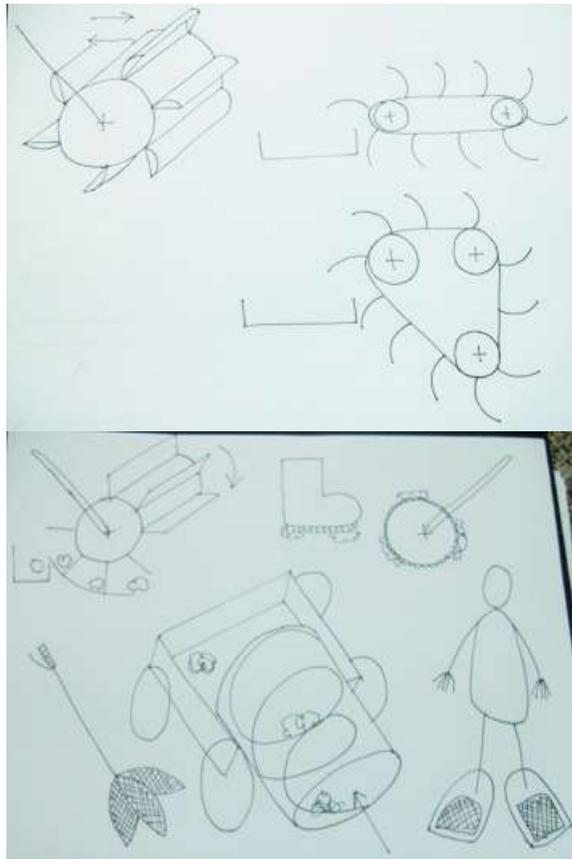
### **Semejanza**

**Corta césped:** utilizar algo estilo un corta césped, que uno empuje y que vaya recogiendo la basura.

### 3.9 Compilación de ideas generadas

Las ideas presentadas en esta sección (figura 68) provienen de las ideas relevantes obtenidas en la tormenta de idea, así como aquellas generadas por los autores de esta tesis. Algunas son modificaciones y mejoras realizadas a equipos existentes y otros equipos totalmente nuevos.





**Figura 68** – Bosquejos de las ideas generadas

## **CAPÍTULO IV**

### **ETAPA DE TRANSFORMACIÓN**

Hay que recordar que entre los objetivos, alcances y limitaciones de este trabajo especial de grado se determinaron algunas especificaciones que el equipo debe cumplir, estas son:

- Bajo impacto ambiental.
- Debe poder limpiar en playas con obstáculos.
- Fácil transporte, operación y mantenimiento.

Para poder cumplir con estas y otras especificaciones se tomaron en cuenta diferentes aspectos, los cuales se dividieron en 5 diferentes categorías:

- Proceso de limpieza y funcionamiento de los equipos.
- Higiene y seguridad.
- Impacto ambiental.
- Practicidad.
- Desechos a recolectar.

#### **4.1 PROCESO DE LIMPIEZA Y FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS**

##### **4.1.1 Proceso de limpieza**

Al realizarse un análisis detallado de la manera en que las actividades de limpieza de playas son realizadas, tanto a nivel nacional como internacional, tomando en cuenta las acciones realizadas por los encargados de la misma con

y sin ayuda de equipos manuales y aquellas realizadas de manera automatizada por equipos de limpieza mecánicos, se determinó que el proceso de limpieza está compuesto por 6 etapas o labores diferentes y sucesivas, las cuales son:

- **Detección:** es la identificación de los objetos a recolectar.
- **Agrupamiento:** consiste en juntar los desechos a recolectar en una especie de pila para hacer más conveniente su recolección. Esta labor no es indispensable, el proceso de limpieza puede realizarse de manera satisfactoria prescindiendo de ella.
- **Recolección:** consiste en retirar los objetos no deseados del manto arenoso.
- **Separación:** se refiere a la acción de separar los objetos no deseados, de la arena que pudo haber sido recogida con ellos.
- **Almacenaje:** consiste en depositar de manera provisional los desechos ya recolectados y separados en un contenedor, para hacer más conveniente su transporte.
- **Transporte:** consiste en el traslado de los desechos almacenados. El transporte puede realizarse durante toda la faena de limpieza (el encargado de la limpieza traslada el contenedor de almacenaje y lo mantiene a una distancia conveniente para depositar en él cualquier desecho al momento de su recolección) o bien para trasladar los desechos fuera del área de la playa, para su posterior disposición final.

#### **4.1.2 Elementos y técnicas de funcionamiento de los equipos existentes**

Al realizar un análisis detallado de los equipos de limpieza de playas (incluyendo aquellos considerados en los antecedentes) y de la información obtenida referente a procesos de limpieza (incluyendo aquellos obtenidos mediante la utilización de entrevistas y observaciones realizadas en los casos

de estudio), fue posible identificar los diferentes elementos y técnicas implementadas en dichos procesos, tanto por los equipos como por los operarios de los mismos.

Para los efectos de este trabajo, se entenderán por elementos de funcionamiento a todas aquellas herramientas e instrumentos que permiten realizar cada una de las labores del proceso de limpieza, mientras que las técnicas de funcionamiento se entenderán como todas aquellas acciones específicas que la persona encargada de la limpieza o el equipo realiza en cada una de las etapas del mencionado proceso.

La posibilidad de que un equipo realice las diferentes labores del proceso de limpieza será evaluada en base a que posea ciertos elementos o características, los cuales son:

- **Detección:** Que posea un elemento de detección o que permita que el operario tenga observación directa de la porción inmediata de manto arenoso a limpiar.
- **Agrupamiento:** Si con el mismo se puede agrupar en una pila los desechos a recolectar con un agrupamiento mínimo de arena.
- **Recolección:** Siempre que el mismo pueda, sin la ayuda de otro equipo, retirar los objetos no deseados del manto arenoso.
- **Separación:** Si posee elementos que permitan, con mínima participación del operario (o quizás con una acción indirecta), separar los desechos de la arena que pudo ser recolectada con ellos.
- **Almacenaje:** Si permite almacenar los desechos recogidos y a su vez realizar otra de las labores para las que fue diseñado (ej. Recolección) sin tener que ser descargado.
- **Transporte:** Si posee elementos que faciliten el traslado del contenedor o elemento de almacenaje (ej. Ruedas).

## Técnicas de funcionamiento

En las tablas 7 y 8 se identifican las técnicas de funcionamiento de los equipos manuales y mecánicos, respectivamente.

**Tabla 7** – Técnicas de funcionamiento equipos manuales

Equipo	Técnica	Descripción
<b>Pala construcción</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	No Admite (NA)
	Recolección	Plancha Cuando la placa de la pala penetra en la arena y luego es subida, encima de la misma queda la arena que contiene los desechos que se desea recolectar.
	Separación	NA
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Pala doméstica modificada</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Plancha Cuando la parte inferior de la pala (que puede entenderse como una placa) penetra en la arena y luego es subida, encima de la misma queda la arena que contiene los desechos que se desea recolectar. Aunque puede utilizarse solo, este equipo suele utilizarse acompañado de un rastrillo para empujar los desechos al interior del mismo.
	Separación	Malla La parte inferior de la pala posee una malla rígida que permite el paso de la arena, que cae nuevamente a la playa, mientras que los desechos quedan dentro de la bolsa.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Bolsas plásticas (18 kg)</b>	Detección	NA
	Agrupamiento	NA
	Recolección	NA
	Separación	NA

	Almacenaje	Contenedor de película plástica
	Transporte	NA
<b>Cestas, bandejas y tobos</b>	Detección	NA
	Agrupamiento	NA
	Recolección	NA
	Separación	NA
	Almacenaje	Contenedor rígido de fibra natural o plástico
	Transporte	NA
<b>Carretillas y carruchas</b>	Detección	NA
	Agrupamiento	NA
	Recolección	NA
	Separación	NA
	Almacenaje	Contenedor rígido metálico / NA (esto depende de si es una carretilla o una carrucha)
	Transporte	Ruedas
<b>Manos</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	Manos Con los dedos separados la persona que está realizando la limpieza usa su mano como una especie de rastrillo para agrupar los desechos.
	Recolección	Manos La persona encargada de la limpieza utiliza sus manos para asir los desechos que desea recolectar.
	Separación	Manos La persona encargada de la limpieza puede utilizar sus manos para separar los desechos de la arena que con ellos pudo haber recolectado. Esto puede hacerlo de distintas maneras; haciendo una especie de cesta con la mano (con la palma hacia arriba) y sacudiendo ligeramente la misma; o mientras tiene la arena con desechos en una mano con la otra puede asir nada más los desechos dejando en la primera mano sólo arena.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Rastrillo común</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	Rastrillo

		Gracias a la separación de sus dientes se logra agrupar los desechos sin trasladar cantidades significativas de arena.
	Recolección	Rastrillo El rastrillo, con la parte cóncava hacia arriba, penetra en la arena y al ser levantado, encima del mismo quedan los desechos que se desean recoger.
	Separación	Rastrillo Si mientras se sostiene el rastrillo en la posición que se menciona en la labor de recolección, con los desechos aún encima del mismo, el operario sacude ligeramente el rastrillo haciendo que la arena caiga nuevamente en la playa, mientras que los desechos quedan encima del mismo.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Rastrillo vibratorio</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	Rastrillo Gracias a la separación de sus dientes se logra agrupar los desechos sin trasladar cantidades significativas de arena.
	Recolección	Rastrillo El rastrillo, con la parte cóncava hacia arriba, penetra en la arena y al ser levantado encima del mismo quedan los desechos que se desean recoger.
	Separación	Rastrillo Este tipo de rastrillo posee un motor vibratorio que permite que mientras se sostiene el rastrillo en la posición que se menciona en la labor de recolección, con los desechos aún encima del mismo, el mismo vibre haciendo que la arena caiga nuevamente en la playa mientras que los desechos quedan encima del mismo.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Pinzas a distancia</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Pinza Estas pinzas permiten asir los desechos y

		retirarlos de la playa sin que el operario tenga que agacharse.
	Separación	Pinza Si mientras se tienen asidos los desechos el operario sacude ligeramente la pinza, la arena que fue recogida de manera no intencional, es depositada nuevamente en la playa.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Punzón</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Punzón Los desechos son atravesados por la punta punzo penetrante, cuando el punzón es levantado los desechos quedan sostenidos.
	Separación	Punzón Si mientras los desechos están sostenidos por el punzón el operario sacude ligeramente el mismo, la arena que fue recogida de manera no intencional, es depositada nuevamente en la playa.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Redes tipo pecera / pesca / piscina</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Borde rígido de la red y malla El borde rígido de la red penetra en la arena y al ser arrastrada la arena ingresa al contenedor de malla de la misma.
	Separación	Malla La tela de malla flexible, en forma de bolsa, permite el paso de la arena, que cae nuevamente a la playa, mientras que los desechos quedan dentro de la bolsa.
	Almacenaje	NA
	Transporte	NA
<b>Bolsa de malla</b>	Detección	NA
	Agrupamiento	NA
	Recolección	NA
	Separación	Malla La bolsa está hecha de una tela de malla

		flexible que permite el paso de la arena, que cae nuevamente a la playa, mientras que los desechos quedan dentro de la bolsa.
	Almacenaje	Contenedor de malla
	Transporte	NA
<b>Rastra</b>	Detección	Visión humana El operario observa de manera directa si en la porción de arena circundante hay desechos para recolectar. Sin embargo, este equipo suele operarse por toda la superficie que desea limpiarse aún cuando no se observen desechos con la finalidad de recoger aquellos que están enterrados y no visibles.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Plancha Cuando el borde inferior de la misma penetra en la arena y es halada, dicho borde hace las veces de rampa permitiendo que la arena y los desechos que ésta contenga ingresen a la misma.
	Separación	Malla Las paredes del contenedor de la rastra están hechas de malla rígida que permite el paso de la arena, que cae nuevamente a la playa, mientras que los desechos quedan dentro de la bolsa.
	Almacenaje	Contenedor de malla
	Transporte	NA

**Tabla 8** – Técnica de funcionamiento equipos mecánicos

<b>Equipo</b>	<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
<b>Unicorn Troyer</b>	Detección	Visión Humana. La detección es a través de la visualización del operario. Al ser un equipo autopulsado, el diseño del equipo permite tener un ángulo de visión adecuado para el trabajo.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	El sistema de recolección se realiza mediante una rueda recolectora.
	Separación	Malla-vibradores. La separación se realiza mediante una malla vibratoria
	Almacenaje	Recipiente. Una vez separados los elementos mediante la malla, estos son enviados a una tolva en la parte posterior del equipo.
	Transporte	Ruedas.

		El equipo posee un motor de combustión y además la tolva se encuentra unida al mismo.
<b>Unicorn Musketeer</b>	Detección	Visión humana. La detección es a través de la visualización del operario. Al ser un equipo autopropulsado, el diseño del equipo permite tener un ángulo de visión adecuado para el trabajo.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Rueda recolectora. El sistema de recolección posee una rueda recolectora.
	Separación	Malla-cinta transportadora. Una vez recolectados, los desechos son enviados a una malla transportadora.
	Almacenaje	Recipiente. La malla transportadora envía los desechos a una tolva.
	Transporte	Ruedas. El equipo es autopropulsado. Posee un motor de combustión interna y la tolva de desechos está unida al equipo. La misma se puede retirar.
<b>PFG Delfino</b>	Detección	Visión Humana. La detección se realiza de forma visual. Al ser equipo autopropulsado, el mismo facilita un ángulo de visión que permite realizar el trabajo.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Cangilones. La recolección se realiza mediante una rueda giratoria con cangilones que penetran la arena.
	Separación	Malla. Los desechos se separan de la arena mediante una malla transportadora
	Almacenaje	Recipiente. De la malla vibradora, los desechos son enviados por gravedad a una tolva en la parte posterior del equipo.
	Transporte	Cangilones. El equipo posee un motor de combustión interna que permite la tracción. La tracción se transmite a la rueda giratoria de recolección quien hace función de una rueda para el movimiento.
<b>Beach Tech Sweepy Hydro</b>	Detección	Visión humana. La detección de los desechos es a través de la vista del operador. Al ser una máquina no tripulada pero guiada por un operario, esta le brinda un ángulo visual que permite controlar el trabajo de recolección.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Cangilones.

		La recolección se realiza a través de un sistema de cangilones rotatorios que penetran la arena y transportan los desechos a una malla.
	Separación	Malla. La separación se realiza mediante una malla con diferente luz que permite separar los desechos de la arena.
	Almacenaje	Recipiente. La malla transporta los desechos a una tolva de 0,3 m3 que deja caer los mismos a ésta. La tolva se encuentra unida al equipo y la misma se puede retirar manualmente.
	Transporte	Ruedas. El equipo posee un motor de combustión interna y sistema de tracción.
<b>PFG Barracuda</b>	Detección	Visión humana. El equipo permite al operario tener un ángulo de visión adecuado
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Rueda recolectora. El sistema de recolección consiste en una rueda recolectora que gira a su vez que penetra en la arena.
	Separación	Malla-vibradores. La separación se realiza mediante un malla vibradora
	Almacenaje	Recipiente. La malla vibradora envía los desechos a una tolva colocada en la parte posterior del equipo
	Transporte	Orugas. La tolva está unida al equipo, y el sistema de tracción es mediante un motor de combustión interna y sistema oruga para el desplazamiento.
<b>Beach Tech Marina</b>	Detección	Visión humana. La detección de los desechos es realizada por los operarios desde la cabina de conducción del equipo. La misma posee un parabrisas que permite la visualización del espacio a limpiar.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Ganchos giratorios. El sistema de recolección se realiza a través de ganchos dispuestos en forma circular que, mediante un movimiento rotatorio, envía los desechos a una malla transportadora.
	Separación	Malla-cinta transportadora. El sistema de separación se realiza mediante una malla transportadora que posee una luz que permite la separación de los desechos y la arena.
	Almacenaje	Recipiente.

		La malla transportadora envía los desechos a una tolva que posee una capacidad de 0,5 m3. La tolva está conectada directamente al equipo y para el vaciado de la misma utiliza un sistema hidráulico de elevación y volteo.
	Transporte	Ruedas. El equipo posee un sistema de tracción y motor de combustión propios.
<b>Modelos Cherrington</b>  <b>4600 XL</b> <b>4500</b> <b>800</b> <b>700</b>  <b>Modelos PFG</b>  <b>Manta</b> <b>Orca</b>  <b>Balena</b> <b>Squalo</b>	Detección	Visión Humana. El operario se encarga de visualizar los desechos y el espacio de limpieza.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Espátulas en cadena. El equipo posee una serie de espátulas conectadas en paralelo con una sistema de cadena que giran alrededor de una malla.
	Separación	Malla. El sistema de separación es realizado mediante una malla fija.
	Almacenaje	Recipiente. Las espátulas arrastran los desechos hasta un recipiente colocado en la parte posterior.
	Transporte	Tractor. Un tractor con toma de potencia se encarga de proporcionar el sistema de transporte del equipo.
<b>Modelos Beach Tech</b>  <b>2000</b> <b>2800</b> <b>3000</b>  <b>Modelos Unicorn</b>  <b>Resort Q</b> <b>Resort ST</b> <b>Kangur 1.9</b> <b>Kangur 1.4 B</b> <b>Magnum Evolution</b> <b>Magnum GTM-M</b> <b>Runner Evolution</b> <b>Runner GTM/M</b> <b>Rapid 300</b>	Detección	Visión humana. El operario es el encargado de visualizar los desechos.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Ganchos giratorios. Los equipos poseen una serie de ganchos que giran en la parte delantera y recogen los desechos.
	Separación	Malla-cinta transportadora. El sistema de separación se realiza mediante una malla que separa los desechos de la arena, y a su vez transporta los desechos a un depósito.
	Almacenaje	Recipiente. Una vez separados los desechos de la arena mediante la malla transportadora son enviados a un recipiente en la parte posterior.
	Transporte	Tractor. Los equipos requieren de un tractor con toma de potencia.
<b>PFG Cernia</b> <b>Unicorn Kangur 1.2</b>	Detección	Visión humana.
	Agrupamiento	NA
	Recolección	Pala de sacudida.

		En la parte delantera del equipo se localiza una pala que, mediante sacudidas y penetrando en la arena, recolecta los desechos.
	Separación	Malla vibratoria. Una vez recolectado el desecho, él mismo es separado de la arena mediante un malla vibratoria.
	Almacenaje	Recipiente. A través de las vibraciones de la malla los desechos son enviados a la parte posterior del equipo en donde se encuentra un recipiente.
	Transporte	Tractor. El equipo requiere de un tractor que suministre la potencia necesaria para el transporte del mismo.

Como pudo observarse en las tablas 7 y 8, no todos los equipos permiten realizar la totalidad de las labores del proceso de limpieza; es por esto que frecuentemente se opta por la utilización de varios de estos equipos de manera simultánea.

### Elementos de funcionamiento

**Tabla 9** – Elementos de funcionamiento

<b>Detección</b>	<b>Agrupamiento</b>	<b>Recolección</b>	<b>Separación</b>	<b>Transporte</b>
Vista	Rastrillo	Pinza	<u>Barrera</u>	<u>Movilidad</u>
Rayos x	Pala	Malla	Malla	Ruedas
Sonar	Manos	Punzón	Rastrillo	Orugas
Tacto	Escoba	Pala/plancha	<u>Coadyuvante</u>	Esquís
Detector de metales		Rastrillo	Vibración	Aerodeslizador
Olfato		Imanes	Sacudida	<u>Potencia</u>
		Cangilones		Humana
		Tornillo sin fin		Animales
		Manos		Vehículo externo
				Motor combustión
				Motor eléctrico
				<u>Dirección</u>
				Cuerda
				Manubrio

La tabla 9 contiene todos aquellos elementos de funcionamiento encontrados en los equipos existentes (incluyendo los antecedentes), aquellos mencionados en la tormenta de idea y algunas ideas espontáneas que surgieron durante la compilación de los elementos mencionados. Se han omitido los elementos de almacenaje ya que al analizar los diferentes elementos se observó que en esencia todos eran un simple recipiente.

## **4.2 HIGIENE Y SEGURIDAD**

Luego de entrevistar a diferentes personas encargadas de las labores de limpieza en diferentes playas, y de analizar la manera en que cada uno de los equipos encontrados son utilizados por sus operarios, se determinaron algunas características a tener en cuenta en términos de Higiene, Seguridad y Ergonomía al momento de diseñar el equipo; las mismas son desarrolladas en esta sección.

- **Higiene:** en este contexto, higiene está referida a las acciones que se toman para evitar el desarrollo de enfermedades ocupacionales.
- **Seguridad:** consiste en evitar accidentes.

Es importante acotar que las consideraciones que se presentan en esta sección no son las únicas que se deben tener en cuenta al diseñar un equipo. Dependiendo de las características particulares del mismo es necesario investigar cuáles son las consideraciones específicas que se deben tener en cuenta.

### **4.2.1 Naturaleza del movimiento y manejo de carga**

En el caso de los equipos manuales el operario es quien aporta la energía necesaria para realizar los movimientos pertinentes durante todo el proceso de limpieza.

Algunos de los aspectos desfavorables que puede presentar un equipo es que para poder utilizarlo el operario tenga que agacharse, levantar carga, empujar o halar cargas excesivas, realizar movimientos repetitivos, etc.

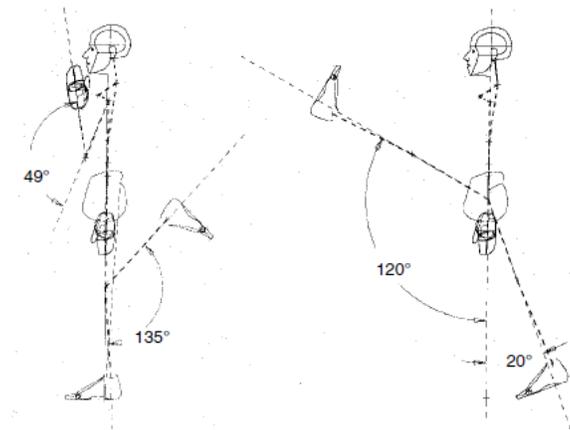
Algunos equipos manuales, como rastrillos y palas, obligan al operario a realizar movimientos repetitivos. De acuerdo a Mondelo (1994), la repetición de movimientos, y bajo condiciones ambientales desfavorables, tales como altas temperaturas, puede fatigar rápidamente a la persona y no cumplir con su objetivo.

El levantamiento, arrastre y empuje de cargas constituye un factor desfavorable para el trabajo de limpieza, debido a que los operarios se ven en la necesidad de reducir el ritmo de trabajo, además de estar expuestos al desarrollo de enfermedades a futuro relacionadas con problemas en articulaciones y columna vertebral.

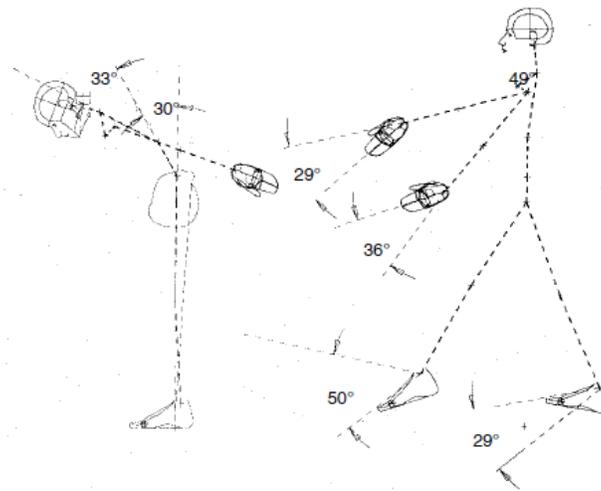
El diseño del equipo está condicionado además por los movimientos permitidos por el operario; es decir, aquellos que hacemos con los brazos, las piernas y otros miembros y que consideramos como básicos.

En biomecánica estos movimientos son: flexión, extensión, abducción, adducción, pronación, supinación, circunducción.

Los movimientos que podemos realizar con las diversas articulaciones tienen unos ángulos límites, fuera de los cuales no se puede llevar ningún miembro, si bien es cierto que también aquí existen diferencias en función de los individuos, podemos caracterizar los ángulos con unos valores de referencia que agrupan a la mayoría de la población, excepción hecha de algunas patologías específicas (Mondelo, 1994). En las figuras 69, 70 y 71, encontramos diversos ángulos límites para una posición de pie.

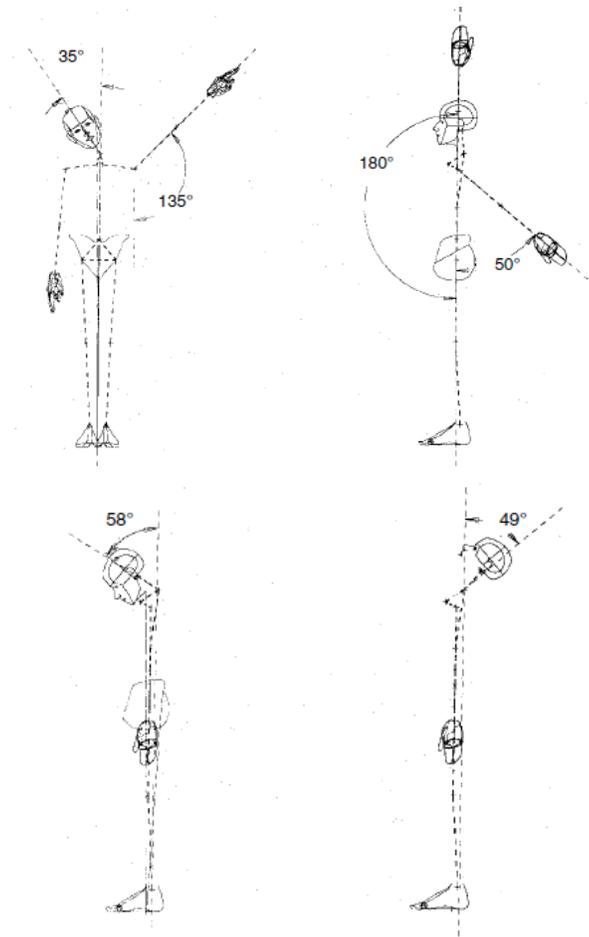


**Figura 69** – Ángulos de movimiento de piernas y brazos (Mondelo, 1994)



**Figura 70** – Ángulo de movimiento de manos, pies y espalda (Mondelo, 1994)

Según Mondelo (1994), la suma de postura, fuerza y repetitividad configurarían el círculo de fatiga de la persona que acaba en el traumatismo repetitivo, provoca insuficiente circulación vascular en las partes blandas, inflamación en los tendones, inflamación de los músculos, ligamentos y tendones, inestabilidad de las articulaciones por las posturas forzadas, lesiones o roturas de las partes blandas.



**Figura 71**– Ángulos de movimiento de cuello y brazos (Mondelo, 1994)

#### **4.2.2 Vibraciones**

Las vibraciones mecánicas pueden ocasionar una serie de dolencias, malestares e incomodidad. Según Mondelo (1994), las vibraciones de baja frecuencia (2 Hz) pueden provocar mareos, las vibraciones medias (2 a 20 Hz), que encontramos en equipos tales como tractores pueden afectar el oído interno, y las de alta frecuencia (20 a 1000 Hz) que encontramos en equipos neumáticos, producen problemas articulares y vasomotores en las extremidades.

### 4.2.3 Temperatura

En relación a la temperatura, según la norma Covenin 2254:1995 “Calor y frío. Máximos permisibles de exposición en lugares de trabajo”, el trabajo de limpieza en la playa está considerado como trabajo moderado y según la tabla 10 el tiempo de exposición a temperaturas mayores de 31,1°C no debe ser mayor a 15 minutos por cada hora, 29,4°C para 30 minutos de trabajo, 28°C para 45 minutos y 26,7°C para una hora continua. La temperatura media en la zona costera según Silva (1999), está alrededor de los 27°C. Esta temperatura corresponde con los valores de temperatura media anual oceánica y además es bastante fluctuante, ya que está íntimamente relacionada a fenómenos geográficos y orográficos, así como a la acción de los vientos.

También hay que tener en cuenta los valores de humedad. “...La humedad atmosférica es factor importante en el concepto moderno de temperatura efectiva: El hombre resiste altas temperaturas siempre que la humedad sea baja, por el contrario el clima se hace molesto cuando la humedad aumenta aunque la temperatura sea uniforme...” (Silva, 1999). En Venezuela, la humedad relativa en las zonas costeras es siempre menos que en el interior del país para la misma estación.

**Tabla 10** - Valores límites permisibles de exposición al calor en °C según TGBH (temperatura de globo y bulbo húmedo)

Régimen de trabajo-descanso	Carga de trabajo		
	Liviano	Moderado	Pesado
Trabajo continuo	30	26,7	25
75 % Trabajo 25% descanso, cada hora	30,6	28	25,9
50 % Trabajo 50% descanso, cada hora	31,4	29.4	27,9
25 % Trabajo 75% descanso, cada hora	32,2	31,1	30

Lo descrito anteriormente nos indica que el trabajo de limpieza debe realizarse en el menor tiempo posible, dadas las condiciones ambientales (tabla 10), y evitar movimientos que impliquen repetitividad y grandes esfuerzos.

#### **4.2.4 Antropometría**

Con anterioridad se trató el tema de la naturaleza del movimiento y el manejo de cargas, sin embargo no se habló de la influencia que pueden tener las medidas de los equipos en estos aspectos.

Al diseñar un equipo es fundamental tener en cuenta las medidas del cuerpo humano, conocidas como medidas antropométricas (de ahí el término antropometría). Si se toman en cuenta estas medidas, se puede garantizar que la persona encargada de la limpieza se encuentre cómoda al momento de operar el equipo.

Un ejemplo de mejora de la antropometría y por tanto de la ergonomía de un equipo es el caso de la rastra de limpieza utilizada en la playa de Marina Grande, Edo. Vargas. Aunque este equipo permite realizar la recolección y separación de los desechos sin que el operario tenga que agacharse, presenta la desventaja de que debe ser halado y arrastrado por la arena y el mismo no presenta ningún elemento que facilite esta acción, además de que el operario debe caminar hacia atrás mientras hala (figura 72 A).

En la figura 72 B se puede observar la forma que tiene el manubrio de la rastra, esta forma es la que se obtuvo luego de realizarse un análisis antropométrico y posterior modificación del mismo. Antes, el dispositivo de agarre era en forma de "T", totalmente recta. Con esta modificación se logra un agarre más cómodo, con lo que se facilita la realización del trabajo de limpieza.



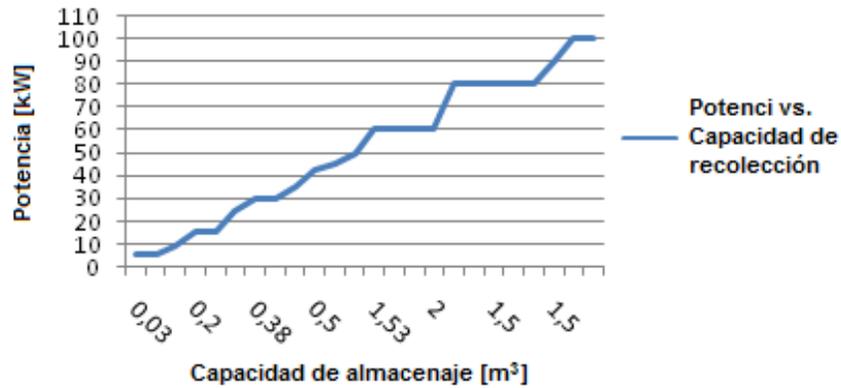
**Figura 72**– Detalles de la rastra de limpieza utilizada en la playa del Balneario Marina Grande, Edo. Vargas A) Dirección del movimiento (flecha roja) B) Manubrio ya modificado

El diseño apropiado de las empuñaduras o sistema de mando evitará a futuro la restricción del flujo sanguíneo, las restricciones del movimiento en los hombros y esfuerzos excesivos (Mondelo, 1994).

#### **4.2.5 Potencia**

A diferencia de los equipos manuales, los mecánicos proveen ciertas condiciones favorables para el desarrollo del trabajo por parte de los operarios, debido a que la potencia aplicada es suministrada por el equipo, que generalmente posee un motor (de combustión interna o eléctrico), o posee un elemento adicional como los tractores agrícolas o motos. Con estos equipos se logra evitar la problemática referente a la naturaleza del movimiento y el manejo de carga.

Al estudiar los valores de potencia de los diferentes equipos mecánicos se determinó que existe una relación directa entre ésta y la capacidad de almacenaje del equipo. A mayor capacidad, mayor la potencia suministrada. Esta relación se puede observar en la figura 73.



**Figura 73** - Potencia Vs. Capacidad de almacenaje de los equipos mecánicos

Los equipos que son tripulados demandan mayor potencia, ya que aparte de realizar las labores de limpieza, deben llevar consigo la carga de la cabina y el operador.

Los equipos mecánicos no tripulados poseen consumos de potencia por debajo de los 0,07 Hp (50 W).

A diferencia de las máquinas, el ser humano es capaz de generar en un trabajo moderado, una potencia de entre 130 y 200 W/m<sup>2</sup> en términos de metabolismo. En la tabla 11 (Según norma ISO 8996:1990) podemos observar, a manera de ejemplo, una diferencia entre trabajo manual y mecánico realizado en la industria agrícola para la fertilización de un campo. En ésta podemos ver que existe una diferencia considerable en cuanto al consumo energético del hombre cuando realiza el mismo trabajo en diferentes condiciones. Además la eficiencia mecánica del hombre no rebasa el 20%.

**Tabla 11** - Trabajo manual Vs. Trabajo mecánico en el campo

Fertilización de un campo	
Trabajo	Metabolismo [W/m <sup>2</sup> ]
Laboreo manual	280
Laboreo con tractor	95

#### 4.2.6 Ruido

Los equipos mecánicos, al generar potencia de mayor magnitud a la desarrollada por un ser humano, producen mayores niveles de ruido. Este ruido, entre otros elementos, puede afectar el sentido auditivo del operario.

La norma Covenin 1565:1995 “Ruido Ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación”, establece los niveles de ruido y tiempo de exposición para el trabajo (tabla 12).

**Tabla 12** - Límites umbrales de exposición para ruido sin la utilización de equipos de protección auditiva

<b>Duración de la exposición</b>	<b>Niveles de ruido</b>
<b>Horas</b>	<b>dBA</b>
8	85
4	88
2	91
1	94
<b>Minutos</b>	
30	97
15	100
7,5	103
3,75	106
1,8	109
0,94	112
<b>Segundos</b>	
28,12	115
14,06	118
7,03	121
3,52	124
1,76	127
0,88	130
0,44	133
0,22	136
0,11	139

Mondelo (1994) indica que, independientemente de estas afecciones, se ha establecido que las exposiciones prolongadas en ambientes ruidosos provocan el debilitamiento de las defensas del organismo frente a diversas dolencias,

sobre todo cuando el sujeto posee predisposición a las mismas, úlceras duodenales, neurosis, etcétera, y según diversos investigadores, pueden presentarse la disminución y pérdida de libido y de la potencia sexual.

La máquina utilizada en Playa Grande, Estado Aragua (Beach Tech Marina), genera un máximo de ruido de 102 dB (figura 74), a este valor corresponde un tiempo de exposición máximo de 1 hora y 31 minutos en una jornada laboral sin protección auditiva.

Los operarios aseguran que el nivel de ruido dentro de la cabina es mucho menor que afuera de ella, sin embargo esta información no pudo ser constatada ya que el día de la visita la máquina estaba inoperativa por fallas técnicas.

La jornada de limpieza de dicha palaya es realizada en 5 horas aproximadamente, con tiempo de descanso variable dependiendo de la carga de trabajo. Suponiendo que de estas 5 horas, 4 sean de trabajo, el nivel máximo de ruido al que pueden estar expuestos los operarios es de 88 dB.

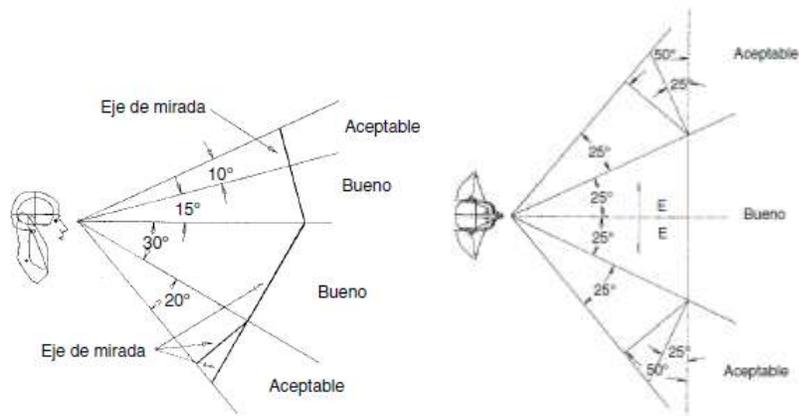
Hay que señalar que con un nivel tan alto de ruido (102 dB), esta maquinaria no debería ser operada en presencia de visitantes y los operarios deben estar dentro de la cabina con las ventanas cerradas.



**Figura 74** - Nivel de ruido producido por la máquina Beach Tech Marina

#### 4.2.7 Visión

Otra consideración a tomar en cuenta es el ángulo de visión del operario, el cual debe ser el adecuado (figura 75) para evitar daños oculares y dolencias a nivel del cuello.



**Figura 75** – Ángulos de visión recomendados (Mondelo, 1994)

#### 4.2.8 Seguridad

Tomando en cuenta el artículo 59 de la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo, LOPCYMAT (2005), el equipo diseñado deberá ser de tal manera que “Adapte los aspectos organizativos y funcionales, y los métodos, sistemas o procedimientos utilizados en la ejecución de las tareas, así como las maquinarias, equipos, herramientas y útiles de trabajo, a las características de los trabajadores y trabajadoras, y cumpla con los requisitos establecidos en las normas de salud, higiene, seguridad y ergonomía”. Para ello, el equipo diseñado debe cumplir con las siguientes características:

- Evitar partes filosas.
- Mantener en resguardo al operario de motores de combustión si es el caso.

- Evitar el desprendimiento de alguna parte en movimiento o parte de los desechos.
- Evitar la manipulación del operador con los desechos recolectados, de ser indispensable, el mismo debe usar guantes de protección.
- No permitir que el operador esté en contacto directo con elementos del equipo, a excepción de los controles o partes de mando.
- Evitar el desprendimiento de alguna parte del equipo.
- Permitir que el operador tenga un campo visual adecuado, y así evitar colisionarse con alguna persona.

### **4.3 Impacto ambiental**

La limpieza de las playas es una actividad que se realiza a nivel mundial. En cada lugar siguiendo diferentes parámetros y con diferentes características: diferentes frecuencias de limpieza, diferentes entes e instituciones encargadas, diferentes tipos de limpieza (de rehabilitación o de mantenimiento), etc. Una de las características más polémicas de las actividades de limpieza de playa es la naturaleza de los equipos con los que se realiza la misma.

Como se dijo con anterioridad, los equipos de limpieza se dividen en 2 grandes grupos (manuales y mecánicos) dependiendo de la fuente de la potencia requerida para su funcionamiento.

Para el cumplimiento de las normas higiénicas que deben tener las playas y para obtener certificación de calidad, se ha optado por la aplicación de métodos de limpieza mecánica en los sistemas litorales, especialmente en Europa y Estados Unidos; sin embargo con el pasar de los años esta práctica se ha ido extendiendo a otras regiones como lo son Latinoamérica y el Caribe, incluyendo Venezuela.

A diferencia de los países de las zonas templadas en donde la frecuencia de visita en las playas es realizada mayormente en la temporada de verano, en Venezuela, gracias a sus agradables temperaturas debido a su ubicación en una zona de baja latitud, las playas son altamente visitadas durante todo el año.

Este tránsito continuo de visitantes genera la necesidad de realizar labores de limpieza frecuentes y efectivas, sin embargo la implementación de este tipo de maquinaria, que no han sido diseñadas ni adaptadas a las condiciones particulares de las playas nacionales, y que además están siendo cuestionadas y reemplazadas en países donde su uso ha sido extenso, no parece ser la solución adecuada para el problema de los desechos sólidos en las playas, ni a nivel nacional ni en otras regiones.

Varios investigadores y autores a nivel mundial han asumido el estudio de los efectos de dicho tipo de equipos como su línea de investigación (ver capítulo III, sección 3.6). Es importante señalar que la mayoría de estos estudios fueron realizados en países donde la limpieza mecánica está realmente extendida, siendo la medida predilecta por las instituciones encargadas de estas actividades.

A continuación se presentan una serie de observaciones, conclusiones y recomendaciones que han planteado estos autores así como también algunas provenientes de otras fuentes.

#### **4.3.1 Modificación del perfil**

La modificación del perfil viene dada principalmente por la compactación de la arena y por el desplazamiento de la misma.

La compactación consiste en el aumento de la densidad de la arena; esto quiere decir, una disminución del volumen ocupado por una cantidad específica (en masa) de material. El desplazamiento, como su nombre lo indica, consiste en mover o trasladar la arena de un lugar a otro.

Las playas arenosas se ven sometidas a este tipo de transformación de manera natural (transporte de arena debido al viento y a los cambios de marea y compactación debido a la lluvia y los cambios de marea, ambas agravadas en caso de ser abatidas por una tormenta) sin embargo las modificaciones naturales forman parte de los ciclos de cambio dinámicos de dichos ecosistemas y por lo general las playas tienen la capacidad de adaptarse a ellos.

Cuando el nivel de compactación de la arena se modifica artificialmente, se evidencian consecuencias negativas tanto en la fauna como a nivel morfológico.

Si se compacta la arena, se dificulta la movilidad de la fauna intersticial, la cual a su vez corre el riesgo de ser aplastada. Mientras mayor sea el tamaño de la especie, mayor será el riesgo de aplastamiento. Naturalmente los cangrejos se refugian en sus madrigueras cuando desean huir de algún peligro, sin embargo para evitar el aplastamiento los mismos excavan cavidades más profundas que en situaciones normales (llegando a profundidades de hasta 1,5 m). Aún cuando logren no ser aplastados, el esfuerzo adicional que suponen estas excavaciones extraordinariamente profundas disminuye su energía disponible para actividades de reproducción y exploración (Lucrezi y Schlacher, 2010).

Adicionalmente, la compactación artificial produce cambios en las condiciones de temperatura y salinidad, así como también se afectan los flujos de agua y

aire. Todos estos cambios son desfavorables para el desarrollo y bienestar de la fauna.

Los equipos mecánicos modifican artificialmente el perfil de la playa, compactando y desplazando la arena; no sólo por las acciones de limpieza que realizan (penetración en la arena para su posterior cribado) sino por su condición de VTT. Los equipos remolcados dependen de VTT para su funcionamiento; inclusive aquellos equipos autopropulsados no tripulados entran en esta categoría (según la definición ISO 3833:1977), ya que aunque los mismos no están diseñados para transportar personas o mercancía, sí realizan servicios especiales y transportan desechos. Es por esta razón que se deben tener en cuenta las consideraciones y recomendaciones que proponen los estudiosos del tema de impacto ambiental de los VTT.

Los principales problemas que se presentan al utilizar este tipo de vehículos en las playas son la compactación y el traslado de la arena (Gibson, 2009). En la figura 76 se puede observar las consecuencias del tránsito de VTT y equipos mecánicos de limpieza.

Gibson (2009) plantea que, desde el punto de vista ecológico los VTT deben ser eliminados de los ecosistemas costeros; sin embargo, debido a otras consideraciones, esto puede no ser posible. En ese caso plantea una serie de recomendaciones a tener en cuenta en las playas donde persista su uso. Entre esas consideraciones sugiere someter las playas a la evaluación de 7 aspectos, planteada por Celliers et al. (2004) para así salvaguardar aquellas playas con condiciones de fragilidad y vulnerabilidad significativas.

Unos de los 7 aspectos de esta evaluación, que de no cumplirse debe provocar la prohibición inmediata del uso de VTT en una playa, es el hecho de que los mismos deben transitar exclusivamente por la zona de vaivén y no por la zona

de arena seca, especialmente no por las dunas. Esto se debe al hecho de que la playa se regenera más fácilmente en esta zona debido a la acción del oleaje.



**Figura 76** – Evidencia de los efectos negativos que pueden tener los equipos mecánicos de limpieza y los VTT en las playas

Esta conclusión parece contradecir las recomendaciones climatológicas y de humedad planteadas por Roig y Munar en 2003, a tener en cuenta al momento de utilizar equipos mecánicos de limpieza, las cuales son:

- **Arena seca:** como mínimo los primeros 7 cm de la capa superior del manto arenoso para evitar la retirada de material sedimentario y la compactación.

- **Baja humedad ambiental:** la humedad relativa debe ser baja.
- **Buen pronóstico del tiempo:** el pronóstico de los 3 días posteriores al día que se realice la limpieza no debe prever lluvia ni vientos fuertes (temporales).

Esta aparente contradicción se debe al hecho de que Celliers et al. evaluaron el impacto de VTT y no específicamente de equipos mecánicos de limpieza, los cuales, a pesar de pertenecer a esta categoría, poseen características adicionales (sistemas de recolección que implican la penetración en la arena y la recolección de la misma así como su posterior paso por un sistema de separación) que hacen que la evaluación de su impacto sea más compleja. Por esta razón se ignorará dicha recomendación de Celliers et al., sin embargo se tomarán en cuenta las 6 restantes.

Roig y Munar (2003) además señalan que, aún cuando la limpieza mecánica se realice en las condiciones más favorables y aunque se utilicen equipos mecánicos de pequeño tamaño, se evidencia modificación del perfil de la playa arenosa.

Hay que señalar que no sólo los equipos mecánicos modifican y provocan desbalance en las playas. Equipos como las cribas manuales (rastras) también provocan desbalances en el perfil de la playa, ya que las mismas llevan arena de un lugar a otro cuando son arrastradas. Esta acción produce desplazamientos de arena que modifican su geomorfología, y a su vez cambia las características naturales del hábitat costero; sin embargo el nivel de impacto de este tipo de equipo es mucho menor al de los equipos mecánicos.

#### **4.3.2 Profundidad de penetración**

Mientras mayor sea la profundidad de penetración de un equipo mayor va a ser el impacto ambiental que el mismo tiene sobre la playa, ya que mientras

más penetre, mayor será la cantidad de arena que desplaza y mayor la cantidad de fauna que perturba.

De acuerdo a la información suministrada por la Prof. Estrella Villamizar, del Instituto de Zoología Tropical de la UCV, la mayoría de la fauna encontrada en la zona de arena seca se encuentra enterrada en la misma al resguardo del sol o para huir de una fuente de perturbación (esta puede ser inclusive una persona caminando), en su mayoría a una profundidad de 15 cm o mayor. Para garantizar una afectación mínima a dicha fauna, la profesora recomienda que los equipos de limpieza no tengan una profundidad de penetración mayor a los 10 cm.

Algunos equipos mecánicos pueden llegar a tener una profundidad de penetración de hasta 45 cm (anexo 1), además algunos equipos manuales también pueden llegar a tener profundidades de penetración perjudiciales, como lo son las palas y los rastrillos; sin embargo estos últimos presentan características favorables, ya que permiten que aun al penetrar demasiado, la arena pase a través de sus dientes (con cualquier organismo de pequeño tamaño que pueda estar enterrada en ella), minimizando la cantidad de arena desplazada y la afectación a la fauna intersticial.

#### **4.3.3 Selectividad**

En la arena de playa podemos encontrar elementos orgánicos que pueden ser considerados, de acuerdo a los criterios del operario como desechos sólidos.

Si bien estos elementos pueden llegar a ser desagradables para los visitantes, muchos son de importancia para mantener la condición de naturalidad de las playas.

La retirada indiscriminada y poco selectiva de los componentes orgánicos de la playa (como algas, palos, etc.) puede llegar a tener gran impacto en la fauna autóctona de la misma. El material orgánico proveniente del mar constituye la principal fuente de alimento para muchas especies, incluso a nivel microscópico.

Independientemente de que el plan de limpieza establecido en una playa contemple o no la recolección de objetos de origen natural (orgánicos o no), gran parte de la responsabilidad de la recolección recae en el operario del equipo de limpieza, ya que éste la controla y decide por dónde pasar; sin embargo al dejar de pasar por una zona determinada se corre el riesgo de dejar de recoger desechos sólidos que sí deben ser retirados de la playa, por esta razón la otra parte de la responsabilidad recae en las características del equipo de limpieza.

Dependiendo de las características de un objeto encontrado en la playa, puede ser difícil distinguir si se trata de un elemento natural o artificial, es por esto que para garantizar una recolección selectiva el equipo de limpieza debe permitir una buena visibilidad del proceso de recolección por parte del operario y de ser posible también del contenedor de almacenaje, esto último permitiría que el operario detecte inmediatamente si un elemento ha sido recolectado por error y pueda devolverlo de manera inmediata al lugar donde se encontraba (la visualización de los objetos recolectados será mejor si se realiza la labor de separación).

Los equipos mecánicos de gran tamaño presentan dificultad a la hora de la visualización ya que el operario se encuentra en una cabina (del mismo equipo en el caso de los autopropulsados tripulados, o en la del vehículo auxiliar en el caso de los remolcados), por lo que la distancia entre sus ojos y la superficie de la arena es considerable. Además de esto, los elementos de recolección y

almacenaje suelen estar ubicados a espaldas del operario, por lo que en el mejor de los casos él mismo sólo puede tratar de evitar pasar por aquellas zonas en donde observa la presencia de elementos naturales que no desea recolectar y luego revisar el contenedor para verificar que no se recogió ningún elemento indeseado por error.

Este tipo de problemas no suele presentarse en los equipos autopropulsados no tripulados.

Adicionalmente a la buena visibilidad, el elemento de recolección debería poder ser activado a voluntad, esto garantiza que el operario pueda transitar por cualquier zona, independientemente del tipo de objetos que se encuentren en ella y realizar la recolección sólo cuando sea necesario.

Los operarios del equipo mecánico de limpieza de Playa Grande, Estado Aragua, afirman que por su gran tamaño, el mismo recoge elementos naturales, como palos, piedras, ramas, hojas, etc. Pero antes de enviar los desechos al basurero municipal al final de la jornada de limpieza, ellos mismos devuelven las rocas que se recolectaron por error nuevamente a la arena (en zonas donde no causarán molestias a los visitantes), en un intento por mantener las condiciones naturales.

Hay otro factor que se debe tener en cuenta en términos de selectividad: el ancho de limpieza, ya que mientras más pequeño el equipo, mayor será su maniobrabilidad y su precisión a la hora de la recolección, disminuyendo la posibilidad de que se recolecte un objeto no deseado.

#### **4.3.4 Zona de acción**

Además de la selectividad, es necesario establecer en qué zonas de la playa actuará el equipo.

La zona de vaivén se descarta ya que la misma se encuentra sometida constantemente a la acción del agua y por lo tanto la arena se encuentra húmeda. En esta zona encontramos desechos, pero la acción de los equipos que utilizan malla se ve limitada al momento de separar la arena. Esto se debe a que el agua aumenta las fuerzas cohesivas de los granos de arena y evita su separación, provocando la colmatación (aglomeración) y cegamiento (acumulación que causa el bloqueo de la luz de la malla) de la misma (Envisolid, 2012). Esta información, referente a la dificultad de operación cuando la arena está húmeda, fue constatada de primera mano por los operarios de la máquina cribadora de Playa Grande.

De igual forma recolectar los desechos en la zona de vaivén representa un impacto en lo referente a la intervención directa con la fauna, ya que en esta zona se encuentra material que constituye alimento para gran cantidad de especímenes.

La zona de arena seca es la que se ve más afectada por los desechos, debido a que la misma es utilizada por los usuarios para la recreación, descanso y otras actividades. Por las razones anteriores el equipo estará limitado a actuar en la zona de arena seca. Cabe acotar que las zonas de dunas no están contempladas dentro de la zona de acción del equipo aun cuando la mismas formen parte de la zona de arena seca de una playa, esto se debe a que estas formaciones, y la vegetación que en ellas se encuentra, son sumamente vulnerables a cualquier acción que se realice en ellas. Inclusive las personas caminando alteran su equilibrio (Roig y Munar, 2004).

#### **4.3.5 Emisión de gases y elementos contaminantes**

Además de los problemas que acarrea el uso de equipos mecánicos de limpieza en la geomorfología de los sistemas costeros, también encontramos

que el uso de sistemas de potencia y tracción (tractores y equipos autopropulsados), utilizan combustibles fósiles como gasolina y diesel, además del uso de lubricantes y que emiten gases producto de la combustión.

Generalmente los residuos de combustibles y lubricantes utilizados son derramados en la playa, ya sea por negligencia de los operarios o por algún desperfecto en el equipo, y esto a su vez provoca focos de contaminación que son perjudiciales para la fauna, flora y las actividades turísticas.

#### **4.3.6 Ruido**

De acuerdo a la legislación venezolana, específicamente el artículo 80 de la Ley Orgánica del Ambiente y el artículo 18 de la Ley de Zonas Costeras; la generación de ruidos emitidos por fuentes fijas o móviles, que sean capaces de afectar las condiciones naturales y que además generen molestias entre los visitantes, queda restringida. En este sentido, un equipo de limpieza debe diseñarse en base a las leyes ambientales existentes, y disminuir lo mayormente posible la generación de ruido.

#### **4.3.7 Selección de equipos mecánicos de referencia**

En ocasiones durante el proceso de diseño, será necesario tomar como punto de partida las especificaciones que presentan los equipos disponibles en el mercado.

En términos de impacto ambiental los investigadores recomiendan prohibir la utilización de equipos mecánicos en la limpieza de playas por ser considerados VTT. Sin embargo, dejando a un lado el aspecto ambiental, varios de estos equipos tienen características que se adaptan a los requerimientos planteados en este trabajo especial, y por tanto sus datos podrían ser utilizados como referencia directa al momento de necesitar valores iniciales o de comparación.

En esta sección se presenta la metodología seguida para determinar estos equipos:

Uno de los aspectos más perjudiciales que presentan los VTT es su peso, es por esto que de manera inmediata se descartó cualquier equipo cuyo peso fuese mayor o igual a 1000 kg (1 tonelada). Con este criterio se eliminaron todos los equipos autopropulsados tripulados.

Algunos equipos remolcados, por sí solos cumplen con la restricción de peso impuesta (con un peso máximo de 635 kg), sin embargo los mismos requieren de tractores para poder operar. Por esta razón se realizó una investigación del tipo de tractor necesario dependiendo de los valores de potencia requeridos. Según datos suministrados por el fabricante de tractores John Deere, los equipos remolcadores tienen un peso mínimo de 1400 kg, con lo que se alcanzan pesos en conjunto de entre 1800 y 5000 kg (tabla 13), por lo cual todos estos equipos fueron descartados.

**Tabla 13** – Equipos mecánicos remolcados con peso menor a 1000 kg

Equipo	Propulsión	Potencia de propulsión mínima [Hp]	Peso del equipo sin carga [kg]	Peso del tractor remolcador [kg]	Peso del conjunto [kg]
<b>Cherrington 800 Beach Cleaner</b>	Remolcado	15	429	1400	1829
<b>Unicorn Kangur 1.2</b>	Remolcado	30	140	1900	2040
<b>Cherrington 700 Beach Cleaner</b>	Remolcado	30	785	1900	2685
<b>Kangur 1.4 B</b>	Remolcado	60	430	2300	2730
<b>Kangur 1.9</b>	Remolcado	80	635	4259	4894

En la tabla 14 se presentan los datos técnicos de los equipos mecánicos que servirán de referencia directa. En dicha tabla sólo se presentan equipos autopropulsados no tripulados, con pesos que van desde los 180 kg hasta los 310 kg. A manera de comparación, el peso de las motos de 4 ruedas va desde los 120 kg hasta 300 kg.

**Tabla 14** – Equipos mecánicos a evaluar (equipos autopropulsados)

<b>Máquinas / Equipos</b>	<b>Propulsión</b>	<b>Potencia de propulsión mínima [Hp]</b>	<b>Ancho de limpieza [mm]</b>	<b>Profundidad de limpieza máxima [mm]</b>	<b>Capacidad de la tolva [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>Rendimiento máximo [m<sup>2</sup>/h]</b>	<b>Principio de funcionamiento</b>
<b>BeachTech Sweepy Hydro</b>	Autopropulsada no tripulada	9,1	1050	100	0,04	ND	4200	Sacudida/cribado
<b>Unicorn Troyer</b>	Autopropulsada no tripulada	5,5	750	100	0,03	215	ND	Sacudida/criba vibratoria
<b>Unicorn Musketeer</b>	Autopropulsada no tripulada	5,5	900	120	0,02	280	1400	Sacudida/criba vibratoria
<b>PFG Delfino</b>	Autopropulsada no tripulada	5,5	750	100	ND	180	2500	Criba vibratoria /cucharas rotatorias
<b>PFG Barracuda</b>	Autopropulsada no tripulada a	6,5	900	100	ND	310	2500	Sacudida/criba vibratoria

Cabe destacar que esto de ninguna manera excluye la posibilidad de utilizar los equipos descartados por peso a manera de inspiración y referencia en cuanto a sus elementos y técnicas de funcionamiento, ni en cualquier otro aspecto que se crea pertinente.

#### **4.4 PRACTICIDAD DE DISEÑO**

##### **4.4.1 Complejidad de diseño**

Según Munari (2011), existen diseños complicados, donde los elementos que lo componen pertenecen a numerosas clases diferentes; y diseños complejos, donde, si el diseño contiene un gran número de elementos, los mismos pueden ser agrupados en pocas clases.

Que un equipo sea complicado o complejo también depende del hecho de que el mismo sea diseñado bajo modelos de una economía de consumo que, aparte de su funcionalidad o valor de uso, le dé un valor estético que facilite su venta en el mercado. También dependen del contexto en el cual se va desenvolver el equipo, ya sea el entorno cultural del mismo, así como la relación que el diseñador establezca con su medio natural, el cual se mide a través del impacto que éste produzca en el medio ambiente.

Además hay que tomar en consideración que las características del diseño del equipo dependen de cuan liberador de trabajo va a representar éste para los operarios.

La complejidad de diseño del equipo de limpieza de playas arenosas depende de la técnica de funcionamiento (método de separación desecho-arena), capacidad de recolección y requerimientos de potencia.

Los equipos existentes, ya sean manuales o mecánicos, utilizan diferentes técnicas de funcionamiento, las cuales están condicionadas por la casa fabricante o por la capacidad de recolección.

Generalmente estos equipos utilizan cernidoras, mallas, rastrillos, punzones, palas, elementos vibratorios, cintas transportadoras, entre otros, los cuales pueden funcionar de manera independiente o combinada.

El equipo se puede desplazar por medio de máquinas de combustión o eléctricos, tractores agrícolas, ser dirigido por sistemas manuales o de control automatizado, poseer neumáticos o tracción a oruga, o simplemente por arrastre y/o empuje humano.

En base a la estructura constituyente del equipo se decidió reducir el número de piezas componentes, y en resumen mejorar la madurez tecnológica del mismo. De esta forma se facilitan las labores de fabricación y mantenimiento.

El diseño del equipo implementa técnicas de funcionamiento que se adaptan a las necesidades reales de las playas y en donde su unidad estructural sea capaz de mejorar las tecnologías presentes. De esta forma reducimos la complicación del diseño y enmarcamos el equipo dentro de planes de mantenimiento preventivo, los cuales son de fácil aplicación para los operarios.

La facilidad de fabricación del equipo de limpieza de playas depende de su complejidad de diseño y la factibilidad de conseguir mano de obra, herramientas y piezas en el país.

#### **4.4.2 Maniobrabilidad y ancho de limpieza**

En las playas existen diversos tipos de obstáculos, naturales y artificiales, que condicionan el diseño de los equipos de limpieza así como la manera de utilizarlos.

Entre los obstáculos naturales se pueden señalar la geomorfología (pendiente del perfil, características de la arena), la presencia de vegetación y otros elementos naturales (rocas, troncos, etc.); mientras que entre los artificiales se tienen la presencia de infraestructura, como locales comerciales, toldos, sillas y depósitos de basura (figura 77).

En Europa se realizan limpiezas integrales de las playas que siguen ciertos estándares de calidad. Para ello el tamaño del equipo depende del tamaño de la playa. Para playas grandes se utilizan tamaños diferentes, los grandes que se encargan de limpiar amplias zonas de arena sin obstáculos, y a su vez, máquinas de menor tamaño (autopropulsadas y manuales) para la zona con obstáculos (figura 78).



**Figura 77** – Presencia de obstáculos naturales y artificiales en las playas: A) Cayo Sal, Estado Falcón B) Playa El Saco, Estado Anzoátegui C) Camurí Chico, Estado Vargas



**Figura 78** – Limpieza entre obstáculos realizada con un equipo mecánico autopulsado no tripulado

Los equipos de limpieza deben ser capaces de acceder a ciertos lugares para que la labor sea más efectiva. Por ejemplo, la máquina de Playa Grande (según la información suministrada) no puede acceder a lugares dentro de la playa como: el espacio entre árboles, cocoteros, toldos y otros obstáculos que se presenten. Debido a esto los encargados de la limpieza se han visto en la necesidad de recurrir a la limpieza manual en estos sectores, y por lo tanto, la eficacia de la máquina se ve limitada.

De esta forma el campo de acción de la máquina es reducido y la inversión hecha para su adquisición se ve cuestionada. Los operarios antes de adquirir este equipo hicieron una prueba con uno de menor tamaño, del cual alegaron tener más facilidad de acceso. Ellos opinaron que utilizando varias máquinas o equipos de menor tamaño, el alcance de la limpieza podría ser mayor.

Otras máquinas como las cribadoras remolcadas presentan dificultad al acceder a dunas con pendientes pronunciadas y debido a esto tienen que adecuar los equipos a las características de la playa.

En el caso de la rastra de limpieza de la playa de Marina Grande, esta fue dimensionada de tal manera que la misma puede acceder al espacio que se encuentra entre los toldos, así como zonas de poco acceso como la que se encuentra alrededor de la vegetación.

Dado que es necesario poseer maniobrabilidad, el ancho de limpieza del equipo se verá limitada por la disposición de los obstáculos dentro de la playa, sin embargo por lo mencionado anteriormente se tomará como valor referencial el ancho de limpieza de la rastra de Marina Grande, de 60 cm.

#### **4.4.3 Mantenimiento**

Para que la limpieza de las playas sea eficiente y eficaz es necesario mantener los equipos en correcto funcionamiento durante el mayor tiempo posible. Esto se logra a través de su correcto mantenimiento, el cual debe ser preventivo y correctivo cuando lo amerite.

De acuerdo a la información suministrada por los fabricantes, los equipos de limpieza mecánicos poseen planes de mantenimiento preventivo, los cuales pueden ser aplicados por los operarios, pero en el caso del mantenimiento correctivo, queda a cargo de la empresa fabricante en el caso de que los operarios no puedan solventarla.

Algunos equipos poseen piezas o partes que dada su complejidad son provistos por la casa fabricante; otros por ser más sencillos pueden ser reparados o sustituidos al momento.

En el caso de Venezuela, las casas fabricantes no poseen stock de repuestos y por esta razón deben ser importados.

Por ejemplo, la máquina de limpieza de Playa Grande es de fabricación alemana y por el hecho de estar en garantía, el mantenimiento correctivo es realizado por técnicos de la empresa o autorizados. Esta situación hace que la máquina esté sin funcionar por largo tiempo, ya que se tienen que realizar trámites, importar los repuestos, esperar la llegada de los técnicos, etc.

A diferencia de esta máquina, la rastra de limpieza utilizada en la Playa de Marina Grande es de fabricación nacional y su mantenimiento es simple en comparación, ya que sus componentes son de fabricación nacional. De acuerdo a los operarios, debido a la pintura anticorrosiva, el mantenimiento se limita al lavado del equipo y a retoque de la pintura. Este mantenimiento es realizado por los mismos operarios.

Puede constatarse que cuando las piezas que componen un equipo están disponibles en el mercado nacional, el mantenimiento del equipo será más sencillo. Si es necesario utilizar piezas de origen foráneo se debe garantizar un stock de repuestos que atienda las necesidades de mantenimiento.

#### **4.4.4 Transporte**

El término portátil está referido a la facilidad de movilidad del equipo; es decir, la facilidad para ser trasladado a playas diferentes.

Los equipos mecánicos remolcados, deben ser trasladados en camiones, remolques o grúas, ya que los mismos, a diferencia de los autopropulsados, no son independientes en su movilidad. Algunos equipos de mediano tamaño pueden ser trasladados en camionetas, las cuales pueden soportar cargas de hasta 700 kg.

La adquisición de equipos mecánicos de limpieza requiere de gran inversión, y la misma debe ser aprovechada. Dado que la limpieza no se efectúa todos los días, se pudiera planificar labores de mantenimiento en otras playas aledañas. También hay que tener en cuenta las facilidades de acceso a las playas, en especial las rurales. Por ejemplo, la máquina que se encuentra en Playa Grande, Estado Aragua, es de uso exclusivo para esta zona, ya que la única carretera de acceso presenta ciertas dificultades y riesgos (pendiente alta, fallas de borde) para movilizar la máquina. Esta máquina, de acuerdo a la información suministrada por los operarios, no es utilizada diariamente y por lo tanto pudiera ser aprovechada por otras playas en el mismo estado como por ejemplo Cuyagua, Cata, Ocumare de la Costa, que también presentan problemas en la recolección de desechos sólidos.

Si se pudiera conseguir o tener la disponibilidad de trasladar la máquina con algún camión o remolque, debe además tomarse en cuenta el tiempo que se

dispone en montar y desmontar el equipo en el medio de transporte, el personal disponible para realizar esta labor y la disponibilidad de equipos de remolque (tractores o motos) en el caso que se requiera.

#### **4.5 DESECHOS A RECOLECTAR POR EL EQUIPO Y CAPACIDAD DE RECOLECCIÓN**

##### **4.5.1 Tipo de desechos a recolectar por el equipo**

Los datos recogidos en las jornadas de limpieza del día mundial de las playas nos indican que los desechos encontrados pertenecen al grupo de las actividades en la orilla y recreativas, las cuales dependen en gran medida de la actividad comercial y turística.

En los informes de FUDENA y del grupo GIDA, los tipos de desechos se expresan en términos de porcentaje, a excepción de los informes de los años 2003 (FUDENA) y 2007 (GIDA).

En la tabla 15 se detallan los 10 desechos más encontrados en dos jornadas de limpieza, una por FUDENA (2003) y otra por el GIDA (2007).

**Tabla 15** - Desechos más encontrados en orden descendente

<b>FUDENA 2003</b>	<b>GIDA 2007</b>
Botellas plásticas para bebidas	Botellas plásticas para bebidas
Tapas de bebidas y otros recipientes	Tapas de bebidas y otros recipientes
Bolsas plásticas	Bolsas de papel o plástico
Botellas de vidrio	Botellas de vidrio
Cigarrillos y colillas	Cigarrillos y colillas
Latas de bebidas	Pestañas, espitas o tapas de latas
Tazas, platos, vasos y cubiertos de plástico	Tazas, platos, tenedores, cuchillos, cucharas
Envolturas de alimentos	Envolturas de envases de alimentos
Ropas y zapatos	Pañales desechables
Juguetes	Popotes, sorbetes, agitadores de plásticos para bebidas

En ambas jornadas hubo desechos que coincidieron en la lista, tales como las botellas de plástico para bebidas, Tapas de bebidas y otros recipientes, botellas de vidrio, platos y cubiertos de plástico, envoltura de envases de alimentos, bolsas de papel y/o plástico y colillas de cigarrillos.

Las características de los desechos con mayor presencia en las playas venezolanas se presentan en la tabla 16.

El equipo de limpieza a diseñar debe poder recoger todos los desechos presentados en la tabla 16 y se limitará a recoger el grupo perteneciente a las actividades en la orilla y recreativas. Adicionalmente, y por considerar como riesgo para la salud del personal de limpieza, el mismo debe permitir la recolección de desechos biomédicos e higiénicos.

**Tabla 16** – Características de los desechos con mayor presencia en las playas venezolanas

<b>Desechos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Composición</b>	<b>Peso y dimensiones</b>	<b>Imagen</b>
<b>Botellas plásticas para bebidas</b>	Las botellas plásticas se encuentran en diferentes presentaciones: 600 ml, 1500ml y 2000 ml	En su mayoría están compuestas por PET. La densidad del PET es de aproximadamente 18 kg/m <sup>3</sup>	Las botellas de plástico para bebidas vienen en presentaciones de 2000 ml y 600 ml	
<b>Tapas de bebidas y otros recipientes</b>	Por lo general no ocupan volumen de consideración, pero constituyen un foco de contaminación.	Polietileno Polipropileno Oxibiodegradables	Las tapas para botellas tienen 18 mm de diámetro y 0,9 mm de altura	
<b>Bolsas plásticas</b>	Las bolsas plásticas	Están compuestas por diferentes materiales: polietileno y polipropileno.	El peso y las dimensiones dependen del tipo de bolsa	
<b>Latas de bebidas</b>	Las latas son comunes encontrarlas aplastadas.	Las latas están compuestas por aluminio. La densidad del aluminio es de 30 kg/m <sup>3</sup>	Una lata común mide 122 mm de largo por 63 de diámetro. Su volumen es de aproximadamente 220 ml	

<p><b>Botellas de vidrio</b></p>	<p>Las botellas de vidrio son un material con tiempo de degradación alto. Las botellas vienen en diferentes presentaciones y por su fragilidad es probable encontrarlas rotas en la playa.</p>	<p>Vidrio. La densidad del vidrio es de 356 kg/m<sup>3</sup>.</p>	<p>Las botellas de vidrio vienen en presentaciones de 220 ml</p>	
<p><b>Cigarrillos y colillas</b></p>	<p>Los cigarrillos son desechos de pequeño tamaño.</p>	<p>Están compuestos por diferentes materiales, tales como alquitrán, fenoles y cresoles.</p>	<p>Un cigarrillo llega a medir 7 cm de largo por 0,8 de diámetro. Una colilla mide aproximadamente unos 1,8 cm de largo.</p>	
<p><b>Tazas, platos, vasos y cubiertos de plástico</b></p>	<p>Vienen en diferentes presentaciones y es posible encontrarlos enteros o rotos.</p>	<p>Están compuestos por materiales tales como el plástico o papel.</p>	<p>Los cubiertos llegan a medir hasta 10 cm de largo, los platos de 15 a 20 cm de diámetro</p>	

#### **4.5.2 Tipo de limpieza y zona de acción del equipo**

En el capítulo anterior se indicó que la limpieza de las playas puede realizarse de dos formas, a manera de rehabilitación, en donde se realiza una actividad de limpieza a fondo utilizando equipos de gran capacidad, y una limpieza preventiva la cual es realizada de acuerdo a planes de mantenimiento y gestión. Estos planes se adoptan tomando en cuenta los estándares de calidad que cada playa acoge y la legislación establecida para ello como la Ley de Zonas Costeras (2001). Dependiendo del tipo de limpieza para la cual es diseñado un equipo, sus características y dimensiones varían.

El equipo a diseñar en este trabajo especial de grado está pensado para ser utilizado en rutinas y planes de limpieza de preventiva o de mantenimiento.

En relación al campo de acción del equipo, el mismo está destinado para la recolección de desechos sólidos en la zona de arena seca, ya que es en esta zona donde se desarrollan la mayoría de las actividades recreativas y de esparcimiento, y por ende es donde localizamos la mayoría de los desechos.

#### **4.5.3 Capacidad de almacenaje**

La capacidad de almacenaje se determinará de acuerdo al tipo de desechos que el mismo debe ser capaz de recolectar, teniendo en cuenta sus dimensiones y a las cantidades de los mismos que se prevé recolectar, teniendo como punto de comparación los valores de capacidad que presentan los equipos estudiados utilizados en los planes de limpieza de mantenimiento.

En la visita realizada a las Playas de Marina Grande y Camurí Chico en el Estado Vargas, constatamos que existe un plan de limpieza preventivo, el cual es aplicado diario y semanalmente. Los equipos utilizados para la limpieza son rastrillos, palas y una rastra. Esta última tiene una capacidad de almacenaje de

0,03 m<sup>3</sup> (30 litros) aproximadamente (figura 79). Este trabajo de limpieza se complementa con el uso de bolsas para recolección de basura.

En Playa Grande, Estado Aragua, en donde al igual que en las otras dos playas también existe un plan de limpieza de mantenimiento, se utiliza un equipo de limpieza mecánico autopropulsado tripulado, que posee una capacidad de recolección de 0,5 m<sup>3</sup> (500 litros) y que, según la experiencia de los operarios, está sobredimensionado para la cantidad y tipo de desechos encontrados (figura 80).



**Figura 79** - Detalles de la rastra de limpieza Balneario Marina Grande



**Figura 80** - Detalle de la tolva de la máquina Beach Tech Marina

En el mercado internacional, los equipos que hacen limpiezas preventivas poseen las siguientes características (tabla 17):

**Tabla 17** - Equipos mecánicos de limpieza preventiva

Máquinas / Equipos	Potencia de propulsión mínima [Hp]	Capacidad de la tolva [m <sup>3</sup> ]
Unicorn Troyer	5,5	0,03
Unicorn Musketeer	5,5	0,02
Beach Tech Sweepy hydro	9,1	0,04

Podemos observar que la capacidad de estos equipos ronda entre los 0,02 m<sup>3</sup> y 0,04 m<sup>3</sup> (entre 20 y 40 litros). Según una de las marcas fabricantes estos equipos son “ideales para la limpieza de calidad y precisión en los lugares más delicados de las playas como en zonas de descanso entre las sombrillas y las hamacas” (Kassborer ,2010).

Partiendo de los valores de capacidad de almacenaje que presentan dichos equipos se determinó el volumen de la tolva de recolección para los desechos. Se estableció que la capacidad debe estar condicionada por los desechos que ocupan mayor volumen y la cantidad de estos que pueden contener diferentes volúmenes de recipientes (0,02, 0,03, 0,04 y 0,05 m<sup>3</sup>).

De los datos de la tabla 18, encontramos que los desechos que ocupan mayor volumen son:

**Tabla 18** – Cálculo del volumen que ocuparía cada tipo de desecho en depósitos de diferentes capacidades

Desecho	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Cantidades por volumen de depósito			
		0,02 [m <sup>3</sup> ]	0,03 [m <sup>3</sup> ]	0,04 [m <sup>3</sup> ]	0,05 [m <sup>3</sup> ]
Botellas plásticas para bebidas (600 ml)	0,0006	33	50	67	83
Botellas plásticas para bebidas (2000 ml)	0,002	10	15	20	25
Botellas de vidrio (220 ml)	0,0002	100	150	200	250
Latas de bebida (220 ml)	0,0002	100	150	200	250

Si bien estos valores están por debajo de los mostrados durante las jornadas de recolección de los informes presentados por FUDENA y GIDA, debemos

recordar que la limpieza que ejecutará el equipo es de carácter preventivo y no de recuperación como en dichas jornadas. Además, en el caso de FUDENA, los datos corresponden a jornadas de recolección a nivel nacional.

Los desechos de menor tamaño tales como colillas de cigarrillo y tapas de bebidas, aunque se encuentran en forma numerosa en las playas, en términos de volumen no representan ningún inconveniente al momento de ser recolectados.

El volumen de la tolva se estableció en  $0,03 \text{ m}^3$ , ya que este es utilizado por equipos de limpieza a nivel nacional e internacional y que además se adapta a las características de las playas.

En la tabla 18 podemos observar que los envases de alimentos, botellas de plástico y vidrio y latas son los que poseen mayor tamaño, por lo que el equipo se dimensionará en función del tamaño de los mismos, de manera que puedan ser recogidos sin dificultad.

El objeto de mayor tamaño es la botella de plástico de presentación de 2000 ml. Ésta mide 13,5" (34,29 cm) de alto por 4" (10,16 cm) de diámetro. El ancho de recolección debe ser mayor o igual al tamaño de 2 botellas de plástico, es decir 68,59 cm.

El objeto más pequeño a recolectar es la colilla de cigarro, la cual tiene una medida de 18x7 mm. Con esta medida se selecciona la luz de la malla durante el proceso de separación de los desechos de la arena.

#### **4.5.4 Rendimiento**

El rendimiento, está referido a la rapidez con que se puede limpiar una playa. El mismo se determina según la superficie de playa que se puede limpiar en una unidad de tiempo establecida.

Domínguez y Belpaeme (2005) presentaron datos referentes a la eficacia de la limpieza manual, estos corresponden al tiempo que requieren dos empleados para limpiar un área de 1000 m por 10 m (un total de 10000 m<sup>2</sup>) utilizando equipos manuales de limpieza (no se especifica el tipo de equipos). Estos tiempos a su vez pueden interpretarse como el que le tomaría a un solo empleado para limpiar un área de 5000 m<sup>2</sup>.

Estos tiempos fueron determinados en dos playas diferentes. Los valores obtenidos fueron:

**Tiempo playa A:** 1h 38min ± 37min

**Tiempo playa B:** 1h ± 19min

Tomando como valores de partida los tiempos más desfavorables para calcular un promedio entre ambas playas se tiene (tabla 19):

**Tabla 19** – Tiempos requeridos por un empleado para limpiar un área de 5000 m<sup>2</sup>, utilizando equipos manuales de limpieza

	Tiempo más desfavorables	Tiempo más desfavorable [min]	Promedio [min]	Promedio [h]
<b>Playa A</b>	2horas 15min	135	107	1,78
<b>Playa B</b>	1hora 19min	79		

Al dividir el área total (5000 m<sup>2</sup>) entre el promedio de tiempo (1,78 h) se tiene que el valor de rendimiento o eficacia es de aproximadamente 2809 m<sup>2</sup>/h.

Al comparar este valor con los valores de rendimiento que presentan los equipos mecánicos de referencia (tabla 14, sección 4.3.7), se observa que el mismo sobrepasa los valores de 3 de los 5 equipos autopropulsados no tripulados, esto es un resultado inesperado ya que el mismo se obtuvo, como se dijo anteriormente, a partir de los tiempos más desfavorables.

Debido a este hecho se tomará como valor inicial para el proceso de diseño, el rendimiento del equipo Unicorn Musketeer, el cual es de 1400 m<sup>2</sup>/h.

## **CAPÍTULO V**

### **ETAPA DE CONVERGENCIA**

#### **5.1 CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO**

En base a la información expuesta en las secciones anteriores, se establecieron los siguientes criterios de diseño:

##### **5.1.1 Impacto Ambiental**

###### **Modificación del perfil**

El equipo no debe poseer elementos de autopropulsión (para no ser considerado como VTT) a menos que ésta sea la única manera de evitar efectos perjudiciales en el operario, en términos ergonómicos.

El peso del equipo debe ser el menor posible, idealmente menor a los presentados por los equipos mecánicos autopropulsados existentes en el mercado (180 – 310 kg).

El elemento penetrante debe permitir el paso de la arena a través de él, esto ayuda a disminuir la cantidad de arena desplazada y la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo.

###### **Profundidad de penetración**

La profundidad de penetración máxima no debe ser mayor de 7 cm.

## **Selectividad**

La labor de recolección debe poder realizarse de manera voluntaria, esto quiere decir que el elemento de recolección pueda activarse y desactivarse a voluntad.

El operario debe tener visión directa del proceso de recolección (del sector de arena inmediato a ser limpiado) y del contenedor de almacenaje.

El operario debe tener acceso en todo momento al contenedor de almacenaje, de tal manera que pueda retirar cualquier objeto que se haya recolectado por error y devolverlo a la playa inmediatamente.

## **Emisiones**

Limitar el uso de combustibles, lubricantes y demás fluidos.

## **Ruido**

Los niveles de ruido emitidos por el equipo no deben perturbar las condiciones naturales ni perturbar a cualquier persona, aparte del operario, que pueda estar presente en la playa durante las labores de limpieza. Las consideraciones respecto a los niveles de ruido y su posible efecto sobre el operario se muestran a continuación en la sección de ergonomía.

### **5.1.2 Ergonomía**

#### **Naturaleza del movimiento y manejo de carga**

Se deben evitar movimientos repetitivos e izamiento de carga por parte del operario.

Si se requiere empuje o halado de carga, el punto de aplicación de la fuerza y la magnitud máxima de dicha carga se determinarán utilizando la calculadora de valores, propuestos por la empresa Liberty Mutual.

La postura del operario debe ser lo más natural posible, para esto se deben tener en cuenta los ángulos extremos del cuerpo humano.

### **Vibraciones**

Se deben evitar vibraciones que perturben al operario.

### **Temperatura**

El operario podrá trabajar de forma continua mientras la temperatura ambiental no sobrepase los 27° C. Si la temperatura sobrepasa este valor se deben determinar los tiempos máximos de trabajo y los tiempos mínimos de descanso que debe seguir el operario.

### **Antropometría**

Se deben tener en cuenta las medidas antropométricas venezolanas y diseñar el equipo acorde a ellas.

### **Potencia**

En caso de utilizar un equipo que suministre la potencia, el mismo no debe ser superior a los 0,07 Hp (50 W).

### **Ruido**

El límite de ruido que podrá emitir el equipo dependerá del tiempo de exposición del operario al mismo. Este tiempo dependerá de la temperatura ambiental y/o de la extensión de terreno que el operario deba limpiar.

Idealmente el equipo será lo suficientemente poco ruidoso como para permitir su operación por largos períodos de tiempo (mínimo media jornada laboral), sin la necesidad de equipos de protección auditiva.

### **Visión**

Se debe asegurar que, al dimensionar el equipo, se tengan en cuenta los ángulos de visión del humano promedio para evitar molestias al operario.

### **Seguridad**

Evitar la presencia de partes filosas.

Resguardar al operario del contacto con motores, elementos rotativos, etc.

### **5.1.3 Practicidad**

#### **Complejidad**

El equipo debe poseer la menor cantidad de piezas posibles y de la menor variedad posible.

#### **Maniobrabilidad**

El equipo debe poder realizar su trabajo entre obstáculos propios de la playa, tales como vegetación, toldos, entre otros. Para esto el tamaño del mismo debe ser el menor posible. El mismo no debe sobrepasar los 105 cm.

#### **Transporte y almacenaje**

El equipo debe tener el peso y tamaño adecuado para permitir su transporte con facilidad de un sitio a otro, ya sea por los mismos operarios, con un remolque o vehículo, o poseer algún elemento que permita su traslado.

De ser posible el equipo debe poseer elementos que faciliten su almacenaje, tales como piezas retráctiles o desmontables o poseer una configuración de dimensiones adecuadas para ser almacenado fácilmente.

### **Mantenimiento**

Para el mantenimiento se deben utilizar piezas y/o partes que sean accesibles en el mercado nacional o que se puedan fabricar en el país.

Utilizar piezas y/o partes que se adapten a las condiciones del ambiente marino costero.

#### **5.1.4 Desechos**

##### **Tipos de desecho**

El equipo debe ser capaz de recolectar todos los desechos descritos en la tabla 16 (sección 4.5.1, capítulo IV) y que los mismos no sean devueltos a la arena de manera accidental durante el proceso.

##### **Capacidad almacenaje**

La capacidad de almacenaje debe ser de mínimo  $0,03 \text{ m}^3$  (30 litros).

##### **Eficacia (Rapidez de recolección)**

El rendimiento del equipo debe ser de mínimo  $1400 \text{ m}^2/\text{h}$ .

#### **5.1.5 Proceso de limpieza**

##### **Multiproceso**

El equipo debe ser capaz de realizar las 4 labores indispensables del proceso de limpieza (recolección, separación, almacenaje y transporte), sin la ayuda de un equipo auxiliar.

## **5.2 EVALUACIÓN DE LOS EQUIPOS EXISTENTES Y DE LAS IDEAS PLANTEADAS**

Una vez determinados los criterios de diseño se prosiguió a evaluar tanto los equipos existentes como las nuevas ideas planteadas, con la finalidad de determinar cuáles de ellas debían ser desarrolladas con más detalles para realizar una mejor predicción de su funcionamiento y posteriormente una evaluación más realista de los criterios.

Para realizar la evaluación preliminar se recurrió a una matriz (tabla 20) para registrar el cumplimiento (o no cumplimiento) de los diferentes criterios por parte de los diferentes equipos. El signo “más” (+) representa cumplimiento, mientras que el signo “menos” (-) el no cumplimiento.

Algunos de los criterios de diseño planteados con anterioridad no podían ser evaluados en esta etapa preliminar, debido a la falta de detalles de los equipos planteados. Los que sí pudieron ser evaluados con tan bajos niveles de detalle fueron:

1. El equipo no debe poseer elementos de autopropulsión (para no ser considerado como VTT) a menos que sea indispensable para evitar efectos perjudiciales en el operario en materia de ergonomía.
2. Se preferirán los equipos que no posean motores (de combustión o eléctricos) para su funcionamiento más allá de su movilidad.
3. Se debe evitar en lo posible la remoción de arena de la playa, así como su traslado y su compactación (modificación del perfil).
4. Se deben evitar movimientos repetitivos, por enviones e izamiento de carga, por parte del operario.
5. La postura del operario debe ser lo más natural posible durante la operación del equipo.

6. El equipo debe ser capaz de recolectar todos los desechos descritos en la tabla 16 (sección 4.5.1, capítulo IV).
7. El equipo debe ser capaz de realizar las 4 labores indispensables del proceso de limpieza (recolección, separación, almacenaje y transporte), sin la ayuda de un equipo auxiliar.

Por la naturaleza de VTT de todos los equipos mecánicos del mercado, los mismos no fueron incluidos en esta matriz.

**Tabla 20** –Matriz de evaluación de los equipos manuales existentes y las ideas planteada

Ideas		Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7
1	Manos	+	+	+	-	-	+	-
2	Redes tipo pecera / pesca / piscina	+	+	+	-	+	+	+
3	Botas pegajosas	+	+	-	-	+	-	-
4	Rodillo pegajoso	+	+	-	+	+	-	-
5	Imán con punzones con ruedas / esquíes / oruga	+	+	+	+	+	-	+
6	Malla bajo la arena	+	+	+	+	+	+	-
7	Aspirado	+	-	-	+	+	-	+
8	Soplado	+	-	-	+	+	-	+
9	Chapaletas de malla	+	+	+	-	-	+	-
10	Guantes de malla	+	+	+	-	-	+	-
11	Pinza a distancia	+	+	+	-	+	-	-
12	Pinza a distancia de malla	+	+	+	-	+	-	-
13	Pala de construcción	+	+	-	-	+	+	-
14	Rastrillo convencional	+	+	+	-	+	+	-
15	Rastrillo vibratorio	+	-	+	-	+	+	-
16	Punzón	+	+	+	-	+	-	-
17	Punzón con resorte	+	+	+	-	+	-	-
18	Rodillo con púas	+	+	+	+	+	-	-
19	Rastra	+	+	+	-	+	+	+
20	Rastra con ruedas / esquíes / orugas	+	+	+	+	+	+	+
21	Tambor de paletas planas	+	+	+	+	+	+	+
22	Tambor de cangilones	+	+	+	+	+	+	+
23	Tornillo sin fin	+	+	+	+	+	+	+

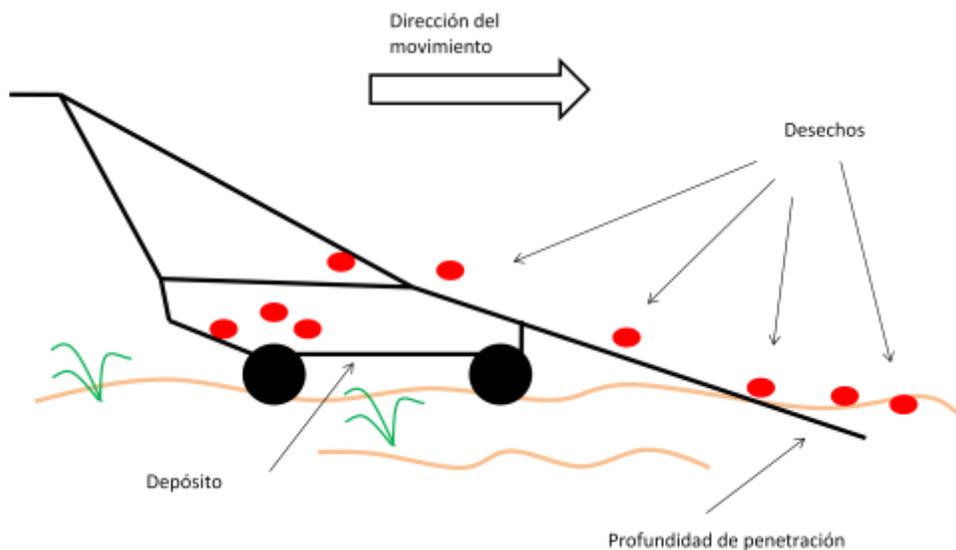
Los equipos que cumplen con todos los criterios fueron desarrollados con más detalles y fueron nuevamente evaluados. De los 23 equipos e ideas evaluadas,

los únicos que cumplieron con todos los criterios (de manera preliminar) fueron:

- Rastra con ruedas/ esquiés / orugas
- Tambor de paletas planas
- Tambor de cangilones
- Tornillo sin fin

### 5.2.1 Rastra con ruedas / Rastra con esquiés / Rastra con orugas

Lo que se busca con la incorporación tanto de ruedas, esquiés y orugas es separar la malla de la rastra (parte inferior del equipo) de la arena, disminuir la resistencia del roce contra la arena (disminuyendo así la fuerza necesaria para su operación), además de evitar la modificación del perfil por traslado de la arena.



**Figura 81** – Sistema de recolección rastra con ruedas y rampa de recolección

A diferencia de las ruedas, los esquiés y las orugas presentan algunas dificultades.

En el caso de los esquíes es necesario aumentar la fuerza necesaria para el arrastre, ya que aumenta la fuerza de fricción entre la arena y éstos. Además los esquíes ocasionan el desplazamiento de arena, por lo que no se tomaron en cuenta para la evaluación.

En el caso de las orugas, aunque este sistema posee un buen desempeño en terrenos arenosos, es complejo en relación a la cantidad de materiales y piezas necesarias y además el mercado nacional carece de éstos para la configuración y tamaño del equipo deseado.

Por las razones planteadas sólo se evaluó el equipo de rastra con ruedas.

Este equipo (figura 81) consiste en una rampa que actúa como sistema de recolección, ya que (teóricamente) la misma al ser empujada hace que los desechos se desplacen sobre ella, hacia arriba. Una vez que los desechos llegan al borde superior de la misma, debido a la gravedad, caerán a un depósito colocado en la parte posterior. El depósito, a diferencia de la rastra de Marina Grande, se encuentra separado del manto arenoso. Gracias a esta separación el mismo cumple la función de separación (mediante cernido) de manera más efectiva, se evita el arrastre de arena y se facilita su desplazamiento.

Además, el equipo poseerá un manubrio que permitirá al operario moverlo sin mayor dificultad.

Una de las dificultades que presentó este equipo fue determinar si efectivamente al ser empujada la rastra los desechos subían por la rampa hasta la entrada del depósito. Para realizar la comprobación se procedió a la construcción de un banco de pruebas para simular dichas condiciones de configuración y movimiento.

### **Banco de pruebas**

El propósito de este banco de pruebas fue verificar si los desechos, a través del movimiento horizontal de la rampa en la arena, eran capaces de desplazarse al punto superior de la rampa y caer posteriormente a un depósito. Sin embargo el mismo también permitió medir la fuerza horizontal necesaria para halar el sistema y vencer la resistencia que ejerce la arena sobre la rampa.



**Figura 82** - Banco de pruebas

El banco de pruebas consistió en un sistema de rieles en el cual se colocó un carro con la rampa, la cual permitía colocarse en diferentes ángulos ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ). La rampa era halada mediante una cuerda y en su parte final se encontraba la balanza que medía la fuerza (figura 82).

El recorrido de la rampa desde su punto de contacto con la arena hasta el final del banco de pruebas fue de 2,53 metros, el ancho de la rampa es de 0,60 metros y la profundidad de penetración 0,07 metros (7 cm).

Se fijó un valor de altura mínima de 9 cm a la que los desechos debían poder subir para posteriormente caer al depósito. Esta altura garantiza una separación mínima entre el fondo del depósito y el manto arenoso de 3 cm y una altura mínima de las paredes del depósito de 6 cm (debe poder albergar una botella de refresco de 2 litros, cuyo radio es de 5,1 cm).

Estas medidas fueron determinadas indirectamente gracias a unas marcas hechas a lo largo de la plancha del banco de prueba (figura 83), las cuales medían el desplazamiento de la arena sobre la plancha. Con estas medidas y utilizando el ángulo de inclinación de la plancha se determinaron las alturas efectivas a las que logró subir la arena.

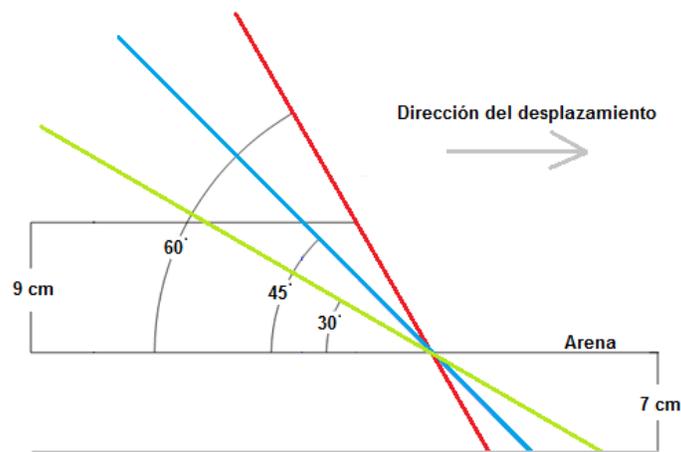


**Figura 83** – Medidas en la plancha del banco de pruebas

### **Metodología**

Se distribuyeron en la arena, antes de cada una de las pruebas, varios tipos de desechos de los mencionados en la Tabla 16 (colillas de cigarrillo, tapas de bebidas, chapas, cubiertos y botellas de bebidas en presentación de 2 litros) tanto superficialmente como enterrados en la arena para estudiar su comportamiento. Se planteó la realización de 3 pruebas (figura 84).

- **Prueba 1:** conjunto de 5 pruebas con plancha a una inclinación de 30°
- **Prueba 2:** conjunto de 5 pruebas con plancha a una inclinación de 45°
- **Prueba 3:** conjunto de 5 pruebas con plancha a una inclinación de 60°



**Figura 84** - Posiciones de la rampa en ángulos de 30°, 45° y 60°. Dirección del movimiento, profundidad de penetración de 7cm y altura efectiva mínima de 9cm

## Resultados

### Prueba 1 (plancha a 30°):

Se observó que todos los desechos son arrastrados por la rampa, incluyendo aquellos que fueron enterrados. Además se observó que a medida que avanzaba la rampa, parte de la arena se desplazó y cayó por los extremos laterales de la misma, haciendo que algunos desechos se salieran del campo de acción.

La arena que no cayó por los laterales logró subir entre 15 y 20 cm respecto a las marcas en la misma, lo cual para la inclinación de 30°, representa una altura efectiva de entre 7,5 y 10 cm; mientras que los desechos visibles se mantuvieron en el rango de los 10 y 15 cm respecto a las marcas de la plancha, lo que representa una altura efectiva de entre 5 y 7,5 cm.



**Figura 85** – Ubicación de los desechos durante la operación del banco de prueba

Se constató que el mayor desplazamiento de la arena sobre la rampa se logró durante el momento de aceleración en el arranque, esto hace pensar que si se realizan movimientos tipo enviones (como los observados durante la operación de la rastra de Marina Grande) se lograría mayor elevación de la arena. Sin embargo este tipo de movimientos están contraindicados en materia de ergonomía.

Se observó además que el movimiento realizado por los desechos en la rampa se debía a que los mismos se trasladaban junto con la arena que subía por la rampa (figura 85).

Para evitar (o reducir lo más posible) la modificación del perfil por traslado de arena, la plancha debería dejar pasar la arena a través de ella (plancha agujereada o tipo rastrillo). Sin embargo por lo planteado anteriormente sobre la dependencia de la acumulación de arena para el movimiento ascendente de los desechos, se puede inferir que si la arena no se acumula (si pasa a través de la rampa), los desechos simplemente serían acumulados y arrastrados delante de la plancha (labor de agrupamiento) en vez de ser recolectados.

La fuerza necesaria para el halado de la rampa fue de  $13 \pm 0,5$  kgf, con la cuerda paralela al riel y el punto de aplicación colocado en el centro de la rampa.

## **Conclusión**

De los resultados obtenidos se puede concluir que si se hubiesen instalado placas verticales a los lados de la plancha (que hicieran las veces de paredes) se hubiese evitado que la arena se desbordara por los bordes laterales de la plancha. Con esto se hubiese logrado una mayor acumulación de arena y la misma hubiese alcanzado mayor altura sobre la plancha.

Sin embargo para evitar la modificación del perfil este tipo acumulación de arena debe ser evitada, pero si la misma no sucede los desechos no lograrían subir hasta la altura necesaria, sino que simplemente sean arrastrados y no recolectados.

Dado que la prueba con 30° no cumplió con las características que debía tener el diseño, se descartó realizar las pruebas con los ángulos de 45° y 60, ya que estas condiciones son aún más desfavorables.

Por estas razones el equipo tipo rastra elevada queda descartado como posible solución.

### **5.2.2 Equipo con tambor de paletas planas /con tambor de cangilones**

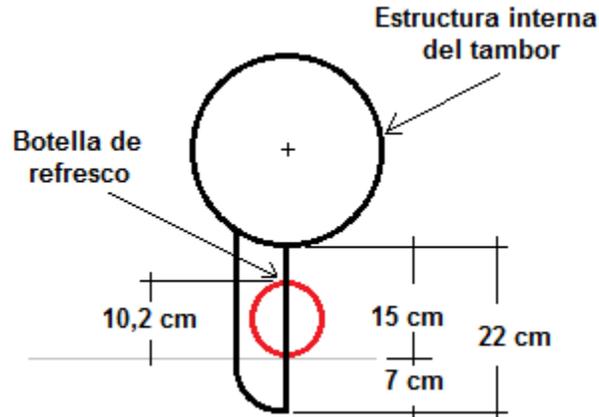
Este equipo de limpieza consiste en un tambor con paletas planas/cangilones distribuidos radialmente en su superficie. La función de estos elementos es la de dragar la arena (y los desechos que se encuentren en ella) a medida que el tambor realiza un movimiento de rotación en un eje y a su vez, el equipo se desplaza horizontalmente para realizar la limpieza.

La potencia para el desplazamiento será suministrada por el operario, quien, mediante un manubrio empujará el equipo. El equipo posee ruedas que facilitan el transporte del mismo. Se plantea el aprovechamiento del movimiento de rotación de dichas ruedas para mover el tambor.

### Largo de las paletas planas/cangilones

De acuerdo con los criterios de diseño, la penetración máxima del cangilón/paleta plana debe ser de 7 cm. Adicionalmente se debe garantizar que cuando el tambor actúe, la estructura interna del mismo no debe aplastar ni forzar la penetración de los desechos en la arena. Para evitar esto se plantea que la distancia mínima entre la estructura interna del tambor y la superficie del manto arenoso debe ser de mínimo 10,2 cm (que es el diámetro de una botella plástica de refresco de 2 litros, el desecho más grande para el cual está diseñado este equipo de recolección). Para permitir cierta holgura y para prever que quizás la botella no se encuentre en una posición totalmente horizontal se planteó que esta separación fuese de mínimo 15 cm (que representa un 47% más que el diámetro de la botella).

Debido a estas condiciones el largo del mismo debe es de 22cm (figura 86).



**Figura 86** – Esquema del largo mínimo del cangilón

### Separación entre paletas/cangilones

La separación entre elementos de recolección (sean paletas o cangilones) corresponde al ángulo existente entre ellos. Este ángulo depende directamente del número de elementos.

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n} \quad (1)$$

Donde:

$\alpha$ : ángulo entre paletas/cangilones

$n$ : número de paletas/cangilones

Idealmente el equipo poseerá un máximo de 4 paletas/cangilones. Esto para que el ángulo de separación sea de mínimo 90°, con lo que se disminuye significativamente el riesgo de que algún desecho quede atrapado entre ellos.

#### **Ancho de las paletas/cangilón**

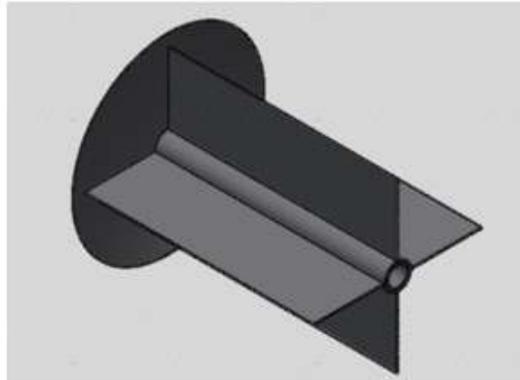
El ancho de los elementos de recolección (paletas o cangilones) será de 60 cm, el mismo ancho establecido en los criterios de diseño del capítulo IV.

Se plantearon 4 configuraciones diferentes para este equipo, dependiendo de la forma del elemento de recolección y de la ubicación del depósito. Estas configuraciones son:

- Paletas planas con depósito interno
- Paletas planas con depósito externo
- Cangilones curvos con depósito interno
- Cangilones curvos con depósito externo

#### **Paletas planas**

En la figura 87 se muestra el esquema de un tambor de paletas planas.



**Figura 87** – Tambor de paletas planas

El funcionamiento de estas paletas es parecido al de la rastra pero su movimiento es rotacional. Por sí solas las mismas, al no poseer profundidad, lo único que hacen es empujar la sección de arena que tiene frente a ella, no logran realizar la recolección.

Para lograr la labor de recolección se planteó el uso de una plancha que contenga la arena que está siendo empujada por la paleta, obligando a la arena y por ende a los desechos que ella contiene, a quedarse en el espacio entre paletas y a rotar hasta su posterior descarga en un depósito (figura 91).

### **Cangilones**

La diferencia entre un cangilón y las paletas planas es que el cangilón tiene profundidad y que por sí solo sirve como elemento de recolección (figura 88).



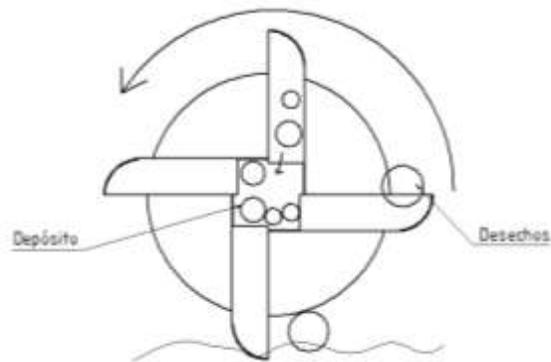
**Figura 88** – Tambor de cangilones

Se planteó la condición de que la profundidad del mismo debía ser de por lo menos 5,1 cm (que corresponde al radio de la botella de refresco), sin embargo para que el cangilón tuviese una sección transversal de fácil construcción (un cuarto de circunferencia unido a un rectángulo) se decidió utilizar como profundidad el mismo valor de la profundidad máxima, 7cm.

Tanto las paletas como los cangilones pueden trabajar con diferentes ubicaciones del depósito, la cual puede ser interna o externa.

### **Depósito interno**

El depósito interno se encontrará ubicado dentro del tambor. Los elementos de recolección recogen los desechos y éstos llegan al depósito por medio de un agujero ubicado en la parte superior del tambor (figura 89). La entrada de los desechos al depósito se produce gracias a la gravedad.



**Figura 89** – Esquema del funcionamiento de un tambor con depósito interno

Es necesario que este depósito mantenga una posición vertical en todo momento, esto quiere decir que mientras el tambor rota el depósito no lo hace, esto para evitar la descarga de desechos de vuelta al manto arenoso.

Para evitar el movimiento de rotación en relación al tambor de cangilones se plantearon dos soluciones, una mediante un sistema de transmisión planetaria y otra mediante un elemento fijo que permita la inmovilización del depósito respecto a las ruedas.

Un sistema de transmisión planetaria (figura 90) consiste en que una de las ruedas del sistema de engranaje gira respecto a otra rueda. Estos sistemas están compuestos de un engrane solar, un brazo, un (o más) engrane planetario y una corona (Shigley, 2006).



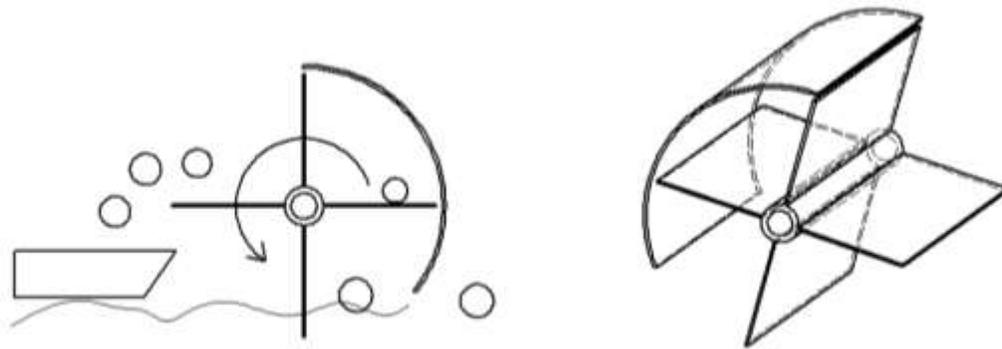
**Figura 90** – Sistema de transmisión planetaria

### Depósito externo

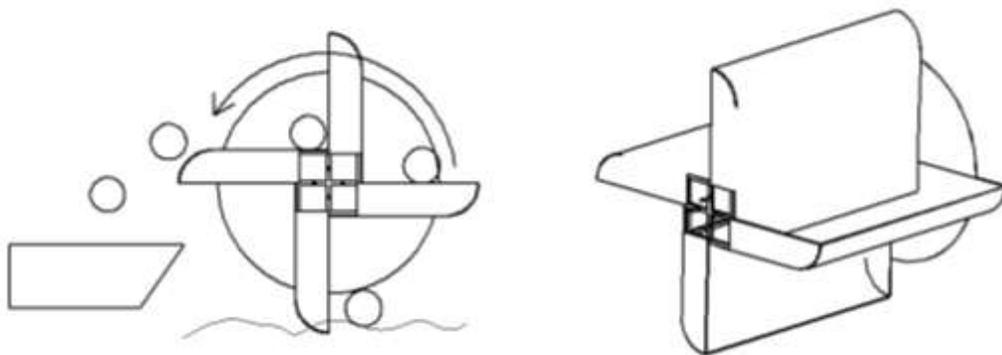
El depósito externo se encuentra ubicado adyacente al tambor, a una altura que permita la descarga completa de todos los desechos en él; además el mismo debe tener cierta separación del manto arenoso.

El depósito externo consiste en un recipiente cuya forma dependerá del resto de la configuración del equipo.

En las figuras 91 y 92 se presentan esquemas de ubicación y de la manera de descarga dependiendo de si el tambor es de paletas planas o de cangilones.



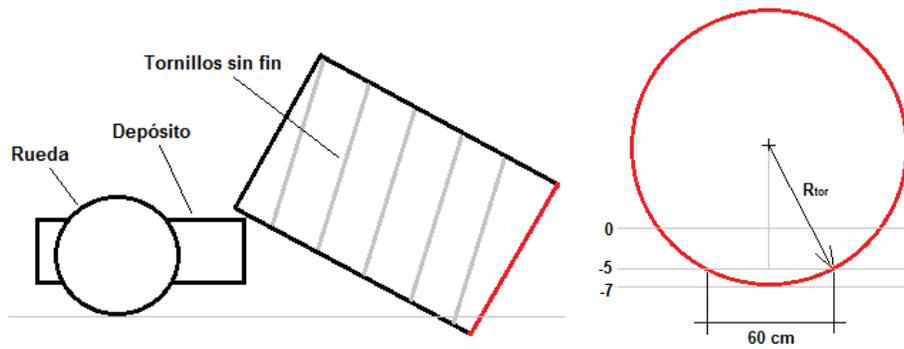
**Figura 91** – Ubicación del depósito externo y esquema de descarga para un tambor de paletas planas



**Figura 92** – Ubicación del depósito externo y esquema de descarga para un tambor de cangilones

## Tornillo sin fin

En la figura 93 se presenta el esquema del sistema de recolección mediante un tornillo sin fin:



**Figura 93** – Sistema de recolección mediante tornillo sin fin

El diámetro que debe tener el tambor que aloja el tornillo sin fin ( $D_{tor}$ ) para garantizar una limpieza mínima de 60 cm de ancho y 5 cm de profundidad, este diámetro viene dado por:

$$R_{tor}^2 = (R_{tor} - 2)^2 + \left(\frac{60}{2}\right)^2 \quad (2)$$

$$R_{tor} = \frac{4 + 30^2}{4} = 226 [cm] = 2,26 [m] \quad (3)$$

$$D_{tor} = 2R_{tor} = 2(2,26) = 4,52 [m] \quad (4)$$

Como puede verse, el diámetro mínimo que debe tener el tornillo es de 4,52 metros, este valor es inaceptable ya que el equipo tendría un tamaño demasiado grande. Por esta razón se descartó esta solución.

## 5.3 ELECCIÓN IDEA FINAL

Al desarrollar estos equipos con un poco más de detalle se evidenciaron varios inconvenientes que permitieron descartar, sin mayor evaluación, los equipos

tipo rastra y los equipos con tornillo sin fin, lo que dejó como posible solución sólo los equipos con tambor de recolección.

Para determinar cuál de las 4 versiones planteadas (desarrolladas ya con un nivel de detalle mayor) se tomaría como solución, se procedió a evaluarlas mediante una matriz de ponderación.

Los criterios de evaluación utilizados están relacionados con su factibilidad de construcción, su efectividad de funcionamiento y su capacidad para cumplir con los objetivos planteados, pero en especial, con el impacto ambiental.

Estos criterios son:

### **Impacto ambiental**

- Visualización de la recolección
- Visualización de contenedor
- Acceso al contenedor

Estas características permiten que el equipo cumpla con la condición de selectividad que debe tener el equipo en relación a la recolección de los desechos. En este caso el operario debe tener control del proceso que realiza, ya sea seleccionando lo que desea recoger, así como tener la capacidad de extraer lo que él considere.

### **Practicidad**

- Fabricación
- Menor tamaño posible
- Disponibilidad de piezas

De los equipos seleccionados para evaluar, se debe tener conocimiento de los procesos de fabricación involucrados, los cuales están definidos por su

geometría y tamaño. Además, conocidos los mecanismos a utilizar, se puede saber la disponibilidad de piezas en el mercado nacional.

### **Multiproceso**

- Recolección
- Separación
- Almacenaje
- Transporte

En este punto se evaluó qué tan eficaz y eficiente son los procesos realizados por los equipos desde un punto de vista cualitativo y cuantitativo.

### **Evaluación de equipos**

El puntaje se estableció en: -1, 0, 1. Estos puntos fueron multiplicados por una ponderación que se estableció para cada criterio de acuerdo con su relevancia. A mayor puntuación mejor se adapta el equipo a los criterios (tabla 21).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la evaluación, el equipo que mejor se adapta a los criterios de diseño es el tambor de **cangilones con depósito externo**.

El diseño de este equipo conllevó el desarrollo de los siguientes puntos:

1. Configuración general del equipo
2. Diseño del tambor de cangilones
3. Diseño de la estructura
4. Diseño del sistema de transmisión
5. Diseño del sistema de desactivación del tambor de cangilones
6. Diseño del depósito
7. Análisis de las condiciones de marcha

**Tabla 21** – Matriz de ponderación para los equipos planteados

Criterios de evaluación		Ponderación (%)	Paletas planas con depósito interno		Paletas planas con depósito externo		Cangilones con depósito interno		Cangilones con depósito externo	
			Puntaje	P. Pond.	Puntaje	P. Pond.	Puntaje	P. Pond.	Puntaje	P. Pond.
<b>Impacto ambiental</b>	Visualización de la recolección	15	0	0	0	0	0	0	0	0
	Visualización del contenedor	5	-1	-0.05	1	0.05	-1	-0.05	1	0.05
	Acceso al contenedor	5	0	0	1	0.05	0	0	1	0.05
<b>Practicidad</b>	Fabricación	10	0	0	1	0.10	0	0	1	0.10
	Menor tamaño posible	15	0	0	0	0	0	0	0	0
	Disponibilidad de piezas	15	1	0.15	1	0.15	1	0.15	1	0.15
<b>Multiproceso</b>	Recolección	15	0	0	0	0	1	0.15	1	0.15
	Separación	10	0	0	0	0	1	0.10	1	0.10
	Almacenaje	5	0	0	1	0.05	0	0	1	0.05
	Transporte	5	0	0	0	0	1	0.05	1	0.05
		<b>100</b>		<b>0.10</b>		<b>0.40</b>		<b>0.40</b>		<b>0.70</b>

## **5.4 DESARROLLO IDEA FINAL**

Como se describió en el capítulo II, la etapa de convergencia contempla procesos iterativos entre el planteamiento de un diseño y su evaluación y/o simulación.

En el caso de este trabajo especial de grado fue necesario realizar 1 iteración para llegar a la solución final.

Inicialmente el equipo fue diseñado para operar de forma manual, pero durante su evaluación, específicamente en el análisis de condiciones de marcha (los detalles de este análisis se presentan más adelante en este capítulo) se determinó que la fuerza de empuje necesaria para lograr el funcionamiento del mismo sobrepasaba los límites permisibles de manejo de carga en empuje, por lo que se determinó que el equipo debía ser autopropulsado.

Debido a esto el equipo debió ser rediseñado y reevaluado.

A continuación se presentan los detalles de diseño del equipo manual evaluado inicialmente y los detalles de diseño del equipo autopropulsado final.

### **5.4.1 Teoría de esfuerzos y análisis de fallas**

En un sentido amplio, se considera que un material sometido a un sistema de cargas ha fallado cuando se hace inservible a los efectos de la función para la cual está destinado.

Existen diferentes tipos de falla: falla por deformación plástica o falla por fluencia; falla por fractura, falla por deformación plástica excesiva y falla por inestabilidad.

En este trabajo se analizaron las fallas por fluencia.

Un material ha fallado por fluencia cuando la deformación plástica en algún punto es superior a un cierto límite, normalmente convenido en 0,002. Este tipo de falla se asocia generalmente con esfuerzos tangenciales y ocurre como consecuencia del deslizamiento de planos de átomos, sin que se modifique la continuidad en la estructura material.

Las teorías de falla consisten en definir un parámetro crítico y establecer que cuando ese parámetro alcanza un determinado valor de referencia, se produce la falla. El valor de referencia es el valor del parámetro crítico, calculado en base al estado de esfuerzos existentes en el ensayo de tracción, para una situación específica.

### **Teoría del esfuerzo cortante máximo**

Esta teoría fue propuesta por el francés H. Tresca en el año 1864 y comprobada experimentalmente por el inglés J. Guest en el año 1900, por lo que se conoce como la teoría de Tresca – Guest.

Esta teoría establece que un material sometido a un estado general de esfuerzos fallará por fluencia cuando el esfuerzo de corte máximo alcance un valor determinado. Este valor corresponde al esfuerzo de corte máximo cuando en el ensayo de tracción se alcanza la fluencia.

Entonces, para un estado de esfuerzos general se sabe que:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_{III} - \sigma_I}{2} \quad (5)$$

Del diagrama de Mohr para un ensayo de tracción, se tiene que:

$$\sigma_{III} = \sigma_f \quad (6)$$

$$\sigma_{II} = \sigma_I = 0 \quad (7)$$

Luego en el momento en que se alcanza la fluencia, el esfuerzo de corte máximo es:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma_f}{2} \quad (8)$$

Para que el material no falle por fluencia debe cumplirse que:

$$\tau_{m\acute{a}x} < \frac{\sigma_f}{2} \quad (9)$$

Esta teoría se aplica en la predicción de fallas por fluencia en materiales como el acero y el aluminio, entre otros. Los resultados que se obtienen discrepan de la realidad en un 15% aproximadamente, pero del lado conservador.

### **Teoría del esfuerzo cortante octaedral**

Esta teoría fue propuesta por el polaco M. Hueber y desarrollada por el alemán R. von Mises en 1913, por lo que se conoce frecuentemente como la teoría Hueber-von Mises.

Esta teoría se utiliza también para predecir fallas por fluencia y es más precisa que la teoría del esfuerzo cortante máximo, debido quizás, a que en ella se consideran los tres esfuerzos principales.

En la teoría de Hueber – von Mises se establece que la falla por fluencia se produce cuando el esfuerzo cortante octaedral alcanza un determinado valor. Este valor es el correspondiente al esfuerzo cortante octaedral medido al momento de producirse la fluencia en el ensayo de tracción.

Para el ensayo de tracción el esfuerzo de corte octaedral ( $\tau_{oct}$ ) viene dado por:

$$\tau_{oct} = \frac{1}{3} \sqrt{((\sigma_f - 0)^2 + (\sigma_f - 0)^2 + (0 - 0)^2)} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sigma_f \quad (10)$$

## Factor de seguridad

En el estudio de las diversas teorías de falla anteriores se utiliza el límite de fluencia ( $\sigma_f$ ), como valor limitante de la resistencia del material. Sin embargo en el cálculo de elementos mecánicos o estructurales se utiliza un valor de esfuerzo inferior, es el llamado esfuerzo admisible ( $\sigma_{adm}$ ), dado que las fuerzas que actúan raramente pueden ser determinadas y lo que se obtiene es una aproximación.

Por razones imprevisibles, un elemento mecánico puede, en ocasiones, estar sometido a eventuales sobrecargas. Los valores en un ensayo de tracción no son 100% confiables, pues, si se hacen varios ensayos con probetas de un mismo material, lo normal será que obtengamos diferentes valores y que estos muestren una dispersión. Adicionalmente, y aún cuando se puedan tener valores promedios para las propiedades mecánicas de un material, es evidente que en la realidad el material no es homogéneo.

El esfuerzo admisible, se define como:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{falla}}{\psi} \quad (11)$$

Donde  $\sigma_{falla}$  es el límite de fluencia  $\sigma_f$ . El factor  $\psi$  es el llamado factor de seguridad y depende, además, de una estimación de los factores discutidos anteriormente y de las consecuencias que pudiera tener una posible falla. Cuando ésta puede generar la pérdida de vidas humanas, generalmente existe una legislación oficial a la cual se debe atender.

**Tabla 22** – Valores del factor de seguridad recomendados para diferentes escenarios (Faires, 1995)

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 – 4	1.5 - 2	5 – 6	7

Las siguientes recomendaciones NO se deben adoptar si se hace análisis por fatiga

Repetida en una dirección, gradual (choque suave)	6	3	7 – 8	10
Repetida invertida, gradual (choque medio)	8	4	10 – 12	15
Choque fuerte	10 – 15	5 – 7	15 – 20	20

\* Resistencia máxima se refiere a  $S_u$ ,  $S_{uc}$  o  $S_{uz}$  (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

\*\* Resistencia de fluencia se refiere a  $S_y$ ,  $S_{yc}$  o  $S_{yz}$  (dependiendo de si el esfuerzo es de tracción, de compresión o cortante)

Faires (1995), presenta una tabla con valores que se deben tomar como factor de seguridad ( $\psi$ ) dependiendo de la situación, los cuales dependen esencialmente del tipo de material y del criterio de falla, pero no de las incertidumbres e importancia del elemento a diseñar (tabla 22).

Para el diseño de las partes del equipo se delimitó al cálculo de estos mediante las teorías de esfuerzo cortante máximo y teoría de corte octaedral (mediante el método de elementos finitos) y sometidos a cargas estáticas. Para el caso de elementos sometidos a cargas variables, en las últimas tres filas de la tabla 22, se presentan valores de  $\psi$  mínimos para el diseño en estas condiciones.

### Elementos sometidos a esfuerzo cortante simple

Para el cálculo de esfuerzos sobre pernos, se utilizó el análisis de esfuerzo cortante simple.

En el caso en que los pernos estén sometidos a esfuerzos cortantes producto de un momento torsor, se utilizó la ecuación:

$$M_t - N V r_a = 0 \quad (12)$$

$$V = \frac{M_t}{N r_a} \quad (13)$$

Donde:

**M<sub>t</sub>**: Momento torsor

**V**: Fuerza aplicada sobre el perno

**N**: Número de pernos o elementos mecánicos

**r<sub>a</sub>**: Distancia desde el centro del perno o elemento mecánico

Para verificar la falla del elemento se utilizó la teoría de esfuerzo cortante máximo (14):

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} \quad (14)$$

$$\frac{V}{A_t} \leq \frac{S_y}{2\psi} \quad (15)$$

Donde:

**N**: Número de pernos

**D<sub>per</sub>**: Diámetro del perno

**A<sub>t</sub>**: Área de sección transversal del perno o elemento mecánico

**S<sub>y</sub>**: Límite de fluencia del material

### **Cálculo de árboles y ejes**

Un árbol es un elemento alargado de sección circular y diámetro variable que tiene como función transmitir movimiento y potencia (Mott, 2004).

Para el cálculo del diámetro de los ejes se utilizó la teoría del esfuerzo cortante máximo.

$$D_{eje} = \sqrt[3]{\frac{32\psi}{\pi S_y} \sqrt{M_t^2 + M_F^2}} \quad (16)$$

Donde:

**D<sub>eje</sub>**: Diámetro del eje

**Ψ**: Factor de seguridad

**S<sub>y</sub>**: Límite de fluencia del material

**M<sub>t</sub>**: Momento torsor máximo en el eje

**M<sub>F</sub>**: Momento flector máximo en el eje

### **Análisis de esfuerzos a través del método de elementos finitos y software**

El método de análisis de esfuerzos por elementos finitos consiste en la solución de un método numérico para la aproximación de ecuaciones diferenciales parciales.

El método consiste en separar los sistemas en componentes individuales, o elementos cuyo comportamiento pueda conocerse sin dificultad, y reconstruir el sistema original para estudiarlo a partir de dichos componentes.

En muchos casos se obtiene un modelo adecuado utilizando un número finito de componentes bien definidos, lo que se llama problema discreto, pero que a través del uso de la computadora, puede resolverse generalmente sin dificultad, aún cuando el número de elementos sea muy elevado.

En este trabajo se utilizó el software Autodesk Inventor 2013 para analizar ciertos elementos del equipo diseñado. Este software usa como base la teoría

de esfuerzo de corte octedral o de Von Mises, aplicada en condiciones de carga estática.

Los resultados se expresan mediante valores numéricos y gráficas con código de colores. Los colores que aparecen en las gráficas corresponden a los rangos de valores mostrados en la leyenda de color. Normalmente, las áreas de interés (más afectadas) se muestran en colores cálidos como el rojo, naranja y amarillo. Estos colores representan áreas de alta tensión, alta deformación o con un bajo factor de seguridad, dependiendo de la gráfica. En este trabajo sólo se muestran las gráficas de esfuerzos.

Para el análisis de las piezas o conjuntos mediante el software, se utilizó como base el acero AISI 1020, cuyas propiedades mecánicas se presentan en la tabla 23:

**Tabla 23** – Propiedades mecánicas del acero AISI 1020

N° UNS	N° SAE (AISI)	Resistencia última $S_{ut}$		Resistencia de fluencia $S_y$		Elongación en 2"	Reducción de área	Dureza Brinell
		MPa	kpsi	Mpa	kpsi	%	%	
G10200	1020	380	55	210	30	25	50	11

#### 5.4.2 Configuración general del equipo

La configuración del equipo corresponde a la disposición de cada una de sus partes. Estas deben estar dispuestas de forma tal que las mismas no interrumpan el funcionamiento de otras y que el conjunto funcione como un sistema.

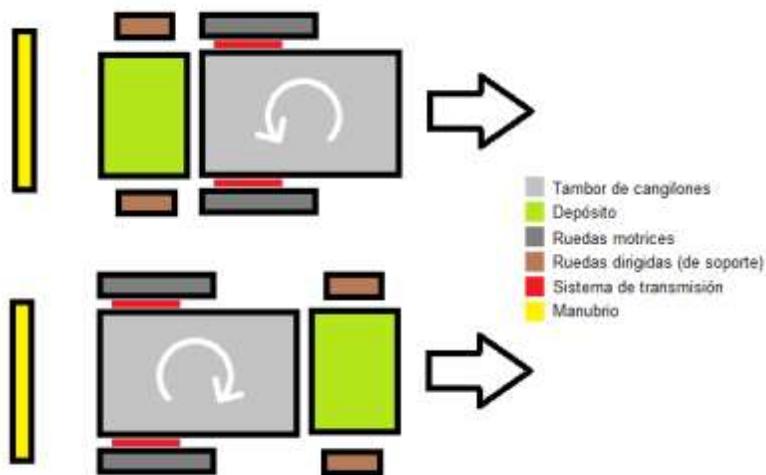
Los elementos tomados en cuenta para determinar la configuración general del equipo fueron los siguientes:

- Sistema de recolección (tambor de cangilones)
- Sistema de transporte (ruedas motrices y ruedas de soporte)
- Sistema de transmisión

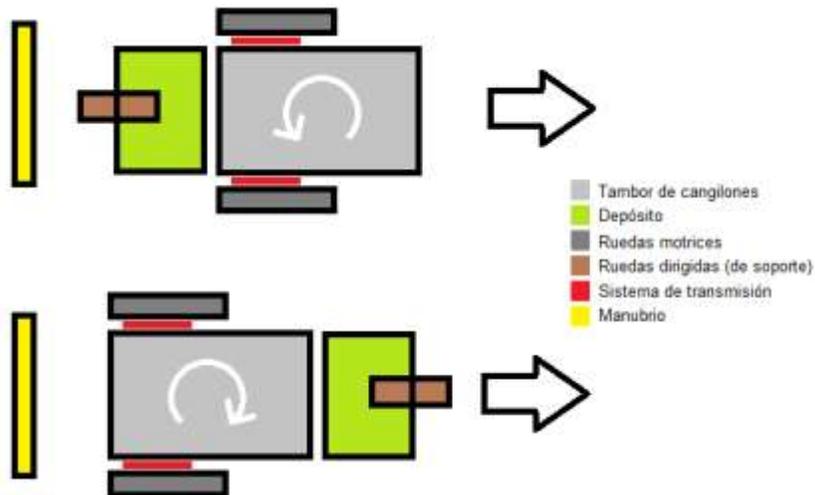
- Sistema de recolección (depósito)
- Sistema de dirección (manubrio)

La disposición de cada elemento se hizo a través de sus vistas en plano, lo cual permitió tener una percepción del todo el conjunto. Estos esquemas no poseen detalles ni dimensiones, los elementos se presentan como bloques.

Se establecieron dos configuraciones generales:



**Figura 94** – Configuración 1 (equipo de 4 ruedas) en sus 2 versiones.



**Figura 95** – Configuración 2 (equipo de 3 ruedas) en sus 2 versiones.

La diferencia entre las dos configuraciones mostradas es la ubicación (y cantidad) de las ruedas de apoyo así como la ubicación del depósito.

En la primera configuración (figura 94) se plantea un equipo de 4 ruedas, 2 motrices y 2 de apoyo. En la segunda configuración (Figura 95) se plantea un equipo de 3 ruedas, 2 motrices y 1 de soporte. Con esto se busca disminuir el número de piezas del equipo.

De estas configuraciones se plantean 2 versiones, una con el depósito en la parte trasera del equipo (con el tambor de cangilones girando hacia adelante, respecto al sentido del desplazamiento) y otra con el depósito en la parte delantera (con el tambor de cangilones girando hacia atrás, respecto al sentido del desplazamiento).

El proceso de separación será realizado por el mismo sistema de recolección, cuyos cangilones cumplirán la función de cribado debido a que estos están fabricados de láminas perforadas.

Las ruedas motrices son las que aportarán la potencia necesaria al tambor de cangilones para que éste realice su proceso. Para que esto pueda suceder debe haber un sistema que conecte las ruedas motrices con el tambor de cangilones. La naturaleza de este sistema de transmisión dependerá del sentido de giro del tambor de cangilones.

El manubrio del equipo está ubicado en la parte posterior en ambas configuraciones. El operario realizará el empuje del equipo y controlará su dirección mediante este elemento. Se eligió esta ubicación para el manubrio y no su ubicación en la parte delantera para garantizar una buena visualización del proceso de recolección.

Luego de evaluar los pros y los contras de cada una de las 2 configuraciones se decidió trabajar con la configuración de 4 ruedas, porque tener una sola rueda de soporte implicaría:

- Que el equipo fuese más largo que el de 4 ruedas, lo que comprometería su dirigibilidad.
- El diseño de un depósito que permitiera la incrustación de la rueda en el mismo, lo que disminuiría la capacidad del mismo y dificultaría su fabricación.

#### **5.4.3 Diseño del tambor de cangilones**

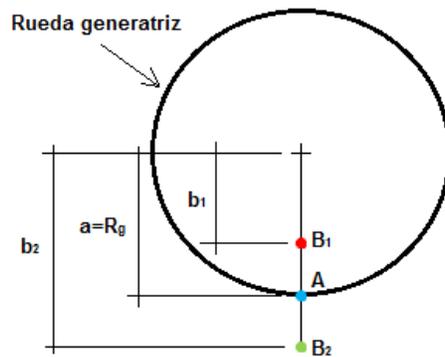
##### **Sentido de giro y número de cangilones**

El sentido de giro del tambor de cangilones puede ser:

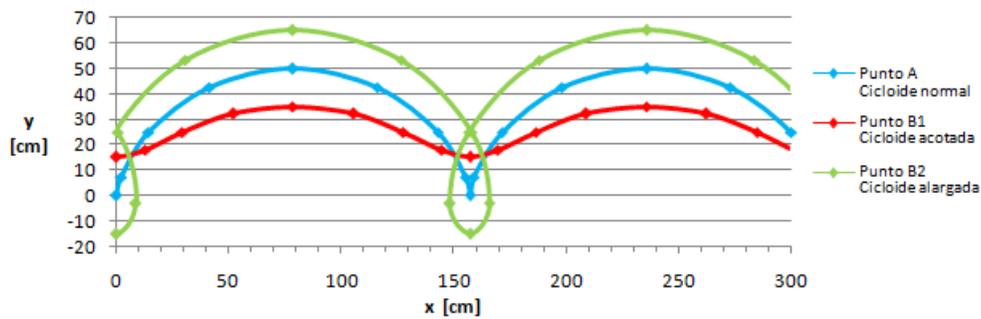
- El mismo sentido que el de las ruedas
- El sentido contrario al de las ruedas

Cuando una circunferencia rota y se traslada a la vez, los puntos pertenecientes a ella (internos, en la periferia o incluso externos) describen una trayectoria cicloidal. La forma de esta cicloide dependerá de la relación existente entre las distancias “a” y “b” (figura 96) y también del sentido de rotación de dicha circunferencia en relación al sentido del desplazamiento lineal de la misma.

Siendo el punto A un punto en la periferia de la rueda, el punto  $B_1$  un punto interno a la circunferencia de la rueda y el punto  $B_2$  un punto externo a la circunferencia de la rueda (figura 96), se tiene que sus trayectoria cuando la rueda realiza rodadura es (figura 97):



**Figura 96** – Ubicación de puntos respecto a la rueda generatriz



**Figura 97** – Diferentes formas de cicloide dependiendo de la ubicación de un punto respecto a la rueda generatriz

Este tipo de curva presenta la siguiente ecuación paramétrica general (ecuación 17):

$$\begin{cases} X = at - b \operatorname{seno} t \\ Y = a - b \operatorname{cos} t \end{cases} \quad (17)$$

Sin embargo esta ecuación no es suficientemente completa como para describir la trayectoria de un cangilón del tambor de cangilones.

El movimiento de este tambor depende directamente del movimiento de las ruedas de tracción del equipo, ya que el mismo está conectado a ellas por medio de un sistema de transmisión. La ecuación necesaria debe representar una posible diferencia entre el sentido y la velocidad de giro de ambos elementos (tambor de cangilones y ruedas de tracción).

Las ecuaciones utilizadas para describir la trayectoria de un cangilón son:

**Mismo sentido de giro y diferentes velocidades**

$$\begin{cases} X = \frac{a}{i}t - b \operatorname{seno} t \\ Y = \frac{a}{i} - b \operatorname{cos} t \end{cases} \quad (18)$$

**Diferente sentido de giro y diferentes velocidades**

$$\begin{cases} X = \frac{a}{i}t - b \operatorname{seno}(-t) \\ Y = \frac{a}{i} - b \operatorname{cos}(-t) \end{cases} \quad (19)$$

**Valores de entrada**

$$a = R_r \quad (20)$$

**R<sub>r</sub>**: Radio de las ruedas de tracción

Debido a sus características de tamaño y de huella, así como a la gran disponibilidad de las mismas y de sus componentes accesorios en el mercado nacional, se decidió utilizar ruedas de bicicleta montañera.

Los tamaños más comunes de ruedas para bicicleta montañera se muestran en la tabla 24:

**Tabla 24** – Dimensiones de las ruedas de bicicleta más comunes

Rin	Diámetro		Radio
	Pulgadas	Centímetros	Centímetros
14	14	17,78	8,89
16	16	20,32	10,16
20	20	25,4	12,7
24	24	30,48	15,24
26	26	33,02	16,51
28	28	35,56	17,78

$$b = R_e \quad (21)$$

**R<sub>e</sub>**: Radio del punto más externo del cangilón

Este radio depende directamente del radio de la rueda de tracción (R<sub>r</sub>), de acuerdo a:

$$R_e = R_r + 7 \text{ [cm]} \quad (22)$$

Donde esos 7 cm representan la profundidad de penetración máxima del cangilón pautada en los criterios de diseño.

**i**: Relación de velocidades

Esta variable representa la relación existente entre la velocidad angular de la rueda de tracción ( $\omega_r$ ) y la velocidad angular deseada para el tambor de cangilones ( $\omega_c$ ).

$$i = \frac{\omega_c}{\omega_r} \quad (23)$$

Con la variación de esta relación de velocidades se varía también la relación entre la potencia en el tambor de cangilones y la potencia en la rueda de tracción. Esta relación de potencias es inversa a la relación de velocidades, por esta razón se buscó que la relación de velocidades fuese menor a 1.

**n**: Número de cangilones del tambor

### **Valor intermedio**

**R<sub>g</sub>**: Radio de la rueda generatriz

La rueda generatriz es aquella rueda que realiza el movimiento de rodadura, gracias a la cual se genera la trayectoria cicloidal.

En el caso de este trabajo la que realiza el movimiento de rodadura es la rueda de tracción, mientras que se quiere estudiar la trayectoria de los cangilones del tambor.

Si existe una diferencia entre la velocidad de giro de las ruedas de tracción y la velocidad de giro del tambor de cangilones, y las mismas presentan una relación “*i*” entre ellas, la rueda generatriz utilizada para estudiar la trayectoria del tambor es:

$$R_g = \frac{R_r}{i} \quad (24)$$

Si las velocidades son iguales ( $i = 1$ ), entonces:

$$R_g = R_r \quad (25)$$

### **Valores de salida**

Los valores de salida corresponden a los valores  $X_{cang}$  y  $Y_{cang}$  que describen la trayectoria del borde más externo de un cangilón del tambor de cangilones, así como también a la trayectoria de dos puntos pertenecientes a la periferia de la rueda de tracción y de la rueda generatriz respectivamente.

**$P_c$ :** Profundidad de corte

Aunque este valor no se determina directamente, para que una solución se considerase aceptable, la profundidad a la que se cortan las trayectorias de dos cangilones consecutivos debe ser mayor (o en el caso de que fuese menor, lo más cercana posible) a 5 cm, con esto se logra garantizar que por lo menos los primeros 5 cm del manto arenoso sean limpiados (figura 98).



Figura 98 – Área de limpieza que se garantiza si la profundidad de corte es de 5cm

### Soluciones encontradas

En la tabla 25 se presentan los valores de entrada e intermedios para cada una de las soluciones encontradas, en las figuras 100 y 101 se muestran las trayectorias de los diferentes elementos mostrados en la figura 99:

Tabla 25– Valores de entrada para los análisis de la trayectoria de los cangilones del tambor

	$R_r$ [cm]	$R_e$ [cm]	$i$	$n$	$R_g$ [cm]
Sin inversión	25,4	32,4	1,5	10	16,93
Con inversión	25,4	32,4	0,8	4	31,75

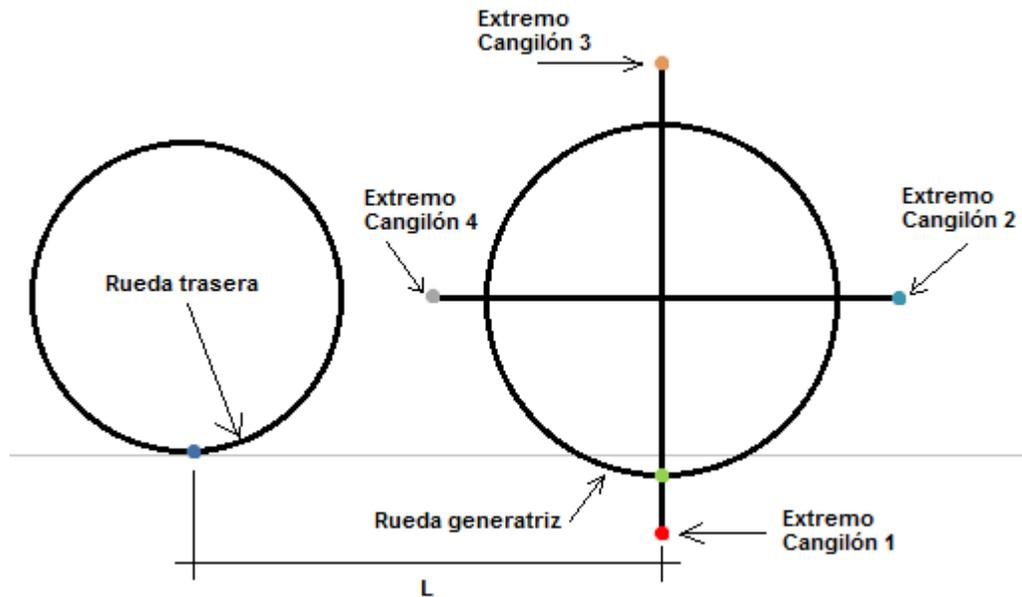
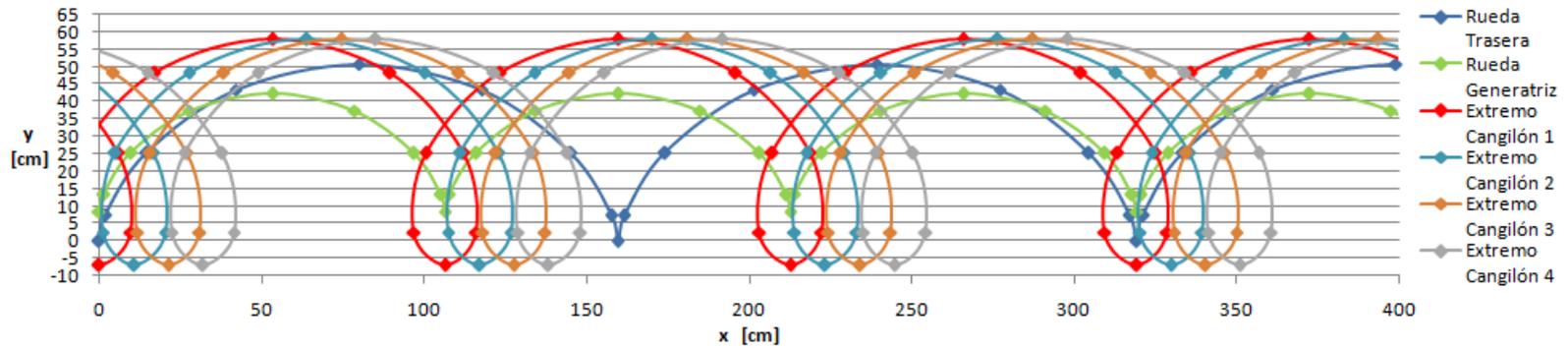
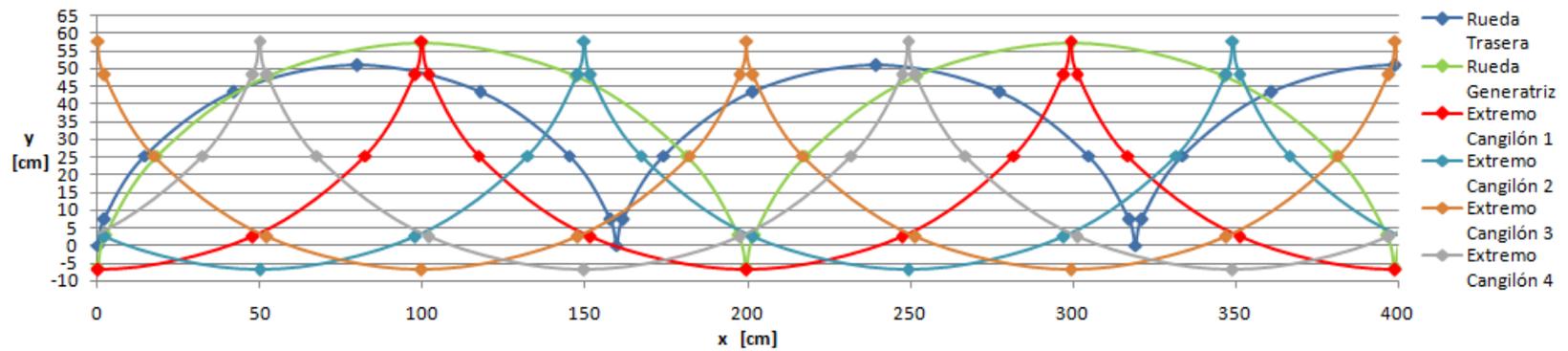


Figura 99 – Esquema de la ubicación de los diferentes puntos a los cuales se estudiará su trayectoria durante un movimiento de rodadura



**Figura 100** – Trayectoria de los elementos correspondientes a la solución sin inversión de giro (se graficaron sólo 4 cangilones para evitar sobrecargar el gráfico)



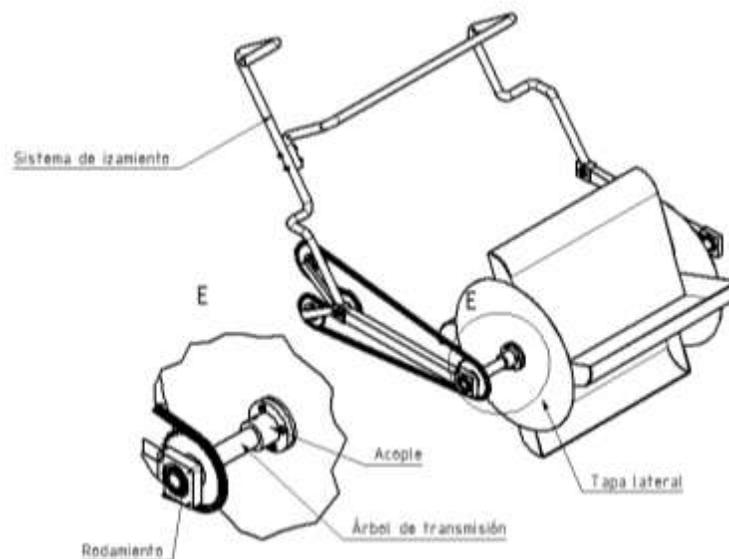
**Figura 101** – Trayectoria de los elementos correspondientes a la solución con inversión de giro

Se decidió utilizar la solución con inversión de giro, por dos razones. Con inversión de giro se obtuvo una relación de velocidades de  $i = 0,8$  con lo que se logró reducir un 20% la potencia necesaria en las ruedas de tracción (en comparación con un aumento de 50% que se obtuvo con la solución sin inversión), además el tambor puede funcionar sólo con 4 cangilones, mientras que en la solución sin inversión el tambor debía poseer por lo menos 10.

### Ejes y estructura interna del tambor de cangilones

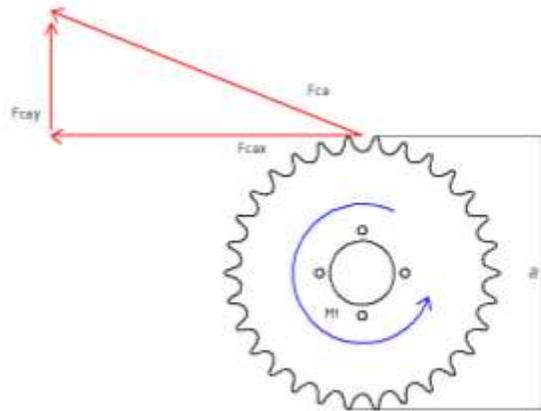
De acuerdo al diseño propuesto, el tambor de cangilones se sostiene del sistema de izamiento. La potencia necesaria para el funcionamiento del tambor es transmitida desde el motor mediante un sistema de transmisión de cadena (figura 102).

Este tambor posee dos ejes que se apoyan en sus extremos, destacando que en el lado izquierdo, que se llamó “eje 1”, se ubica el sistema de transmisión por cadena. El eje del lado derecho se llamó “eje 2”. La unión del eje al tambor se realiza mediante dos acoples.



**Figura 102** - Sistema de izamiento acoplado al tambor de cangilones

Obtenidas las reacciones en el tambor, se procedió al cálculo de las reacciones en la cadena de transmisión ( $F_{ca}$ ), las cuales se pueden observar en el diagrama de la figura 103:



**Fig 103** – Diagrama de cuerpo libre de la rueda dentada acoplada al eje 1 del tambor de cangilones

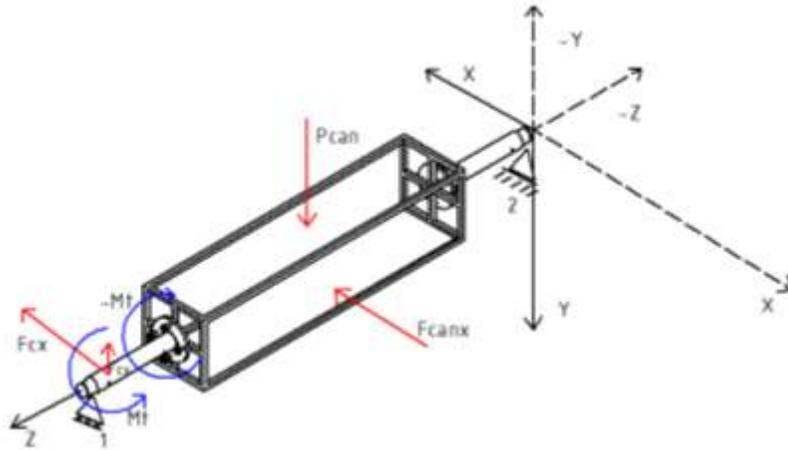
$$F_{ca} = \frac{M_t}{\frac{D_p}{2}} = \frac{19,84}{\frac{0,121}{2}} = 327,93 \text{ [N]} \quad (26)$$

El ángulo de la cadena respecto a la componente horizontal es de  $9,61^\circ$ ; por lo tanto las reacciones de la cadena en las componentes “x” y “y” son:

$$F_{cax} = F_{ca} \cos 9,61^\circ = 327,93 \cos 9,61^\circ = 323,32 \text{ [N]} \quad (27)$$

$$F_{cay} = F_{ca} \text{ seno } 9,61^\circ = 327,93 \text{ seno } 9,61^\circ = 54,74 \text{ [N]} \quad (28)$$

Dado que utilizando un eje simple se presentó la dificultad de unir los cangilones a él y darle forma al tambor, se diseñó una estructura interna al tambor. Esta estructura se une mediante acoples a dos ejes, uno a cada lado como se muestra en la figura 104.



**Figura 104** – Diagrama de cuerpo libre del conjunto Estructura interna del tambor - Ejes del tambor

Este conjunto está sometido a diferentes cargas, las mismas pueden observarse en la figura 104, mientras que la magnitud de dichas cargas se presenta en la tabla 26:

**Tabla 26** – Magnitudes de las cargas a las que está sometido el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor

$M_t$ [N m]	$P_{can}$ [N]	$F_{cax}$ [N]	$F_{cay}$ [N]	$F_{canx}$ [N]
19,84	156	323,32	54,74	68,67

Basado en los gráficos de reacciones y momentos arrojados por el software para el conjunto, se determinó que las reacciones en los apoyos (extremos de cada eje) y el momento flector máximo son los siguientes (tabla 27):

**Tabla 27** – Reacciones en los apoyos y valor del momento flector máximo que sufre el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor

Apoyo 1 X [N]	Apoyo 1 Y [N]	Apoyo 2 X [N]	Apoyo 2 Y [N]	Mf máx [N m]
24,80	348,70	76,48	43,3	38,21

El momento flector máximo, de acuerdo al resultado obtenido, se produce en el plano XZ del eje 1, el cual tiene un valor de 38,21 N m.

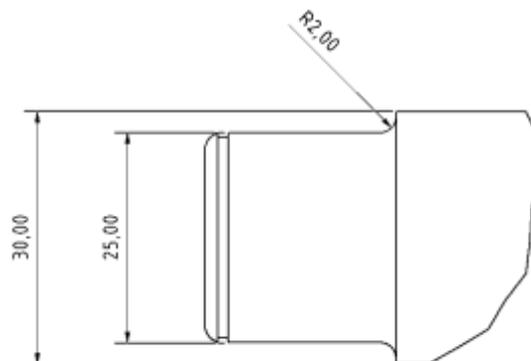
## Diámetro del eje

Los ejes fueron diseñados de acuerdo al estado de cargas planteado anteriormente. Basado en los esfuerzos obtenidos mediante el software se determinaron los valores mínimos de diámetro mostrados en la tabla 28, de acuerdo a los cuales se seleccionó el acero SAE N°1020 rolado en caliente.

**Tabla 28** – Diámetro que deben tener los ejes del tambor para diferentes tipos de acero

Acero SAE N°	Sy [Pa]	D [m]	D [mm]
1020	210000000	0,018	18,43
1030	260000000	0,017	17,17
1035	270000000	0,017	16,95
1040	290000000	0,017	16,55
1045	310000000	0,016	16,19
1050	340000000	0,016	15,70

Debido a que la unión de las secciones de eje se realizan mediante acoples, y tomando en cuenta que los acoples disponibles en el mercado nacional poseen un diámetro interno máximo de 30 mm, se diseñaron ejes escalonados. Un diámetro de 25 mm en los extremos que irá en los rodamientos del sistema de izamiento y un diámetro de 30 mm para los extremos que se unirán con el acople. El cambio de sección del eje posee un radio de 2 mm, el cual evita la concentración de esfuerzos (figura 105).



**Figura 105** – Detalles de cambios de sección en el eje del tambor

### Selección de rodamientos del eje del tambor

Los apoyos del eje constan de dos rodamientos. Los seleccionados son rodamientos de bolas autoalineantes, para evitar cualquier desajuste producto del movimiento del tambor de cangilones. Además los mismos son sellados para evitar la penetración de arena y la corrosión.

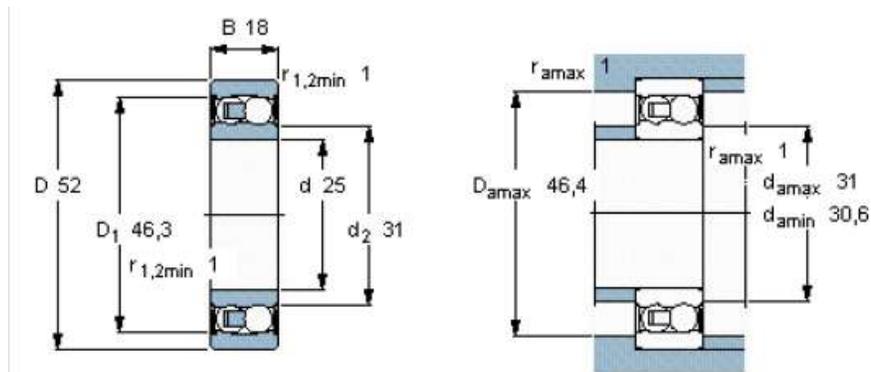
Los rodamientos de bolas son los más comunes y económicos. Se usan fundamentalmente para soportar cargas radiales, pero también soportan cargas axiales apreciables. Se fabrican desde los 2,5 mm hasta los 1000 mm. Pueden venir con una o dos placas de protección o con arandelas de obturación, y lubricados de por vida con grasa. Pueden suministrarse con una o dos hileras de bolas.

Los rodamientos autoalineantes se caracterizan por poseer dos hileras de bolas que ruedan sobre un camino esférico en el aro exterior. Por esta razón poseen la propiedad de autoalineación y son apropiados para compensar inexactitudes en el montaje y flexiones en el eje. Además, pueden soportar cargas radiales y axiales.

Se seleccionó un rodamiento con diámetro interno de 25 mm para ajustarse al diámetro menor del eje. Según SKF, el rodamiento autoalineante que se adapta a esta medida es (tabla 29, figura 106):

**Tabla 29** – Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

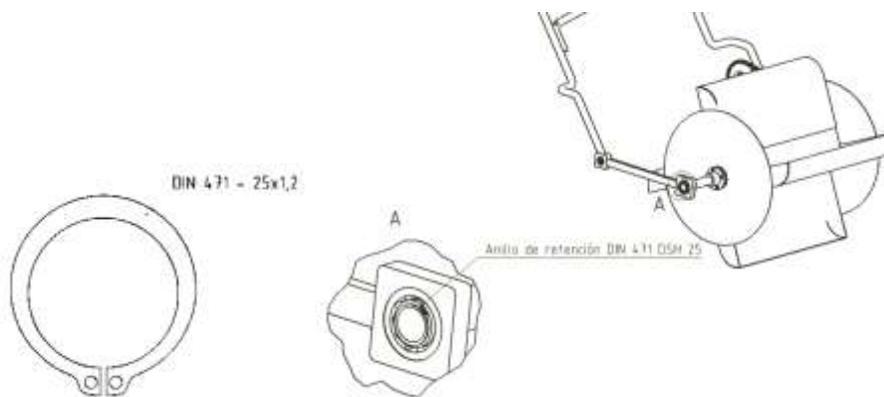
Dimensiones principales [mm]			Cargas [kN]		Velocidad [rpm]	Designación
d	D	B	C (Dinámico)	C <sub>0</sub> (Estático)	Límite de velocidad	SKF
25	52	18	14,3	4	1000	2205 E-2RS1



**Figura 106** – Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

### Anillo de retención del eje del tambor

Para evitar que el efecto de alguna carga axial imprevista en los ejes del tambor ocasione la salida accidental del rodamiento, se colocó un anillo de retención. Para la medida del eje, se seleccionó el anillo DIN 471 - 25 para montaje axial (figura 107).

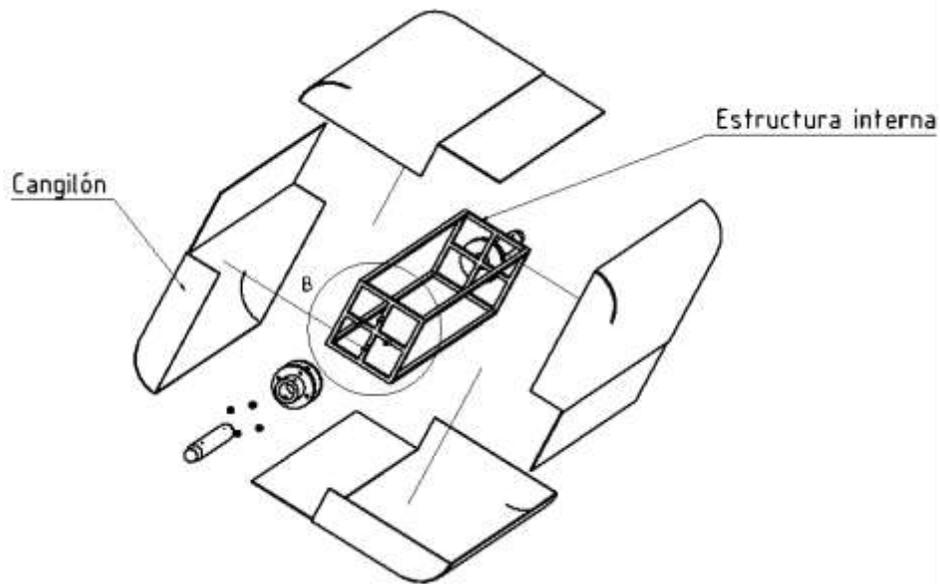


**Figura 107** – Detalle de montaje y ubicación del anillo de retención del eje del tambor

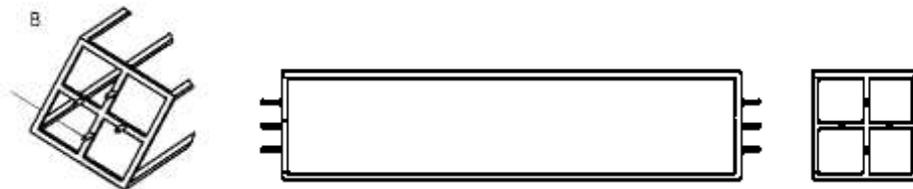
### Diseño de estructura interna del tambor

Sobre la estructura interna descansan los cangilones. Ésta posee en cada extremo cuatro pernos soldados que sirven de unión para los acoples. Entre los acoples y el tambor se coloca una goma que sirve para absorber impactos, y una chapa metálica de forma redonda, que cumple la función de evitar la

salida de algún desecho al momento de la recolección, por alguno de sus costados. Para mayor detalle ver el despiece en la figura 108.



**Figura 108** – Despiece del tambor de cangilones



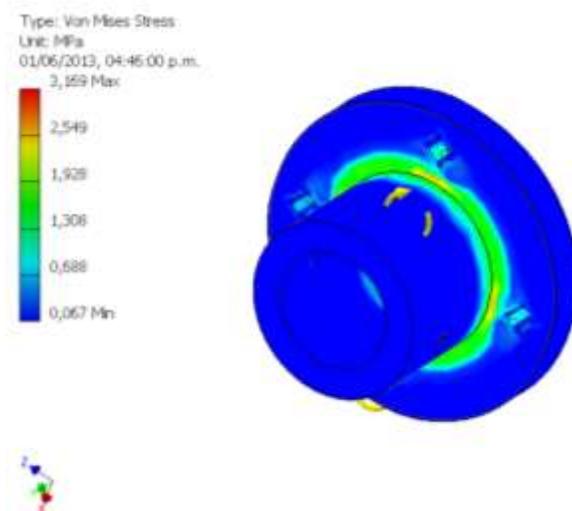
**Figura 109** – Detalle de pernos en estructura interna

La estructura interna consta de 4 barras cuadradas 8x8 mm ubicadas de forma transversal y unidas a un cuadrado de 140 x 140 mm y en donde se ubican los pernos para unirla al acople. Este detalle se muestra en la figura 109. La estructura interna está sometida a un momento torsor producto del sistema de transmisión y que se transmite a ésta mediante el acople del tambor y sus pernos.

## Diseño de acople del tambor

Dada la dificultad para hallar el acople en el mercado nacional, se procedió a diseñarlo. El acople posee 4 agujeros para los pernos, el agujero del eje y un agujero transversal para el alojamiento del pasador.

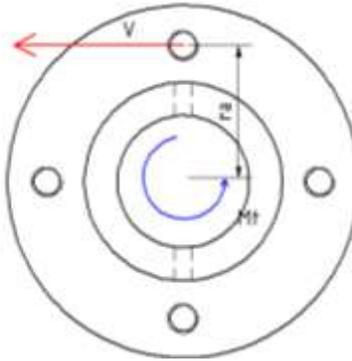
Para el análisis de esfuerzos en la pieza, se simularon los momentos torsores a los cuales se encuentra sometida, obteniendo un esfuerzo máximo, según la teoría de Von – Mises, de 3,17 MPa (figura 110) y un factor de seguridad de 15, el cual es satisfactorio para el diseño.



**Figura 110** – Diagrama de los esfuerzo a los que está sometido el acople del tambor

## Selección de los pernos del acople del tambor

El diámetro de los pernos que unen el acople con la estructura se calculó basados en los datos suministrados en la figura 111 y en la tabla 30.



**Figura 111** – Diagrama de cuerpo libre de un acople del tambor de cangilones

**Tabla 30** – Momento torsor al que están sometidos los pernos del acople del tambor; radio sobre el cual están ubicados respecto al centro del acople y número de pernos

$M_t$ [N m]	$r_a$ [m]	N de pernos
19,84	0,031	4

$$V = \frac{M_t}{N r_a} = \frac{19,84}{4(0,031)} = 160 \text{ [N]} \quad (29)$$

Se seleccionó un perno de diámetro  $D_{per}=6$  mm y  $S_y=420$  MPa (grado 5.8), se tiene que el área de corte y el factor de seguridad de los pernos son:

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} = \frac{\pi(0,006)^2}{4} = 2,83 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} \quad (30)$$

$$\frac{V}{A_t} = \frac{160}{2,83 \times 10^{-5}} = 5,66 \text{ [MPa]} \quad (31)$$

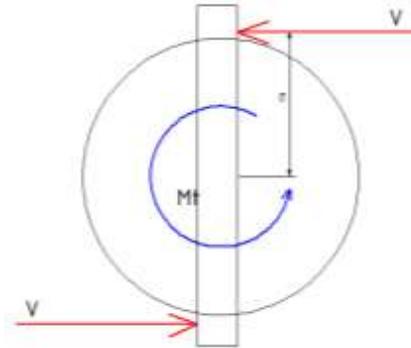
$$5,66 \text{ [MPa]} \leq \frac{420}{2\psi} = \frac{210}{\psi} \quad (32)$$

El factor de seguridad para los pernos de  $\psi = 37$ ; valor que es satisfactorio para el diseño del equipo. Con un perno de menor grado (4.6)  $\psi = 21$ . El largo de los pernos es de 25 mm y serán construidos a partir de barras roscadas bajo la norma DIN 975.

### Selección de pasadores del eje del tambor

El pasador que transmite la carga del eje de los acoples del tambor a los ejes del tambor es un pasador de presión o de resorte. El diagrama de cuerpo libre

puede verse en la figura 112, mientras que en la tabla 31 se dan las magnitudes de momento y punto de aplicación de las fuerzas cortantes.



**Figura 112** – Fuerzas y momentos a los que está sometido el pasador del eje del tambor

**Tabla 31**– Momento torsor al que está sometido el eje del tambor y diámetro del mismo

$M_t$ [N m]	$r_a$ [m]
19,84	0,015

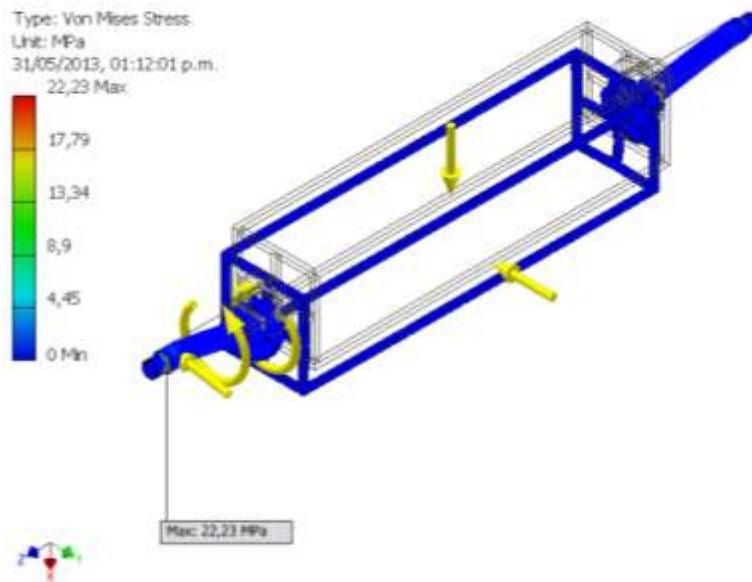
$$V = \frac{M_t}{r_a} = \frac{30,59}{0,015} = 2,04 \text{ [kN]} \quad (33)$$

El pasador seleccionado es del tipo DIN EN ISO 8752 4X35, el cual soporta esfuerzos cortantes de hasta 11,24 kN.

$$V = 2,04 \text{ [kN]} < 11,24 \text{ [kN]} \quad (34)$$

### Análisis de estructura interna

Analizando el conjunto completo se determinó que el esfuerzo máximo al que está sometido es de 22,23 MPa (figura 113). El mismo sufre una deflexión máxima de 0,018 mm y presenta un factor de seguridad de 9,31; valor que es satisfactorio para el diseño del equipo.



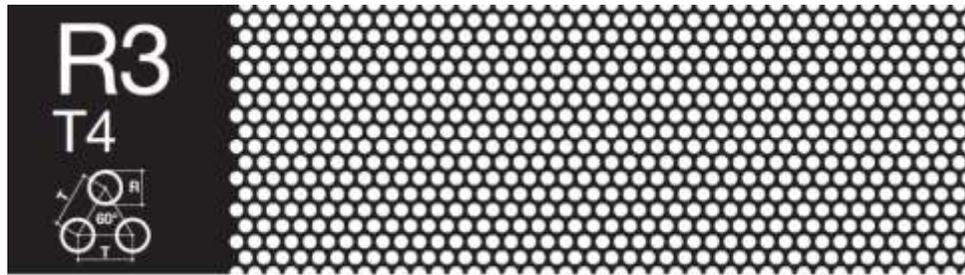
**Figura 113** – Diagrama de los esfuerzos a los que está sometido el conjunto Estructura interna del tambor – Ejes del tambor

### Material para la construcción de los cangilones

Para permitir la separación de los desechos de la arena, el tambor de cangilones deberá ser construido de láminas de acero perforadas para uso industrial. Estas perforaciones son capaces de permitir el cernido sin dejar pasar el desecho más pequeño que el equipo debe recolectar, una colilla de cigarro.

Según el catálogo de láminas perforadas marca Schiavetti, el cual está estandarizado según la norma ISO 10630, existen láminas de diferentes características: diámetro de agujero, coeficiente de perforación (porcentaje de área perforada), así como tamaño de la lámina.

Se seleccionó una lámina con coeficiente de perforación de 51% y un diámetro de agujero de 3 mm (figura 114).



**Figura 114** – Modelo de lámina perforada según catálogo de la marca Schiavetti (R=3 mm, T=4 mm, Coeficiente de perforación 51%)

### Velocidad de recolección

Para conocer las reacciones que actúan sobre los cangilones, es necesario establecer la velocidad de funcionamiento de los mismos. De acuerdo a lo establecido en el Capítulo IV, la eficiencia de limpieza por metro cuadrado es de  $1400 \text{ m}^2/\text{h}$ .

Dado que el ancho de limpieza que ofrece el equipo es de 0,60 metros, entonces podemos decir que la velocidad de recolección en metros por segundo es:

$$V_{rec} = \frac{1400}{0,60} = 2333,33 \left[ \frac{m}{h} \right] = 2,33 \left[ \frac{Km}{h} \right] \quad (35)$$

$$V_{rec} = \frac{2333,33}{3600} = 0,65 \left[ \frac{m}{s} \right] \quad (36)$$

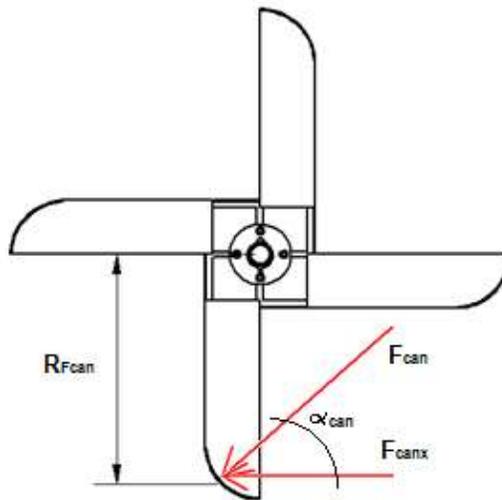
Además de la velocidad de avance del equipo (velocidad de recolección) se determinó la velocidad angular de la rueda trasera. El radio de la rueda trasera es  $R_r = 0,25m$ , por lo que:

$$V_{rec} = \omega_r R_r \quad (37)$$

$$\omega_r = \frac{V_{rec}}{R_r} = \frac{0,65}{0,25} = 2,6 \left[ \frac{rad}{s} \right] = 24,82 \text{ [rpm]} \quad (38)$$

### Análisis de los cangilones

En la prueba en el banco de pruebas se obtuvo como resultado una fuerza horizontal de  $13 \pm 0,5$  kgf ( $127,53 \pm 4,9$  N), (se tomará como valor 13,5 kgf para los cálculos). Sin embargo la fuerza real sería menor ya que el cangilón está hecho de placa perforada y permitiría el paso del 51% de la arena. En la figura 115 se muestra un diagrama de cuerpo libre del cangilón



**Figura 115** – Diagrama de cuerpo libre del cangilón

La potencia requerida para el funcionamiento del tambor de cangilones depende de la fuerza horizontal a la cual está sometido ( $F_{can}$ ). Teniendo en cuenta un coeficiente de perforación de 51%, esta fuerza viene dada por:

$$F_{canx} = 13(1 - 0,51) \cong 7 \text{ [kgf]} = 68,67 \text{ [N]} \quad (39)$$

A este valor de fuerza horizontal, con un valor de  $\alpha_{can} = 45^\circ$ , corresponde un valor de  $F_{can}$  de:

$$F_{can} = \frac{F_{canx}}{\cos \alpha_{can}} = \frac{7}{\cos 45^\circ} = 9,9 \text{ [kgf]} = 97,12 \text{ [N]} \quad (40)$$

Teniendo en cuenta una velocidad lineal  $V = 0,65 \frac{m}{s}$  y una fuerza horizontal aplicada al cangilón de 7 kgf, la potencia requerida es de:

$$H_{can} = F_{can} V \quad (41)$$

$$H_{can} = 68,67(0,65) = 44,64 [W] = 0,06 [Hp] \quad (42)$$

Como se indicó anteriormente, la relación de transmisión utilizada es de  $i = 0,8$ , por lo tanto la velocidad angular del tambor de cangilones ( $\omega_{can}$ ) es:

$$\omega_{can} = i\omega_r \quad (43)$$

$$\omega_{can} = 0,8(2,6) = 2,08 \left[ \frac{rad}{s} \right] \quad (44)$$

El momento torsor ( $M_t$ ) que debe aplicarse al tambor como consecuencia de la resistencia en la arena viene dado por:

$$M_t = F_{canx} R_{Fcan} \quad (45)$$

$$M_t = 68,67 (0,289) = 19,84 [N m] \quad (46)$$

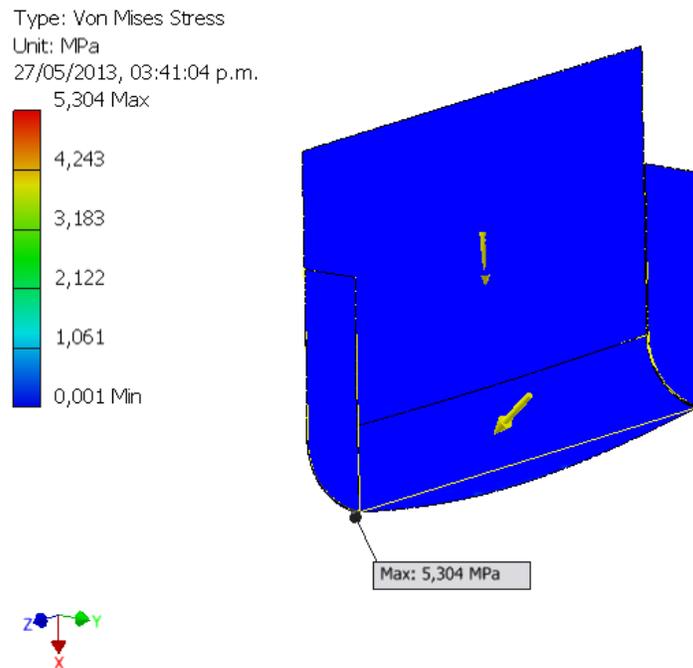
Para comprobar la resistencia de las láminas a utilizar se utilizaron los valores de esfuerzo proporcionados por el software.

Según el catálogo de la marca Schiavetti, los espesores de láminas se ofrecen en presentaciones de 0,8 mm, 1 mm y 2 mm. Para el diseño del equipo se seleccionó una lámina de 2 mm. En relación al material, se seleccionó el acero.

La simulación se realizó en uno de los cangilones, restringiendo sus grados de libertad en el borde superior del mismo.

Hay que destacar que la simulación se hará sin tomar en cuenta la presencia de los agujeros, claro está, utilizando la carga total registrada en el banco de pruebas (13 kgf).

En la figura 116 podemos observar la aplicación de la fuerza sobre la región del cangilón que se ve afectada por la resistencia de la arena. El esfuerzo máximo alcanzado en la lámina es de 5,30 MPa.



**Figura 116** – Gráfica de valores de esfuerzo para un cangilón sometido a una carga  $F_{can}$  y a su propio peso

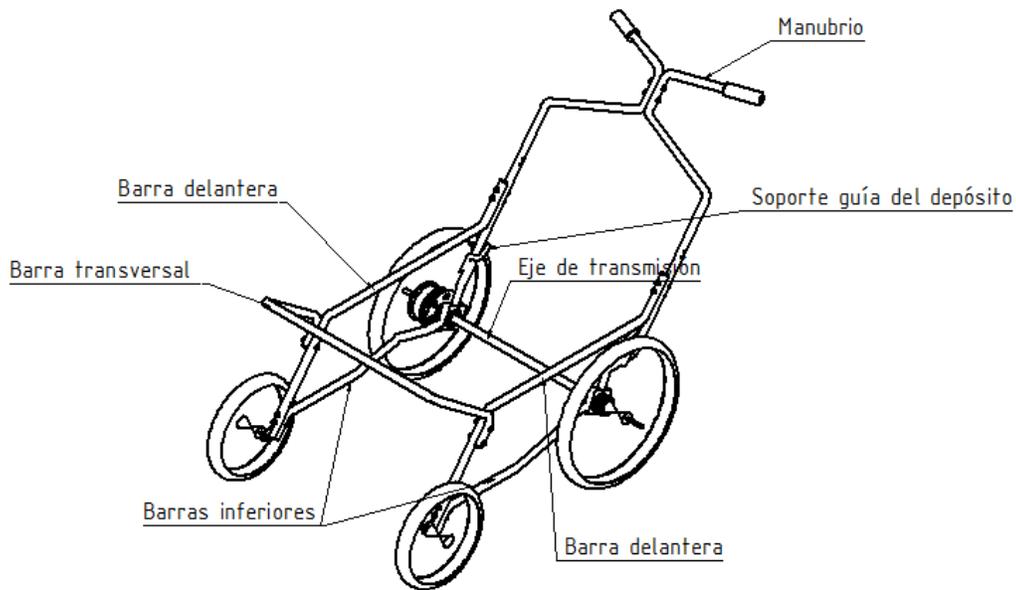
La deflexión que sufre la lámina con la carga aplicada es de 0,035 mm en la dirección Y, lo cual se considera aceptable para el diseño.

El factor de seguridad mínimo alcanzado en la lámina del cangilón con las cargas aplicadas es de 15, número satisfactorio para el diseño.

Si bien se puede utilizar un espesor de lámina menor para el cangilón, como veremos más adelante (sección 5.4.8), agregar mayor peso al equipo mejora las condiciones de adherencia al momento de aplicar la fuerza necesaria para el desplazamiento, especialmente cuando se trata de un suelo tan suelto como la arena seca.

#### 5.4.4 Estructura

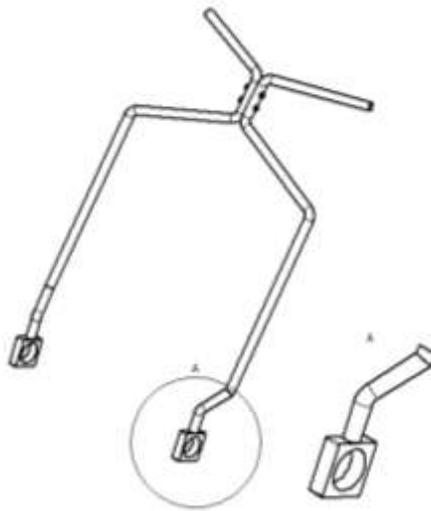
Para el apoyo del sistema de izamiento, el eje de transmisión y las ruedas del equipo, se diseñó una estructura. Ésta está conformada por tuberías de 1 pulgada de diámetro y 1,9 mm de espesor, y comprende 6 partes: el manubrio (que a su vez está compuesto de dos piezas), 2 barras delanteras, 2 barras inferiores y 1 barra transversal (figura 117).



**Figura 117** – Partes de la estructura del equipo

En el manubrio se apoya el sistema de izamiento en sus dos posiciones, gracias a los pasadores; mientras que el manubrio se apoya en el eje de la transmisión, mediante dos rodamientos alojados en chumaceras ubicadas en sus extremos inferiores (figura 118).

El manubrio está compuesto por dos partes unidas en la parte superior mediante 2 pernos DIN 609 M8x60. Las barras inferiores están soldadas a las chumaceras del manubrio, sin embargo el resto de las piezas que componen la estructura también están unidas entre sí por pernos.



**Figura 118** – Ubicación de las chumaceras en el manubrio

### Selección de rodamientos de la estructura

Los rodamientos seleccionados son SKF 62200 2RS1. Estos rodamientos poseen sellos en ambos lados para evitar la entrada de arena y la corrosión. Las características de este rodamiento se presentan a continuación en la tabla 32:

**Tabla 32** – Características del rodamiento SKF 62200-2RS1

Dimensiones principales [mm]			Cargas (kN)		Velocidad (rpm)	Designación
d	D	B	C (Dinámico)	C <sub>0</sub> (Estático)	Límite de velocidad	SKF
10	30	14	5,07	2,36	17000	62200-2RS1

El manubrio también sirve de apoyo para los controladores y el acelerador del motor eléctrico. El acelerador es del tipo manual y se localiza en las agarraderas del mismo.

### Barra guía del depósito

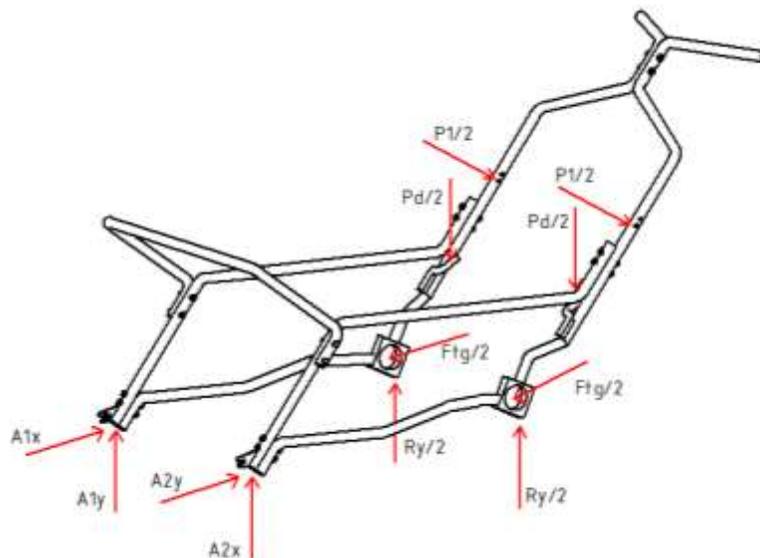
Los soportes guía para el depósito se localizan en la zona intermedia del manubrio y constan de dos tubos dispuestos en el mismo ángulo de las guías

de soporte ubicadas en el depósito (figura 117).

Las barras delanteras se encargan de sostener las ruedas delanteras que sirven de apoyo para el equipo. Sobre éstas, a su vez, se localiza la barra transversal, que impide el movimiento lateral de las barras delanteras. De igual forma, en su parte inferior, encontramos las barras inferiores, que soportan cargas axiales sobre la estructura. Ambas estructuras, así como la barra transversal, se unen mediante pernos DIN 609 M8x60.

### Análisis de la estructura

El conjunto de toda la estructura soporta una serie de cargas que se manifiestan en dos situaciones diferentes: en movimiento y en reposo. Para el análisis de la estructura se consideró el caso más desfavorable: cuando el equipo está en movimiento y las ruedas delanteras se bloquean (accidentalmente).



**Figura 119** – Diagrama de cuerpo libre de la estructura del equipo en la condición de carga más desfavorable

La estructura está sometida a la fuerza tangencial que proporciona el motor

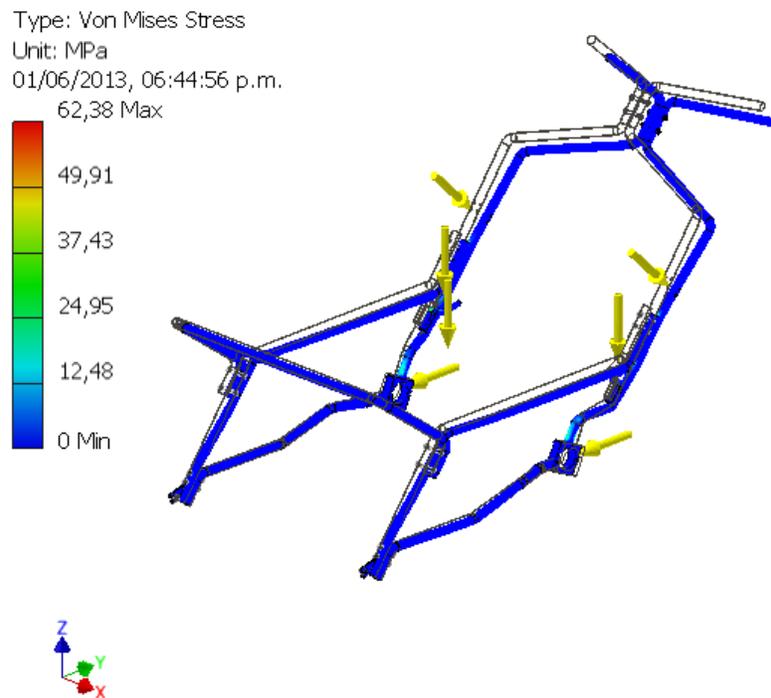
cuando éste empieza a moverse, por lo que también actúan sobre ellas las cargas provenientes del tambor de cangilones. El diagrama de cuerpo libre de la estructura, en la condición mencionada, se muestra a continuación en la figura 119.

La magnitud de las cargas a las que está sometida la estructura son (tabla 33):

**Tabla 33**– Magnitud de las cargas a las que está sometida la estructura

<b>P<sub>1</sub> [N]</b>	<b>P<sub>d</sub> [N]</b>	<b>F<sub>tg</sub> [N]</b>
335	188,31	258,98

En la figura 120 se observan los esfuerzos de Von Mises sobre la estructura, cuyo máximo es de 62,39 MPa. La deflexión máxima que sufre la misma es de 0,48 mm y la misma presenta un factor de seguridad de 3,32; el cual es satisfactorio para el diseño.



**Figura 120** – Diagrama de los esfuerzos a los que está sometida la estructura

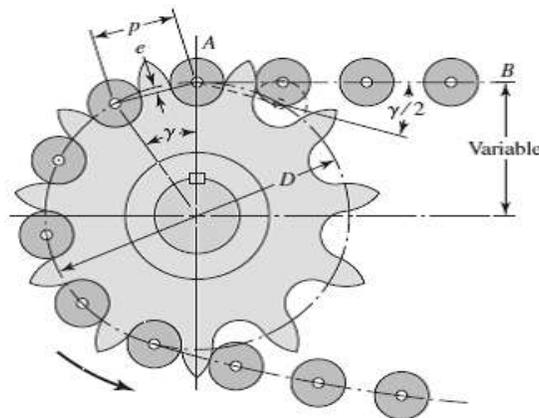
### 5.4.5 Sistema de transmisión

#### Transmisión por cadenas de rodillos

Se decidió utilizar transmisión por cadenas debido a la alta disponibilidad en el mercado de ruedas dentadas (piñones) y cadenas de bicicletas. Los componentes de las transmisiones por cadena de bicicletas corresponden a una cadena ANSI 40 de una sola hilera de rodillos. Además de esto, el motor utilizado en la solución final es un motor eléctrico especialmente diseñado para trabajar con piezas de bicicleta.

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante de velocidad, puesto que no hay resbalamiento o estirado. También poseen una larga vida o duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz.

Los eslabones de las cadenas poseen un paso (" $p$ ", distancia entre centros de los rodillos), ángulo de paso (" $\gamma$ ", ángulo entre centros de los rodillos respecto al centro de la rueda dentada) y diámetro de paso de la rueda (" $D$ ", diámetro de la rueda dentada medido respecto a los puntos de contacto entre los rodillos y los dientes) (figura 121):



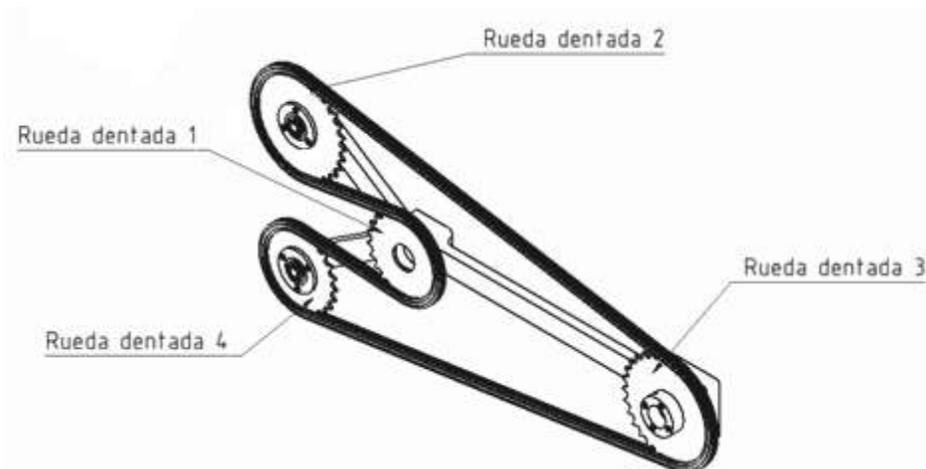
**Figura 121** – Geometría de rueda dentada y cadena de rodillos en una transmisión por cadena

El ángulo que oscila al eslabón a medida que entra en contacto se denomina ángulo de articulación. Su magnitud está en función del número de dientes.

El número de dientes de la rueda también afecta a la relación de velocidad durante el período en que la rueda gira el ángulo de paso.

A medida que aumenta el número de dientes se obtienen ventajas en cuanto a disminución de ruido y esperanza de vida de la cadena; sin embargo, según Shigley (2006), se recomienda que la rueda motriz sea lo más pequeña posible, y para que esto pase, debe de tener pocos dientes. Para una operación suave a velocidades moderadas y altas se considera buena práctica que la rueda tenga por lo menos 17 dientes. También esto es ventajoso cuando se alcanzan bajas velocidades y existen limitaciones de espacio.

Para realizar la inversión de giro con cadenas de rodillos, fue necesario utilizar cuatro ruedas dentadas: una rueda que conduce, una rueda conducida y dos ruedas adicionales para realizar la inversión. Éstas últimas se localizan en la parte superior e inferior de la rueda que conduce para que la tensión de la cadena se encuentre en la parte superior del sistema (figura 122).



**Figura 122** – Ubicación del sistema de transmisión por cadena en el elemento de izamiento

## Potencia de diseño

Los fabricantes de cadenas de rodillos han realizado tablas que dan la capacidad de potencia correspondiente a una duración probable de 15000 horas, para diversas velocidades angulares de la rueda. Estas capacidades se hallan tabuladas para ruedas de diferentes números de dientes, los cuales mediante factores de corrección, se estandarizan para otros números de dientes no presentes en la tabla.

A su vez existen fabricantes, tales como Diamond Chain (Shigley, 2006), que han presentado tablas de potencia permitida para diferentes tipos de cadena de la norma ANSI (tabla 34).

**Tabla 34** - Valores de potencia para diferentes velocidades y número de dientes, para cadena ANSI 40 (Shigley, 2006)

# of teeth in mesh sprocket	Revolutions Per Minute - Small Sprocket																												
	10	25	50	100	150	200	300	400	500	750	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000	9000				
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.81	1.03	1.48	2.42	3.34	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50					
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.86	1.09	1.61	2.64	3.64	4.54	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57					
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.39	1.76	2.96	3.95	5.02	5.58	6.62	7.60	7.15	5.99	4.79	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.76						
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.29	1.98	3.08	4.25	5.41	5.99	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87						
15	0.08	0.18	0.36	0.70	1.24	1.27	2.02	3.20	4.33	5.60	6.41	7.64	8.96	8.66	7.43	5.89	4.54	3.40	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97						
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.27	1.40	2.15	3.32	4.50	6.19	6.94	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34							
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.53	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.60	10.04	10.69	8.96	7.11	5.49	4.17	3.21	2.71	1.94	1.47							
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.90	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.79	6.07	4.64	3.60	3.05	2.11	1.60							
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.16	5.77	7.34	8.12	9.69	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.99							
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.27	7.73	8.55	10.19	11.81	13.42	11.44	9.07	6.89	5.21	4.22	3.45	2.47								
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.72	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.79	7.32	5.72	4.54	3.71	2.86								
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.60	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.99	2.95								
23	0.12	0.28	0.55	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.99	8.99	9.93	11.71	13.59	15.44	14.10	11.19	8.82	6.55	5.20	4.26	3.05								
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.20	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.80	9.19	6.99	5.54	4.64	3.67								
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.29	3.30	5.49	7.59	9.69	10.69	12.73	14.79	16.79	15.96	12.69	9.76	7.43	6.69	4.82									
26	0.13	0.32	0.62	1.22	2.14	2.37	3.40	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.69	6.25	5.12									
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.21	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.87	14.26	16.63	19.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72									
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34									
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.36	13.69	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41									
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.96	3.19	4.71	7.89	10.62	13.52	14.96	17.62	20.67	23.49	26.20	21.01	16.17	12.30	9.76										
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.28	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03											
45	0.23	0.56	1.09	2.11	3.71	4.12	6.08	9.86	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.92	30.63	23.38	18.02											
	TYPE A LUBE				TYPE B LUBRICATION												TYPE C LUBRICATION												

La potencia de diseño  $H_d$  que debe ser transmitida por la cadena se expresa como:

$$H_d = K_s H_{nom} \quad (47)$$

Donde  $K_s$  el factor de servicio y  $H_{nom}$  el valor de potencia de la fuente.

La potencia nominal del equipo se calculó en la sección 5.4.3

$$H_{nom} = 44,64 [W] = 0,06 [Hp] \quad (48)$$

Dado que el equipo trabaja bajo condiciones de carga leves, el factor de servicio  $K_s = 1$

$$H_d = 1(0,06) = 0,06 [Hp] \quad (49)$$

Dado que el sistema de transmisión por cadenas posee una eficiencia del 98% por lo que la potencia utilizada como potencia de diseño fue:

$$H_d = 1,02(44,64) = 45,53 [W] = 0,06 [Hp] \quad (50)$$

Se debió verificar que la cadena de bicicleta (ANSI 40) pudiera soportar la potencia de diseño. Según la tabla tal, para este tipo de cadena, a 25 rpm (velocidad a la que gira la rueda trasera) y con una rueda dentada de 24 dientes, la potencia máxima soportada por la misma es de 0,30 Hp. La potencia de diseño utilizada es menor a este valor, por lo que se garantiza que la cadena no fallará.

Al terminar el proceso de diseño se determinó que en realidad la potencia que debe soportar el sistema de transmisión es de 205 W (0,27 Hp), este valor sigue siendo menos al máximo soportado por la cadena seleccionada.

### **Selección de las ruedas dentadas**

Para el diseño del equipo se utilizaron ruedas dentadas tipo A, las cuales no poseen corona y son de menor peso.

Debido a que el equipo utilizará ruedas de bicicleta (con sus correspondientes manzanas) y el paso de la cadena es de 0,5 pulgadas (12,7 mm), se seleccionaron ruedas dentadas que se adaptan a estas medidas. Éstas están normalizadas en la norma DIN 8187/ 081-182.

Entre las ruedas traseras y el tambor de cangilones existe una relación de velocidades  $i = 0,8$ .

Para la selección de las ruedas dentadas se tiene que:

$$\frac{N_1}{N_2} = i = 0,8 \quad (51)$$

**Tabla 35**– Relación de velocidades según el número de dientes de un par de ruedas. Están resaltadas los pares de ruedas dentadas que generan una relación de velocidades de  $i=0,8$

		Rueda dentada eje del tambor de cangilones (Número de dientes)																												
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30								
Rueda dentada eje de la rueda trasera (Número de dientes)	10	1	0,91	0,83	0,77	0,71	0,67	0,63	0,59	0,56	0,53	0,5	0,48	0,45	0,43	0,42	0,4	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33								
	11	1,1	1	0,92	0,85	0,79	0,73	0,69	0,65	0,61	0,58	0,55	0,52	0,5	0,48	0,46	0,44	0,42	0,41	0,39	0,38	0,37								
	12	1,2	1,09	1	0,92	0,86	0,8	0,75	0,71	0,67	0,63	0,6	0,57	0,55	0,52	0,5	0,48	0,46	0,44	0,43	0,41	0,4								
	13	1,3	1,18	1,08	1	0,93	0,87	0,81	0,76	0,72	0,68	0,65	0,62	0,59	0,57	0,54	0,52	0,5	0,48	0,46	0,45	0,43								
	14	1,4	1,27	1,17	1,08	1	0,93	0,88	0,82	0,78	0,74	0,7	0,67	0,64	0,61	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5	0,48	0,47								
	15	1,5	1,36	1,25	1,15	1,07	1	0,94	0,88	0,83	0,79	0,75	0,71	0,68	0,65	0,63	0,6	0,58	0,56	0,54	0,52	0,5								
	16	1,6	1,45	1,33	1,23	1,14	1,07	1	0,94	0,89	0,84	0,8	0,76	0,73	0,7	0,67	0,64	0,62	0,59	0,57	0,55	0,53								
	17	1,7	1,55	1,42	1,31	1,21	1,13	1,06	1	0,94	0,89	0,85	0,81	0,77	0,74	0,71	0,68	0,65	0,63	0,61	0,59	0,57								
	18	1,8	1,64	1,5	1,38	1,29	1,2	1,13	1,06	1	0,95	0,9	0,86	0,82	0,78	0,75	0,72	0,69	0,67	0,64	0,62	0,6								
	19	1,9	1,73	1,58	1,46	1,36	1,27	1,19	1,12	1,06	1	0,95	0,9	0,86	0,83	0,79	0,76	0,73	0,7	0,68	0,66	0,63								
	20	2	1,82	1,67	1,54	1,43	1,33	1,25	1,18	1,11	1,05	1	0,95	0,91	0,87	0,83	0,8	0,77	0,74	0,71	0,69	0,67								
	21	2,1	1,91	1,75	1,62	1,5	1,4	1,31	1,24	1,17	1,11	1,05	1	0,95	0,91	0,88	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,7								
	22	2,2	2	1,83	1,69	1,57	1,47	1,38	1,29	1,22	1,16	1,1	1,05	1	0,96	0,92	0,88	0,85	0,81	0,79	0,76	0,73								
	23	2,3	2,09	1,92	1,77	1,64	1,53	1,44	1,35	1,28	1,21	1,15	1,1	1,05	1	0,96	0,92	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77								
	24	2,4	2,18	2	1,85	1,71	1,6	1,5	1,41	1,33	1,26	1,2	1,14	1,09	1,04	1	0,96	0,92	0,89	0,86	0,83	0,8								
	25	2,5	2,27	2,08	1,92	1,79	1,67	1,56	1,47	1,39	1,32	1,25	1,19	1,14	1,09	1,04	1	0,96	0,93	0,89	0,86	0,83								
	26	2,6	2,36	2,17	2	1,86	1,73	1,63	1,53	1,44	1,37	1,3	1,24	1,18	1,13	1,08	1,04	1	0,96	0,93	0,9	0,87								
	27	2,7	2,45	2,25	2,08	1,95	1,8	1,69	1,59	1,5	1,42	1,35	1,29	1,23	1,17	1,13	1,08	1,04	1	0,96	0,93	0,9								
	28	2,8	2,55	2,33	2,15	2	1,87	1,75	1,65	1,56	1,47	1,4	1,33	1,27	1,22	1,17	1,12	1,08	1,04	1	0,97	0,93								
	29	2,9	2,64	2,42	2,23	2,07	1,93	1,81	1,71	1,61	1,53	1,45	1,38	1,32	1,26	1,21	1,16	1,12	1,07	1,04	1	0,97								
	30	3	2,73	2,5	2,31	2,14	2	1,88	1,76	1,67	1,58	1,5	1,43	1,36	1,3	1,25	1,2	1,15	1,11	1,07	1,03	1								

Basados en la tabla 35 y debido a la disponibilidad en el mercado venezolano, se escogieron las ruedas de 24 y 30 dientes (para el eje del tambor y de la rueda trasera respectivamente).

La relación entre la rueda 2 y 3 debe ser igual a 1, por lo tanto, las ruedas 2 y 3 poseen 30 dientes. En consecuencia, las ruedas 1 y 4 poseen 24 dientes. En la tabla 36 se presentan las dimensiones de este tipo de ruedas.

**Tabla 36** – Medidas de las ruedas dentadas escogidas para uso en bicicletas

<b>Medidas principales</b>	<b>30 dientes</b>	<b>24 dientes</b>
Diámetro de paso [mm]	121,498	97,298
Diámetro exterior [mm]	128,452	104,086
Diámetro interior [mm]	113,671	89,471
Espesor [mm]	3,069	3,069

### **Longitud de la cadena**

Debido a la dificultad de determinar este valor analíticamente y aún gráficamente para un sistema de inversión de giro, se determinó utilizando el asistente de diseño de cadenas del software Autodesk Inventor 2013. El mismo arrojó una longitud de  $L_{cad}=2030,23$  mm.

Con un paso de cadena de 12,7 mm, se determinó la cantidad de eslabones necesarios

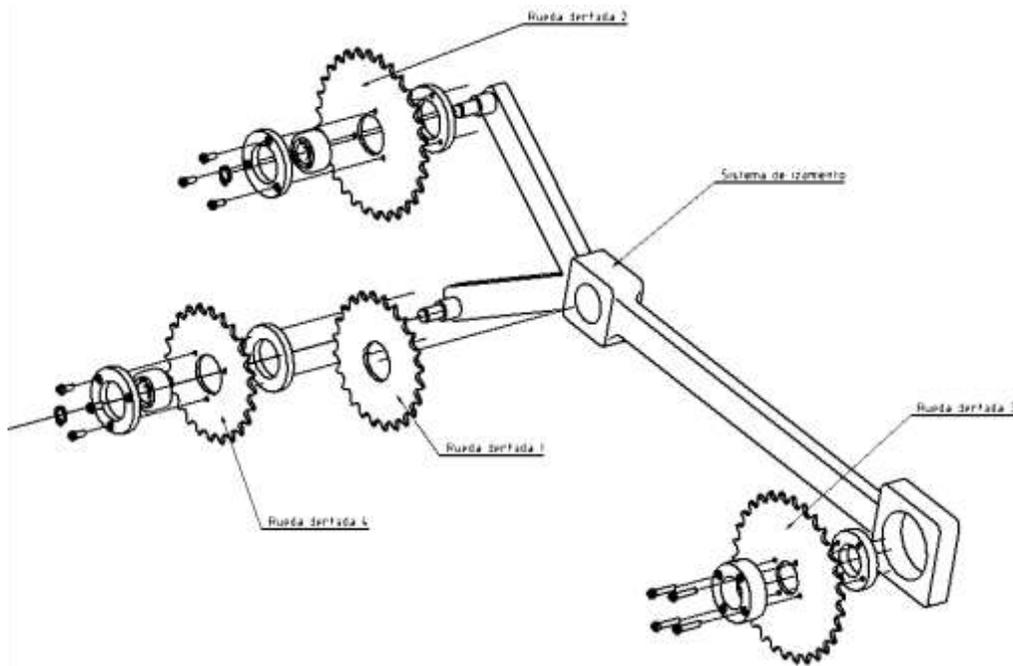
$$N_{eslabones} = \frac{L_{cad}}{p} \quad (52)$$

$$N_{eslabones} = \frac{2030,23}{12,7} = 159,86 [unid] \quad (53)$$

Por aproximación al entero mayor se tiene que la misma debe poseer 160 eslabones. Hay que tener en cuenta que la cadena no debe estar ni muy tensa ni muy floja, por lo que es posible que en la práctica se deban colocar más eslabones de los calculados.

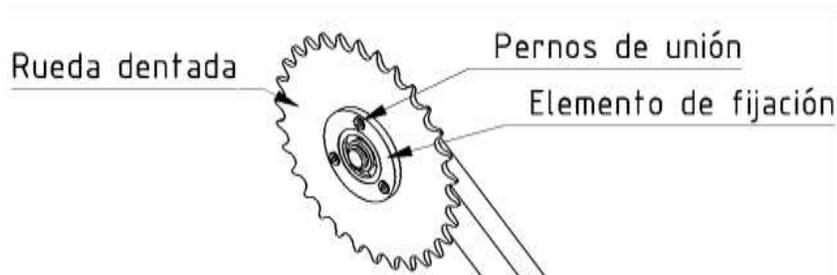
### **Ubicación de las ruedas dentadas en el equipo**

En el equipo las ruedas dentadas se colocan en el sistema de izamiento. La rueda 1 está conectada al motor de la rueda de tracción y la rueda 3 al eje del tambor de cangilones. Las ruedas 2 y 4 se ubican detrás de la rueda 1. En la figura 123 se muestra el despiece total de todo el sistema



**Figura 123** – Despiece del sistema de transmisión

Para la ubicación de las ruedas dentadas, y dado que el espesor es de apenas 3,069 mm, fue necesario el diseño de elementos de fijación. Estos elementos de fijación, válidos para las ruedas 2, 3 y 4 constan de dos aros de acero que son fijados en ambas caras de las ruedas mediante pernos (figuras 123 y 124).



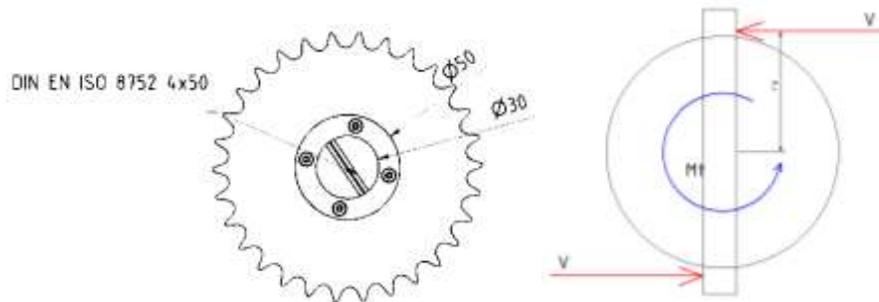
**Figura 124** - Detalle de elemento de fijación para las ruedas dentadas 2 y 4

### Selección del pasador de la transmisión

Para acoplar la rueda dentada 3, la cual es la encargada de transmitir la potencia al eje del tambor de cangilones, a dicho eje se utilizó un pasador de presión o de resorte. El pasador se coloca perforando un agujero a través del

elemento de fijación (aro de acero) y el eje (figura 124). El pasador seleccionado es el DIN en ISO 8752 4X50 de acero inoxidable. De acuerdo a la norma está diseñado para resistencia al corte mínimo de 11,24 kN.

En la tabla 37 se muestra el valor de momento torsor al que está sometido el eje del tambor y el diámetro del mismo.



**Figura 125** – Detalle de pasador del eje del tambor y de las fuerzas a las que está sometido

**Tabla 37** – Momento torsor y diámetro del eje del tambor

$M_t$ [N m]	$D_e=2r_a$ [m]
19,84	0,030

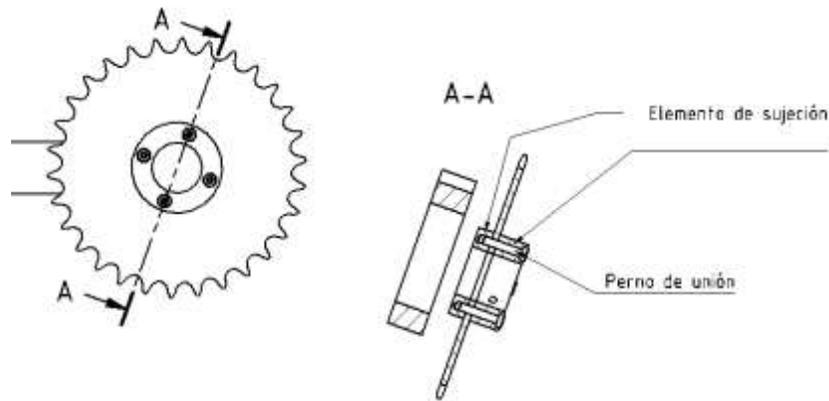
La fuerza aplicada en el pasador al momento del arranque viene dada por:

$$V = \frac{M_t}{\frac{D_e}{2}} = \frac{19,84}{\frac{0,030}{2}} = 1322,66 \text{ [N]} \quad (54)$$

Con lo que se tiene que  $11,24 \text{ KN} > 1,32 \text{ KN}$ , lo que comprueba que el pasador soporta las cargas a las que está sometido.

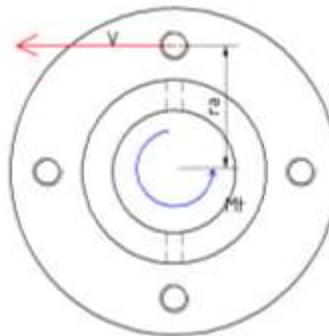
### Selección de los pernos de la transmisión

Como se dijo anteriormente los anillos de fijación están unidos a la rueda dentada mediante pernos. Para evitar interrupciones de cualquier índole, las cabezas de los pernos deben ir al ras con la cara del elemento de fijación. Por ello los pernos seleccionados son DIN 6912 (figura 126).



**Figura 126** – Detalle de pernos y sistema de sujeción de la rueda dentada, al eje del tambor de cangilones

Dado que el perno está sometido a un esfuerzo cortante simple (figura 127, tabla 38):



**Figura 127** – Ubicación de los pernos en el elemento de fijación y cargas a las que están sometidos

**Tabla 38** – Momento torsor a los que están sometidos los pernos, radio al cual están ubicados respecto al centro del eje y número de pernos

$M_t$ [N m]	ra [m]	N de pernos
19,84	0,035	4

$$V = \frac{M_t}{N r_a} = \frac{19,84}{4(0,035)} = 141,71 [N] \quad (55)$$

Debido a este resultado se seleccionaron pernos de diámetro  $D_{per}=4\text{mm}$  y  $S_y=420\text{ MPa}$  (grado 5.8). El área de corte ( $A_t$ ) de los mismos es:

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} = \frac{\pi(0,004)^2}{4} = 1,26 \times 10^{-5} [m^2] \quad (56)$$

El cálculo del esfuerzo de corte arrojó:

$$\frac{V}{A_t} = \frac{141,71}{1,26 \times 10^{-5}} = 11,27 [MPa] \quad (57)$$

$$11,27 [MPa] < \frac{420}{2\psi} [MPa] \quad (58)$$

$$11,27 [MPa] < \frac{210}{\psi} [MPa] \quad (59)$$

De la inecuación anterior se obtiene que el factor de seguridad es  $\psi = 18$ , valor que es satisfactorio para el equipo diseñado.

Debido a este resultado se seleccionaron pernos de diámetro  $D_{per} = 4\text{ mm}$  y  $S_y = 450\text{ MPa}$ . El área de corte ( $A_t$ ) de los mismos es:

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} = \frac{\pi(0,004)^2}{4} = 1,26 \times 10^{-5} [m^2] \quad (60)$$

El cálculo del esfuerzo de corte arrojó:

$$\frac{V}{A_t} = \frac{141,71}{1,26 \times 10^{-5}} = 11,27 [MPa] \quad (61)$$

$$11,27 [MPa] < \frac{450}{2\psi} [MPa] \quad (62)$$

$$11,27 \text{ [MPa]} < \frac{450}{2\psi} \text{ [MPa]} \quad (63)$$

De la inecuación anterior se obtiene que el factor de seguridad es  $\psi = 20$ , valor que es satisfactorio para el equipo diseñado.

El perno seleccionado es: DIN 6912 M4x20

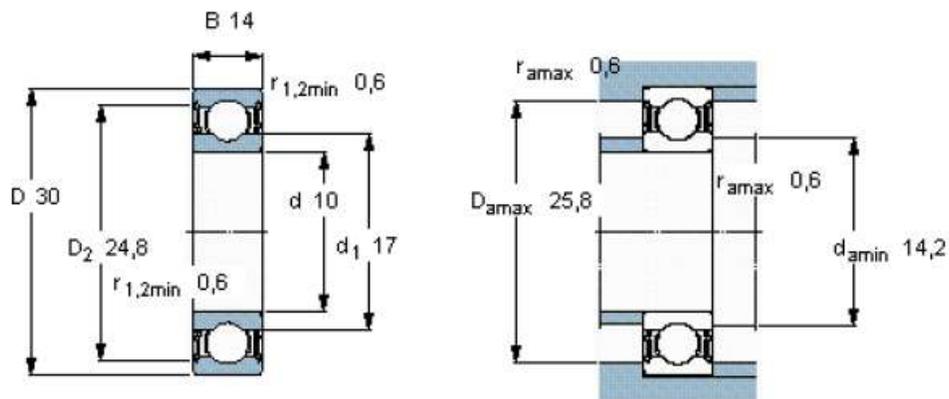
Las ruedas 2 y 4 al no transmitir potencia, cumplen la función de realizar el cambio en la dirección de giro; por lo tanto, los elementos de fijación utilizan rodamientos para facilitar el movimiento de las mismas.

Los pernos seleccionados para los elementos de fijación de las ruedas 2 y 4 son los mismos utilizados en el elemento de fijación de la rueda 3, es decir, DIN 6912 M4x20, pero en la rueda 3, se utilizaron sólo 3 pernos.

### Selección de los rodamientos de la transmisión

**Tabla 39** – Características del rodamiento SKF 62200 – 2RS1

Dimensiones principales [mm]			Cargas [kN]		Velocidad [rpm]	Designación
d	D	B	C (dinámico)	C <sub>o</sub> (estático)	Límite de velocidad	SKF
10	30	14	5,07	2,36	17000	62200-2RS1

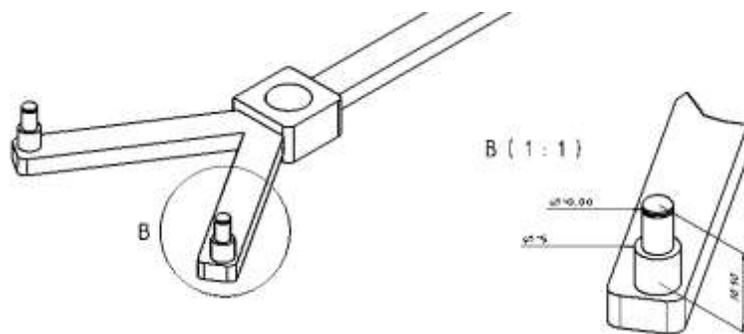


**Figura 128** – Detalles y dimensiones de rodamiento SKF 62200-2RS1

Los rodamientos seleccionados para este caso son SKF 62200 2RS1. Estos rodamientos poseen sellos en ambos lados para evitar la entrada de arena y la corrosión (tabla 39 y figura 127).

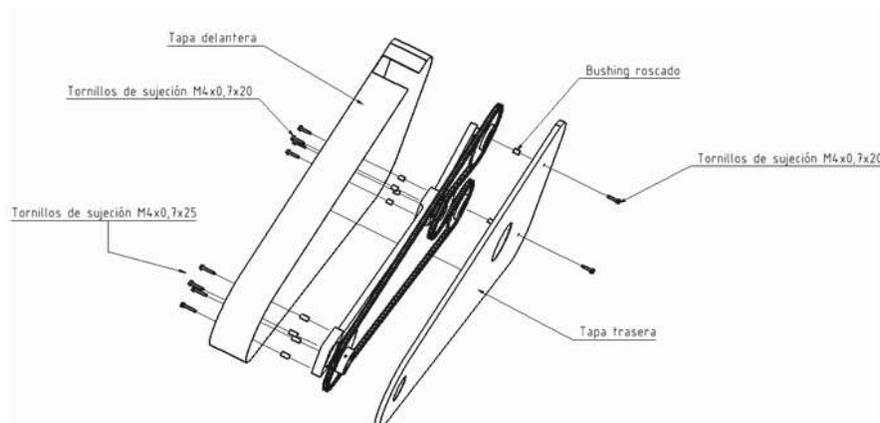
Este rodamiento admite una carga radial estática ( $C_0$ ) de 2,36 kN. La carga aplicada al rodamiento viene dada por el peso de la rueda dentada y el elemento de fijación. Este conjunto posee un peso de 3,59 N, por lo tanto  $C_0 > 3,59$  N.

Para la ubicación de los rodamientos junto al sistema de fijación y las ruedas dentadas en el sistema de izamiento, se colocaron soportes adicionales escalonados de 10 mm y 15 mm de diámetro (figura 129).



**Figura 129** – Detalle de soporte de rueda dentada en el sistema de izamiento

### Protección para el sistema de transmisión



**Figura 130** – Tapa del sistema de transmisión (ubicación y partes)

Para evitar los efectos de la corrosión y la abrasión en el sistema de transmisión se le diseñaron tapas, las cuales son de láminas de acero de 1 mm de espesor (figura 130).

Los tornillos utilizados para la sujeción de estas tapas son M4 x 0,7 x 20 y M4 x 0,7 x 25, los cuales son utilizados en chapas metálicas. Para unir los tornillos al sistema de elevación y para mantener su posición, se utilizaron “bushings” roscados.

### **Lubricación del sistema de transmisión**

Debido a que existe contacto entre los eslabones de la cadena y la rueda dentada, es necesario adoptar sistemas de lubricación para alargar su vida útil. Según la manera de lubricar se tiene la siguiente clasificación:

- Tipo A para lubricación manual o por goteo
- Tipo B para lubricación por baño o de disco
- Tipo C para lubricación por flujo de aceite
- Tipo C depende del fabricante

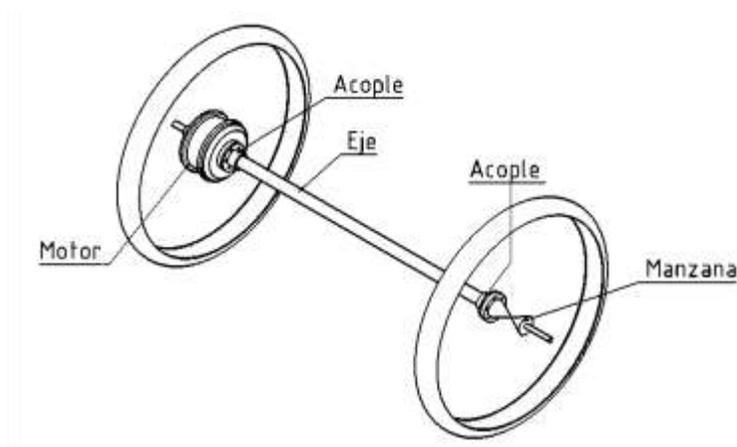
Para las condiciones de operación del sistema de transmisión del equipo se determinó que el tipo de lubricación requerido es tipo A con aceite SAE 50.

### **Árbol de transmisión**

Dado que el motor seleccionado se ubica en una sola de las ruedas traseras, es necesario transmitir la potencia a la otra, y así, evitar inconvenientes en la dirección y manejo del equipo.

Para ello se diseñó un árbol que, mediante acoples, se une a los agujeros del soporte para el freno de disco que vienen incorporados al motor. En la otra rueda se utilizó una manzana que también permite el uso de frenos de disco; ya que este soporte, al igual que el del motor está estandarizado, la

disposición de los agujeros es la misma. En la figura 131, se presenta la ubicación del árbol respecto al motor y las ruedas.

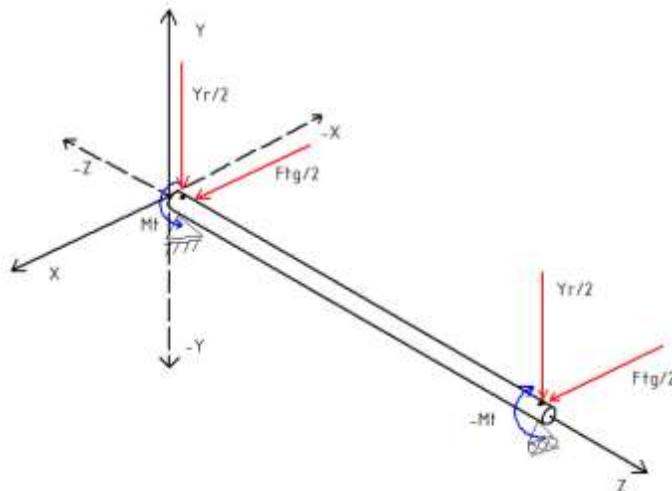


**Figura 131** – Disposición del árbol de transmisión y sus elementos adicionales. El acople corresponde al soporte para los discos de freno en ambos elementos.

Las cargas aplicadas en el árbol corresponden al momento torsor y las reacciones en el bastidor,  $Y_r$  (vertical) y  $F_{tg}$  (horizontal), calculadas en la sección 5.4.8. En la figura 132 se muestra el diagrama de cuerpo libre del árbol y en la tabla 40 se muestra el valor de las reacciones.

**Tabla 40** - Valor de las reacciones que actúan sobre el árbol de transmisión

$Y_r$ [N]	$F_{tg}$ [N]	$M_t$ [N m]
263	258,98	78,85



**Figura 132** – Diagrama de cuerpo libre del árbol de transmisión

Analizando los diagramas de corte y momento proporcionados por el software, se determinó que los valores máximos de momento flector son (tabla 41):

**Tabla 41** – Valores máximos de momento flector a los que está sometido el árbol de transmisión

Plano XZ	Plano YZ
3,45 [N m]	7,63 [N m]

Utilizando la teoría de esfuerzo de corte máximo, un factor de seguridad de 3 y el momento flector máximo, se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 42):

**Tabla 42** – Diferentes valores de resistencia y diámetros para el árbol de transmisión dependiendo del tipo de acero con el que se fabrique

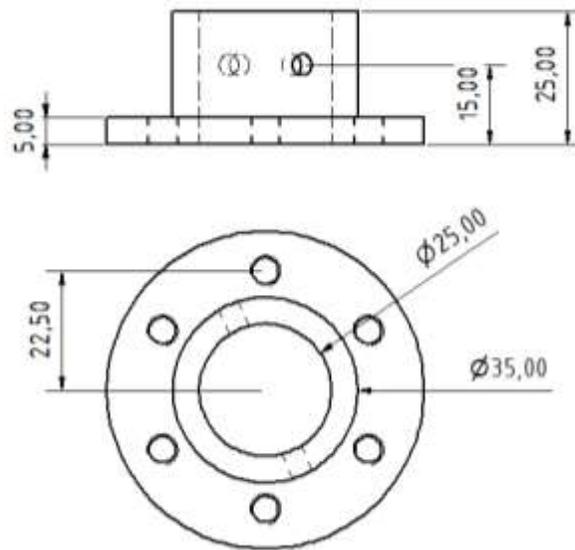
Acero AISI N°	Sy [MPa]	D [m]	D [mm]
1020	210000000	0,023	22,59
1030	260000000	0,021	21,04
1035	270000000	0,021	20,77
1040	290000000	0,020	20,29
1045	310000000	0,020	19,84
1050	340000000	0,019	19,24

De los diferentes valores obtenidos, se seleccionó el acero SAE N°1020 rolando en caliente.

Para su fabricación se seleccionó un diámetro de 25 mm sin cambio de sección.

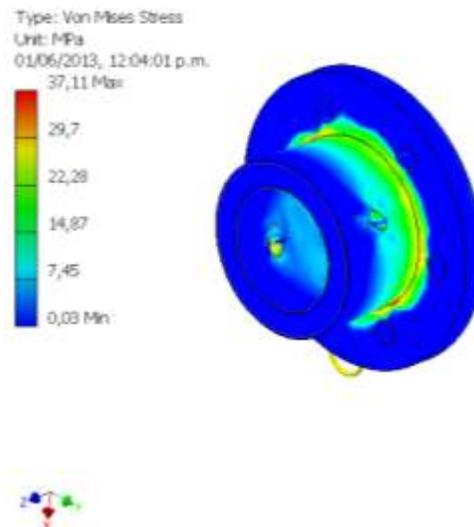
### **Diseño del acople del sistema de transmisión**

Dado que en el mercado nacional no se fabrican acoples para las medidas del soporte para los discos de freno, se diseñó uno específico para estas medidas y cargas. El mismo consta de 6 agujeros para los pernos, el agujero del eje y un agujero transversal para el alojamiento del pasador (figura 133) y está fabricado en acero SAE 1020.



**Figura 133** – Dimensiones del acople del sistema de transmisión

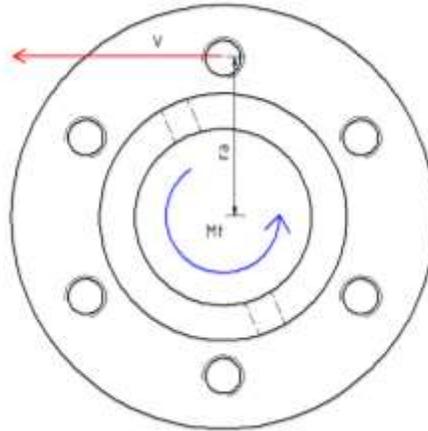
Para el análisis de esfuerzos en la pieza, se simularon los momentos torsores a los cuales se encuentra sometido, obteniendo un esfuerzo máximo según la teoría de Von – Mises de 37,11 MPa (figura 134), y un factor de seguridad de 5,58.



**Figura 134** – Diagrama de los esfuerzo a los que está sometido el acople de la transmisión

### Cálculo de pernos en el acople de la transmisión

Se utilizó el momento torsor del motor para hacer el cálculo de los pernos de este acople. En la figura 135 se muestra la ubicación de los pernos y las cargas a las que están sometidos y en la tabla 43 el valor del momento torsor.



**Figura 135** – Ubicación de los pernos en el acople de la transmisión y cargas a las que están sometidos

**Tabla 43** – Momento torsor al que están sometidos los pernos del acople de la transmisión, radio sobre el cual están ubicados respecto al centro del acople y número de pernos

$M_t$ [N m]	$r_a$ [m]	N de pernos
82,90	0,023	6

Dado que el perno está sometido a un esfuerzo cortante simple

$$V = \frac{M_t}{N r_a} = \frac{82,90}{6(0,023)} = 600,72 \text{ [N]} \quad (64)$$

Se seleccionó un perno de  $D_{per} = 5$  mm de diámetro y  $S_y = 450$  MPa, se tiene que el área de corte ( $A_t$ ) viene dada por

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} = \frac{\pi(0,005)^2}{4} = 1,96 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} \quad (65)$$

$$\frac{V}{A} = \frac{600,72}{1,96 \times 10^{-5}} = 30,59 \text{ [MPa]} \quad (66)$$

$$30,59 \text{ MPa} \leq \frac{450}{2\psi} = \frac{225}{\psi} \quad (67)$$

De la inecuación anterior se tiene que  $\psi = 4,88$ ; valor que es satisfactorio para el diseño.

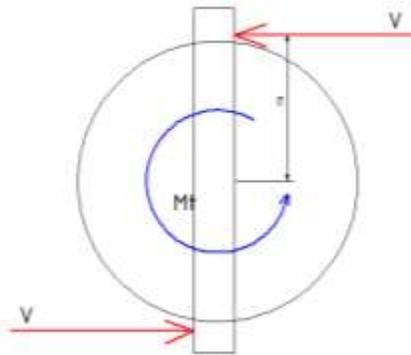
Los pernos seleccionados para el acople fueron DIN M5X10.

### Selección del pasador del árbol de transmisión

Para transmitir la potencia del motor al árbol de transmisión se utilizó pasador de presión o de resorte, el cual atraviesa el acople de la transmisión y el árbol.

Para un diámetro de eje  $D_e = 0,025 \text{ m}$  se tiene que:

Dado que el perno está sometido a esfuerzo cortante (figura 136, tabla 44):



**Figura 136** – Fuerzas y momentos a los que está sometido el pasador del árbol de transmisión

**Tabla 44** – Momento torsor al que está sometido el árbol de transmisión y diámetro del mismo

$M_t$ [N m]	$D_e = 2r_a$ [m]
30,59	0,025

$$V = \frac{Mt}{\frac{De}{2}} = \frac{30,59}{\frac{0,025}{2}} = 2,44 \text{ [kN]} \quad (68)$$

El pasador seleccionado es del tipo DIN EN ISO 8752 4X35, el cual soporta esfuerzos cortantes de hasta 11,24 kN.

$$V = 2,44 \text{ [kN]} < 11,24 \text{ [kN]} \quad (69)$$

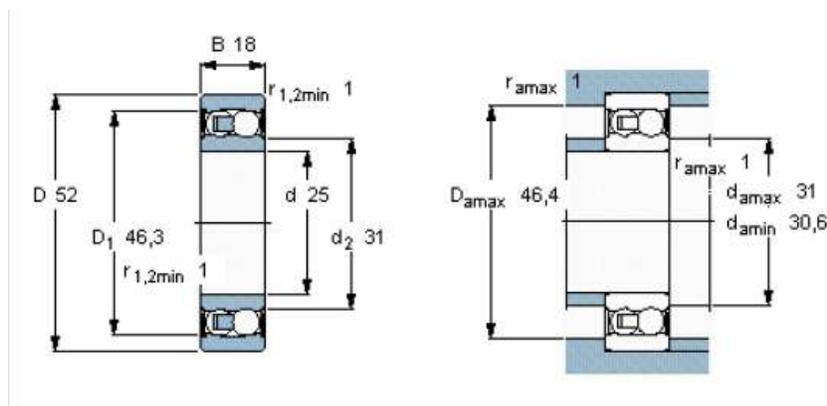
### Selección de rodamientos del árbol de transmisión

Para el apoyo del eje se seleccionó un rodamiento que se ajuste al diámetro establecido, en este caso 25 mm. Además estos están insertos en las chumaceras.

Según SKF, el rodamiento autoalineante que se adapta a la medida es (tabla 45 y figura 137):

**Tabla 45** –Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

Dimensiones principales [mm]			Cargas (kN)		Velocidad (rpm)	Designación
d	D	B	C (Dinámico)	C <sub>0</sub> (Estático)	Límite de velocidad	SKF
25	52	18	14,3	4	1000	2205 E-2RS1



**Figura 137** – Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

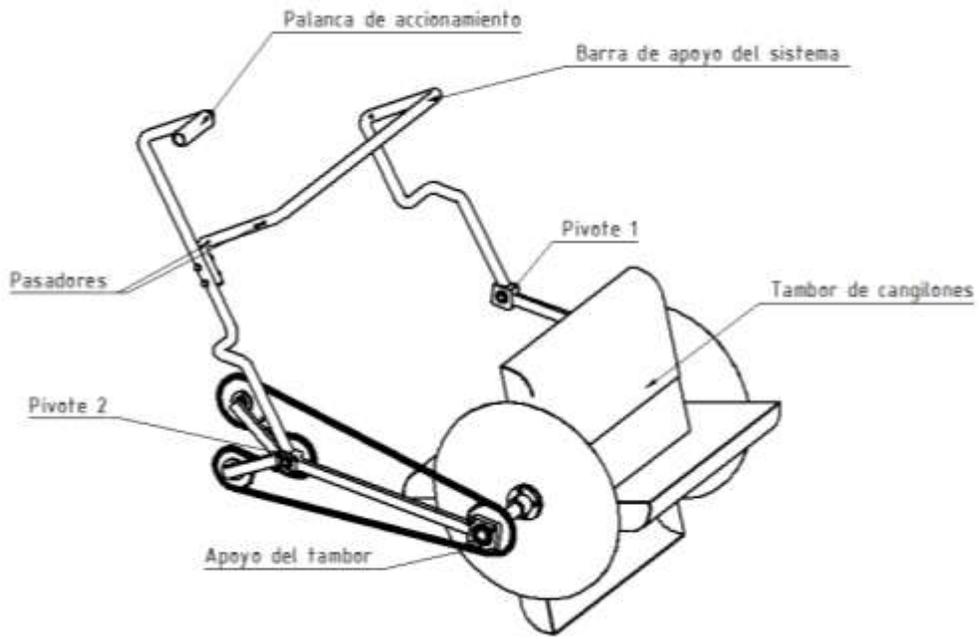
#### **5.4.6 Sistema de izamiento del tambor de cangilones**

Se plantearon dos soluciones diferentes para desactivar el sistema de recolección, una fue diseñar los cangilones para que los mismos pudieran ser retraídos hacia el tambor, la segunda un sistema que permitiera el izamiento de todo el tambor.

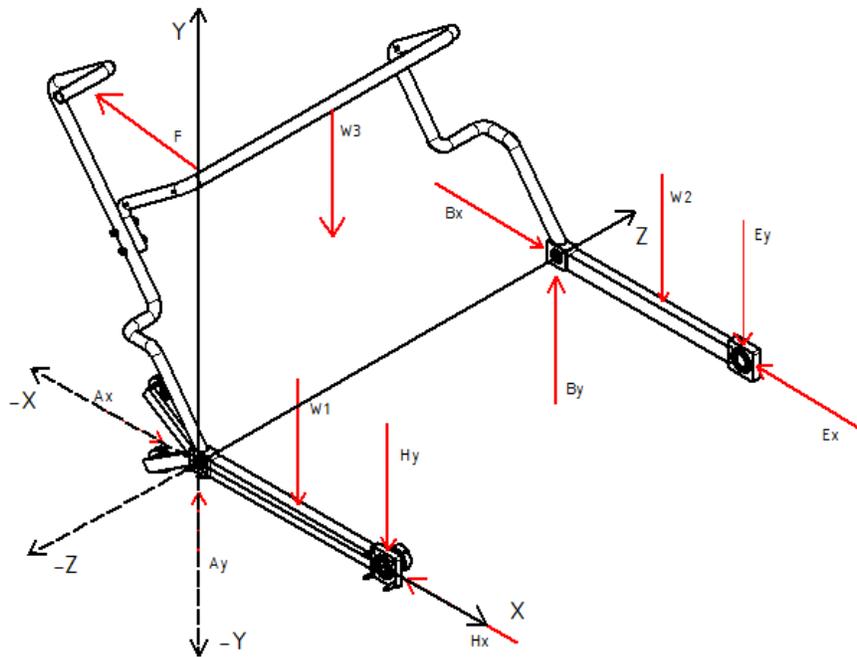
Ya que los cangilones realizan labores de dragado en la arena esto requeriría que los mismos fuesen lo suficientemente resistentes para soportar dichas cargas y además ser móviles. Debido a esto y a la sencilla configuración que se logró para un tambor con cangilones fijos (sección 5.4.3) se optó por el sistema de izamiento. Este sistema es activado de manera manual por el operario.

En la figura 138 se muestran las partes del sistema. Éste está unido al tambor de cangilones mediante dos perfiles rectangulares en cuyos extremos se encuentran chumaceras en las que se alojan los rodamientos: los rodamientos delanteros alojan el eje del tambor de cangilones, mientras que los traseros alojan los ejes de la manzana de la rueda trasera y el eje del motor eléctrico. Los rodamientos traseros también permiten el pivoteo del sistema de izamiento; además para permitir el izamiento, uno de los perfiles rectangulares soporta el sistema de transmisión por cadena.

Adicionalmente el mismo posee una barra transversal que funciona como apoyo del sistema. Esta barra reposa sobre la estructura en dos posiciones respecto al suelo: una horizontal cuando el tambor de cangilones está abajo y otra a 18° respecto al suelo cuando el tambor está izado. El apoyo de este sistema en la estructura del equipo se realiza mediante un pasador removible, lo cual permite que el operario no tenga que sostener el sistema en la posición deseada.



**Figura 138** – Sistema de izamiento y partes



**Figura 139** – Diagrama de fuerzas del sistema de izamiento

Para que el sistema de izamiento funcionara de forma manual fue necesario calcular la fuerza que el operario (F) debe aplicar para accionarlo, la que debe ser menor a 29 kgf (284,49 N), valor máximo de empuje vertical hacia abajo a altura del codo, proporcionado por el Centro Canadiense de Higiene y Seguridad Ocupacional (Canadian Centre for Occupational Health and Safety - CCOHS).

Para calcular la fuerza “F” necesaria para la activación del sistema (la cual se supone horizontal), se realizó la sumatoria de fuerzas y momentos utilizando vectores unitarios. Se tomó como origen el punto A (figura 139).

En la tabla 46 se define el punto de ubicación de cada reacción en el sistema:

**Tabla 46** – Cargas y reacciones en el sistema de izamiento

Reacción	Vectores unitarios			Cargas [N]
	i	j	k	
Ax	0	0	0	incógnita
Ay	0	0	0	incógnita
Bx	1	0	0	incógnita
By	1	0	0	incógnita
Ex	0,51	1	0	0
Ey	0,51	1	0	78
F	-0,51	0,7	0,06	incógnita
Hx	0,51	0	0	0
Hy	0,51	0	0	78
W <sub>1</sub>	0,21	0	0	40,81
W <sub>2</sub>	0	0	1	12,33
W <sub>3</sub>	-0,23	0,37	0,4	35

$$\sum F = Axi + Ayj - W1j - Hxi - Hyj - Exi - Eyj - W2j + Bxi + Byj - W3j - Fxi + Fyj \quad (70)$$

$$\sum F = (Ax - Hx - Ex + Bx - 0,43F)i + (Ay - W1 - Hy - Ey - W2 + By - W3 - 0,9F)j + (0)k \quad (71)$$

Tomando en cuenta que  $\sum M_A = 0$ , se tiene que:

$$\begin{aligned} \sum M_A = & (-0,1Ey - 0,1W2 - 0,1By - 0,4 W3 + 0,005F)i \\ & + (-0,1Ex + 0,1Bx - 0,003F)j \\ & + (-0,26W1 - 0,51Hy - 0,51Ey - 0,21W2 \\ & + 0,26W3 + 0,77F)k = 0 \end{aligned} \quad (72)$$

Haciendo el momento correspondiente al vector unitario “k” igual a cero se obtuvo que la fuerza “F” es de

$$F = 110,83 [N] = 11,3 [kgf] < 122,63 [N] \quad (73)$$

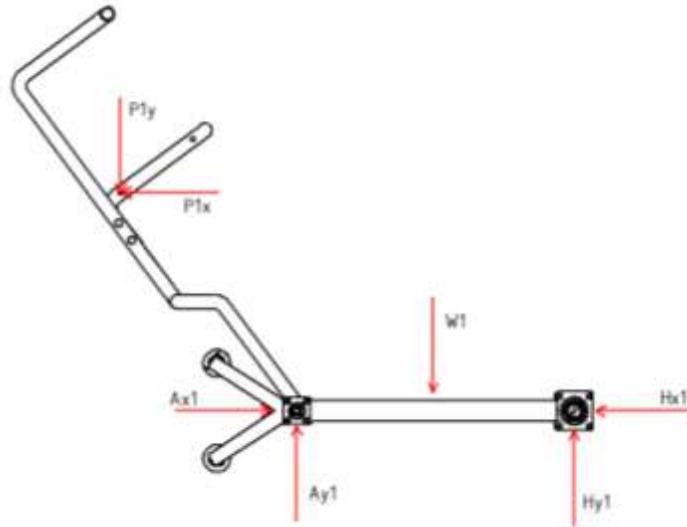
Sustituyendo F en la ecuación 74 hallamos las reacciones en los puntos A y B, los cuales son necesarios para verificar alguna falla en el eje de la manzana, son (tabla 47):

**Tabla 47**– Valores de las reacciones en los puntos A y B del sistema de izamiento

Reacción	Magnitud [N]
Ax	44,33
Ay	123
BX	3,33
By	-227.97

### Cálculo de pasadores del sistema de izamiento

Los pasadores que mantienen en posición el sistema de izamiento se calcularon en dos casos: uno en posición horizontal con cargas en el tambor y el otro en posición de izado. Debido a que las cargas son desiguales en ambos lados, se procedió al cálculo del pasador en el lado más desfavorable, es decir, del lado donde se localiza el sistema de transmisión. En el diagrama de cuerpo libre presentado en la figura 140 se pueden observar las diferentes cargas a las cuales está sometido el sistema de izamiento en este lado cuando el mismo está abajo, el cual es el peor escenario para este sistema.



**Figura 140** – Diagrama de cuerpo libre del sistema de izamiento teniendo en cuenta las cargas que actúan del lado que porta el sistema de transmisión. En esta configuración el sistema está abajo

Las reacciones en la chumacera que aloja el eje del tambor se presentan en la tabla 48, el resto de las reacciones se presentaron en la tabla 44:

**Tabla 48** – Reacciones en la chumacera del sistema de izamiento que aloja el eje del tambor de cangilones

Hx1 [N]	Hy1 [N]
24,81	349

Realizando sumatorias de fuerzas y momentos se tiene:

$$\sum F_x = -P1x + Ax + Hx1 = 0 \quad (74)$$

$$\sum F_y = -W1 + P1y + Ay + Hy1 = 0 \quad (75)$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = & -W1(0,205) + H1(0,51) - P1 \text{ seno } 45^\circ (0,38) \\ & - P1 \text{ cos } 45^\circ (0,34) = 0 \end{aligned} \quad (76)$$

Despejando P1 de la ecuación 79 se determinó que:

$$P1 = 334,98 [N] \quad (77)$$

Para seleccionar el diámetro del pasador se aplicó la teoría de esfuerzo de corte máximo. Se seleccionó un pasador de diámetro  $D_{pas} = 4 \text{ mm}$ , con este valor se calculó el área de corte ( $A_t$ ).

$$A_t = \frac{\pi D_{pas}^2}{4} = \frac{\pi(0,006)^2}{4} = 2,82 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} \quad (78)$$

Se seleccionó un pasador DIN EN 22341 BB - 6x55 de acero inoxidable con  $S_y = 190 \text{ MPa}$ .

$$\frac{V}{A_t} = \frac{334,98}{2,82 \times 10^{-5}} = 11,85 \text{ [MPa]} \quad (79)$$

$$11,85 \text{ [MPa]} \leq \frac{190}{2\psi} = \frac{80}{\psi} \quad (80)$$

De la inequación anterior se determinó que el valor del factor de seguridad es de  $\psi = 6,75$ .

### Análisis del sistema de izamiento



**Figura 141** – Esquema de esfuerzos a los que está sometido el sistema de izamiento

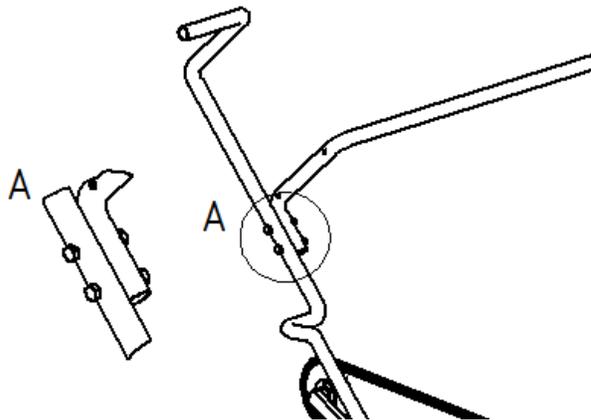
El sistema de izamiento fue evaluado en la condición de operación más desfavorable, la cual es cuando el mismo está abajo y los cangilones están dragando la arena. Para esta condición se obtuvo:

Un esfuerzo máximo de 70,01 MPa (figura 140)

La deflexión máxima obtenida fue de 1,54 mm; mientras que el factor de seguridad mínimo es de 2,96. Ambos valores son satisfactorios para el diseño.

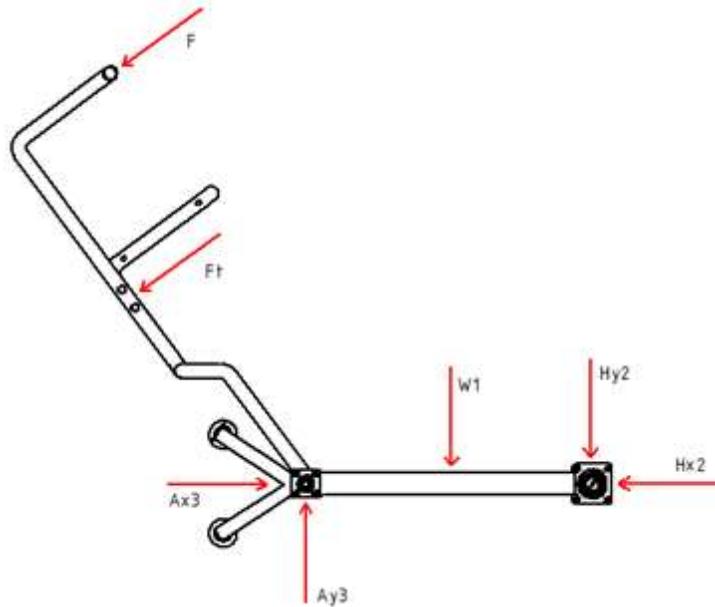
### **Pernos de unión del sistema de izamiento**

En la figura 142 se observa que el sistema de izamiento posee dos partes, las cuales están unidas mediante pernos.



**Figura 142** – Detalle de la unión (pernada) entre las dos piezas que componen el sistema de izamiento

Para el cálculo de estos pernos se estableció cuál era la carga aplicada en esa sección de la estructura del sistema y se seleccionó un diámetro para los mismos. En la figura 143 se presenta el diagrama de cuerpo libre utilizado.



**Figura 143** – Diagrama de cuerpo libre del sistema de izamiento utilizado para calcular la unión pernada

$$\sum M_A = -W1(0,21) - Hy2(0,51) + F(0,81) + Ft(0,46) = 0 \quad (81)$$

Despejando la ecuación anterior se determinó que

Seleccionamos un perno de 8 mm de diámetro y con un  $S_y = 420$  MPa (grado 5.8)

$$\frac{V}{A_t} = \frac{152,11}{5,03 \times 10^{-5}} = 3,03 \text{ [MPa]} \quad (82)$$

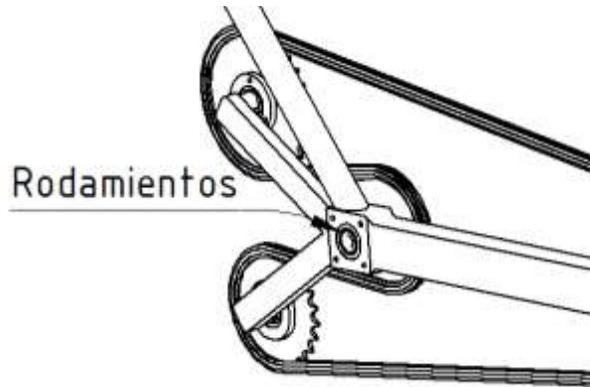
Aplicando la teoría de esfuerzo cortante máximo:

$$3,03 \text{ [MPa]} \leq \frac{420}{2\psi} = \frac{210}{\psi} \quad (83)$$

El valor de factor de seguridad de los pernos es de  $\psi = 69$ ; valor que indica que los mismos están sobredimensionados. Se selecciona un perno de menor grado (4.6), cuyo nuevo factor de seguridad es  $\psi = 39$ .

### Soporte para rodamientos del sistema de izamiento

Para permitir el pivoteo del sistema de izamiento, se utilizaron rodamientos. Estos se encuentran alojados en la chumacera de la barra que sostiene el tambor (figura 144).



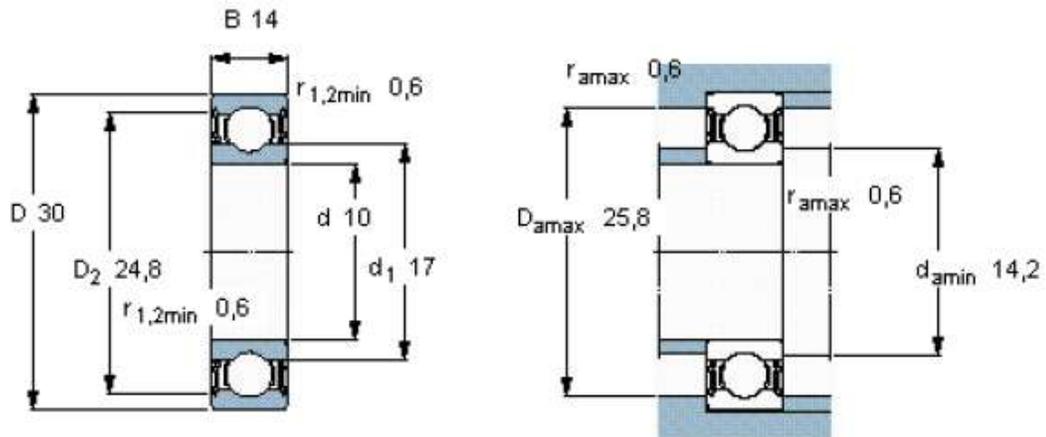
**Figura 144** – Rodamientos del sistema de izamiento

Dado que la chumacera posee 28 mm de espesor y un diámetro de 30 mm, se utilizaron dos rodamientos.

El rodamiento que se adapta a la medida y condiciones de carga es SKF 2205 E-2RS1. En la tabla 49 se presentan sus características y en la figura 145 se pueden observar sus detalles:

**Tabla 49** – Características del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

Dimensiones principales [mm]			Cargas [kN]		Velocidad [rpm]	Designación
d	D	B	C (Dinámico)	C <sub>0</sub> (Estático)	Límite de velocidad	SKF
10	30	14	5,07	2,36	17000	62200 – 2RS1

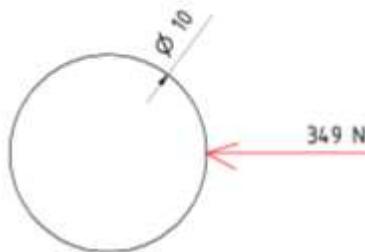


**Figura 145** – Dimensiones del rodamiento SKF 2205 E-2RS1

Este rodamiento admite una carga radial estática ( $C_0$ ) de 2,36 kN. La mayor carga aplicada al rodamiento viene dada cuando el tambor está en funcionamiento, la cual es de 0,350 kN aproximadamente. Adicionalmente, los rodamientos son sellados para evitar el contacto con la arena y el salitre.

### **Eje de la manzana de la rueda trasera**

El sistema de izamiento pivotea en el eje de las manzanas de la rueda trasera y en el eje del motor. Fue necesario verificar que el eje que trae la manzana, de fábrica, pudiera soportar las cargas a las que será sometido.



**Figura 146** – Diagrama de cuerpo libre del eje de la manzana de la rueda trasera

La mayor carga aplicada sobre este eje es de  $V = 349$  N. La mayoría de los ejes de manzana conseguidos en el mercado están fabricados de acero 4130 CrMo, el cual posee un  $S_y$  de 480 MPa con un diámetro de  $D_{eje} = 10$  mm. Aplicando la

fuerza radial (figura 146) sobre el eje se tiene que el área de corte ( $A_t$ ) y el factor de seguridad son:

$$A_t = \frac{\pi D_{eje}^2}{4} = \frac{\pi(0,010)^2}{4} = 7,85 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} \quad (84)$$

$$\frac{V}{A_t} = \frac{349}{7,85 \times 10^{-5}} = 4,44 \text{ [MPa]} \quad (85)$$

$$4,44 \text{ [MPa]} \leq \frac{480}{2\psi} = \frac{240}{\psi} \quad (86)$$

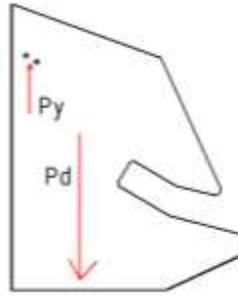
De la inecuación anterior se tiene que  $\psi = 54$ , valor satisfactorio para el diseño del equipo.

#### 5.4.7 Depósito

##### Análisis del depósito

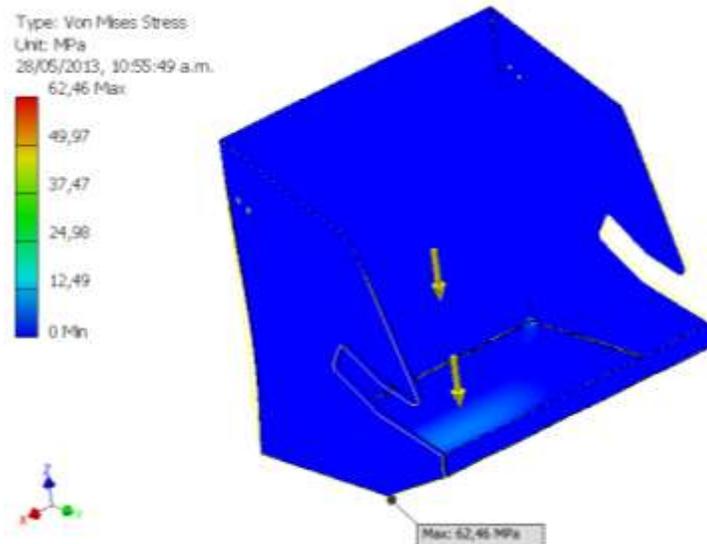
El depósito está constituido por láminas de acero de 1 mm de espesor. El peso del mismo con sus accesorios es de 9,2 kgf. Gracias a la geometría de la agarradera y guías, y a la ubicación del conjunto respecto al suelo, este peso (y aún cuando el mismo esté lleno) representa un valor admisible para ser izado por el operario (en base a los resultados arrojados por la calculadora de cargas de izamiento proporcionada en la página web del Centro Canadiense para Higiene y Salud Ocupacional).

Para verificar las deformaciones en el depósito se simuló el mismo sometido a una carga de 10 kgf, en el centro del fondo (carga máxima a la que se espera que el depósito esté sometido, basado en la densidad de los desechos a recolectar; este valor corresponde al depósito lleno de 0,025 m<sup>3</sup> de vidrio, carga que nunca se alcanzará en la realidad). En la figura 146 se presenta el diagrama de cuerpo libre del depósito, donde  $P_y$  y  $P_d$  son iguales en magnitud (19,2 kgf = 188,35 N), pero tienen sentidos opuestos.



**Figura 147** – Diagrama de cuerpo libre del depósito

El esfuerzo máximo es de 62,46 MPa (figura 148)

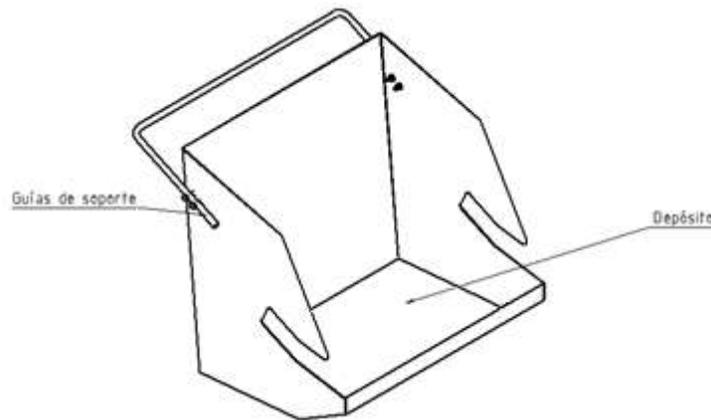


**Figura 148** – Diagrama de los esfuerzos a los que está sometido el depósito

La deflexión máxima es de 1,43 mm. El factor de seguridad del depósito es de 3,31, el cual es un valor satisfactorio para el diseño.

El depósito está ubicado 35 mm por encima del suelo (medido respecto al fondo del mismo). La capacidad garantizada del depósito mostrado es de 25 litros ( $0,025 \text{ m}^3$ ), sin embargo se prevé el apilamiento de desechos al caer en el depósito, con lo que la capacidad del mismo se vería aumentada.

Para desmontar el depósito del equipo se diseñó un sistema de guías y agarradera, estos permitirán al operario manipularlo sin inconvenientes. Estas guías se ubican en ambos lados y se sujetan de la estructura (figura 149).

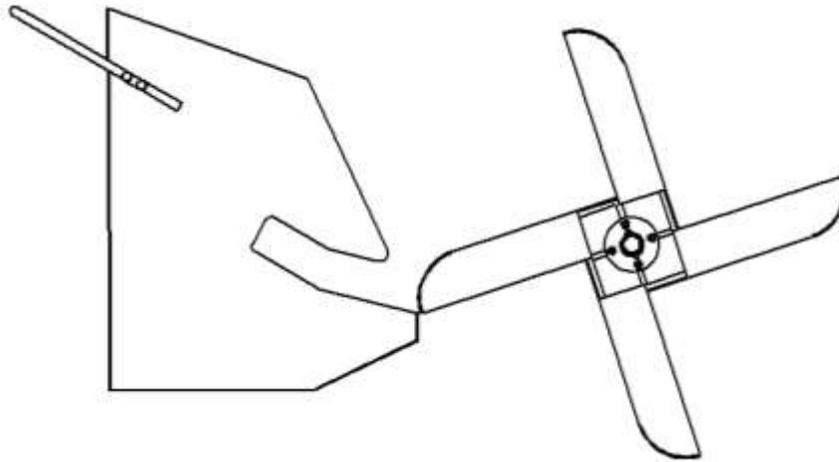


**Figura 149** – Ubicación de guías de soporte y agarradera en el depósito

### **Ubicación del depósito**

El depósito se localiza en la parte posterior del equipo, apenas separado de la trayectoria circular de los cangilones. El mismo está ubicado de tal manera que cuando un cangilón está descargándose, el cangilón anterior sirve de rampa (de 18° de inclinación máxima respecto a la horizontal) para los desechos (figura 150).

Se estima que, gracias a la velocidad angular del tambor, la descarga de los desechos será de tipo centrífuga (esto es difícil de calcular ya que los desechos son de diferentes tamaños y pesos, sin embargo se determinó que se consideran como guijarros grandes, la descarga sería centrífuga), esto quiere decir que los mismos son expulsados del tambor. Debido a esta razón se estima que todos los desechos llegarán al depósito antes de que el “cangilón rampa” sobrepase los 18° de inclinación y se abra una brecha entre éste y el depósito.



**Figura 150** – Esquema de ubicación del depósito respecto al tambor de cangilones

### Cálculo de pernos del depósito

Para sujetar el sistema guías/abrazadera al depósito se seleccionaron  $N = 4$  pernos de diámetro  $D_{per} = 8 \text{ mm}$  con un  $S_y = 450 \text{ MPa}$

$$V = \frac{P_y}{N} = \frac{188,35}{4} = 47,09 \text{ [N]} \quad (87)$$

El área de corte ( $A_t$ ) viene dada por:

$$A_t = \frac{\pi D_{per}^2}{4} = \frac{\pi(0,008)^2}{4} = 5,03 \times 10^{-5} \text{ [m}^2\text{]} \quad (88)$$

$$\frac{V}{A_t} = \frac{47,09}{5,03 \times 10^{-5}} = 0,94 \text{ [MPa]} \quad (89)$$

$$0,94 \text{ [MPa]} \leq \frac{450}{2\psi} = \frac{225}{\psi} \quad (90)$$

De la inecuación anterior se tiene que  $\psi = 266$ , valor satisfactorio para el diseño del equipo.

Si bien este factor está sobredimensionado, cabe destacar que dadas las características del depósito, las guías y la longitud necesaria del tornillo, se

debió seleccionar pernos con dicho diámetro. Los pernos seleccionados son DIN 609 M8x40.

#### **5.4.8 Condiciones de marcha del equipo**

Para garantizar que el equipo pudiera desplazarse a través de la arena fue necesario determinar las fuerzas de resistencia a la rodadura a las que el equipo está sometido, así como las fuerzas de adherencia en sus ruedas, para evaluar si las mismas son suficientes para garantizar la rodadura sin deslizamiento de las mismas.

Para determinar dichas fuerzas se analizaron 2 escenarios diferentes. El primero cuando el sistema de recolección del equipo se encuentra desactivado (izado, por lo tanto los cangilones se encuentran fuera del manto arenoso), el segundo cuando el sistema de recolección se encuentra activado (los cangilones están dragando la arena).

Debido a lo planteado en el capítulo IV se hizo todo lo posible para que el equipo pudiera operar sin la ayuda de un motor, esto quiere decir que el equipo fuese manual, sin embargo al calcular las fuerzas mencionadas con anterioridad se determinó que cuando el sistema de recolección del equipo está activado el mismo no puede operar con potencia humana, aunque sí puede hacerlo con el sistema de recolección desactivado.

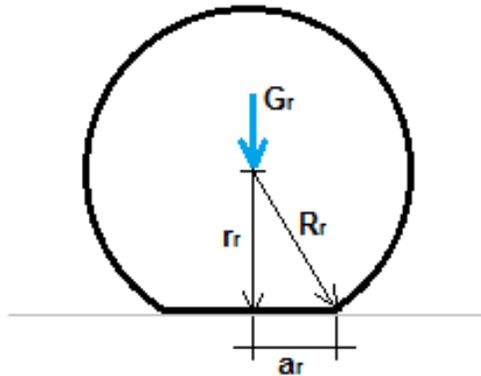
Por esta razón se planteó la adaptación de un motor eléctrico a las ruedas traseras como fuente de potencia y se realizaron análisis en los mismos 2 escenarios que en el caso del equipo manual. Al realizar estos análisis se determinó que con la adaptación del motor sí se logra garantizar la operación del mismo en condición de rodadura sin deslizamiento, además se elimina la necesidad de empuje por parte del operario, el cual queda sólo con la función de dirigir el equipo.

En esta sección se muestra con detalles los análisis realizados.

### Deformación normal de las ruedas del equipo

Cuando una rueda neumática es sometida a una carga vertical  $G$  la misma presenta una deformación, esta deformación depende de la magnitud de dicha carga y de la presión de inflado del neumático (Gurevich, 1978).

Esta deformación genera tanto un aumento del área de contacto entre el neumático y el suelo como una reducción del radio de la rueda en el área de contacto (figura 151).



**Figura 151** – Deformación que sufre una rueda debido a la carga vertical  $G_r$  a la que está sometida

La magnitud del área de contacto viene dada por:

$$A_n = \frac{G_r}{P_i} \quad (91)$$

Donde:

**$A_n$** : Área de contacto entre el neumático y el suelo

**$G_r$** : Carga vertical a la que está sometida la rueda

**$P_i$** : Presión de inflado del neumático

A su vez el área de contacto también puede ser expresada como:

$$A_n = 2a_r b_n \quad (92)$$

$$a_r = \frac{A_n}{2b_n} \quad (93)$$

Donde:

**A<sub>n</sub>**: Área de contacto entre el neumático y el suelo

**a<sub>r</sub>**: Deformación horizontal del neumático medido desde el centro al extremo del mismo (Figura 149)

**b<sub>n</sub>**: ancho del neumático

El radio reducido de la rueda viene dado por

$$r_r = \sqrt{R_r^2 - a_r^2} \quad (94)$$

Donde:

**r<sub>r</sub>**: Radio reducido de la rueda (Figura 149)

**R<sub>r</sub>**: Radio original de la rueda

**a<sub>r</sub>**: Deformación horizontal del neumático medido desde el centro al extremo del mismo (Figura 149)

Los valores de inflado suministrados por los fabricantes de neumáticos de bicicleta estilo montañera (aptos para terrenos dificultosos) están entre 35 psi y 80 psi ( $2,45 \frac{kgf}{cm^2}$  y  $5,51 \frac{kgf}{cm^2}$ ) y el ancho estándar de los mismos es de 4,5 cm.

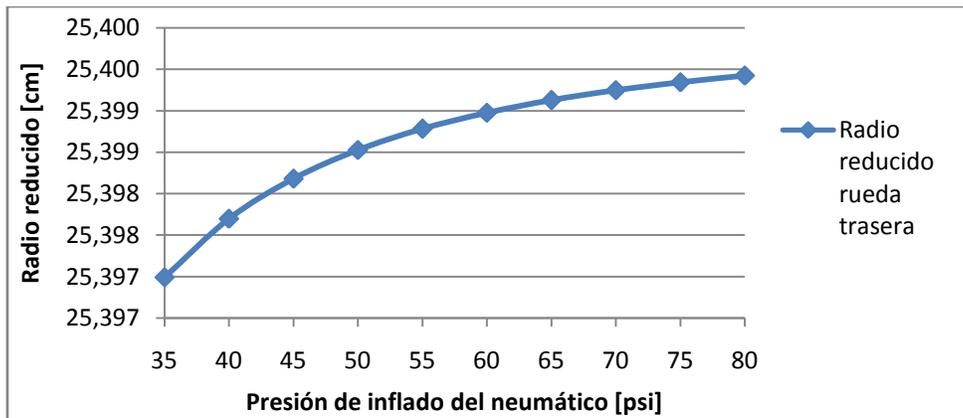
Se evaluarán las deformaciones para el caso del equipo con motor, ya que este equipo presenta el mayor peso. Los datos utilizados para este análisis se

presentan en la tabla 50. El valor “a” corresponde a la distancia horizontal desde el centro de la rueda trasera del equipo al centro de masa del equipo, cuando el sistema de recolección está activado.

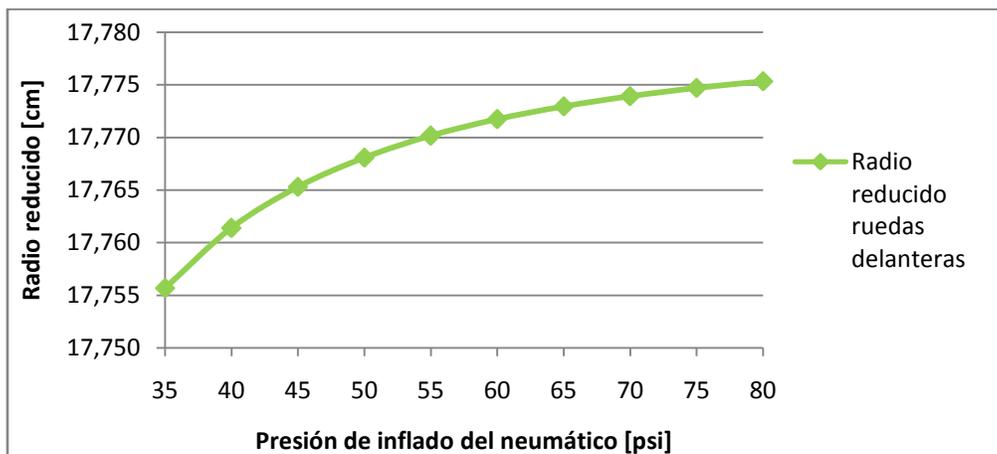
**Tabla 50** – Valores utilizados para la determinación de la deformación de las ruedas

G [kgf]	a [cm]	Gd/2 [kgf]	Gr/2 [kgf]	Rr [cm]	Rd [cm]	br [cm]	Pi [kgf/cm <sup>2</sup> ]
58,47	16,1	8,65	20,58	25,4	17,8	4,5	2,46 – 5,62

Los valores de radios reducidos correspondientes a una rueda trasera y una delantera ( $r_r$  y  $r_d$  respectivamente) se muestran en las figuras 152 y 153:



**Figura 152** – Radio reducido de las ruedas traseras debido a la deformación



**Figura 153** – Radio reducido de las ruedas delanteras debido a la deformación

Dependiendo de las características de deformación que presenten las ruedas y el terreno al momento de la rodadura, el análisis a realizar será diferente.

Debido a que las deformaciones que sufren las ruedas de este equipo son tan bajas (los radios de ambas ruedas se reducen menos de 1 mm) las mismas se despreciaron, y se trabajó como si las mismas fuesen rígidas. Por otro lado, el terreno en el cual operará el equipo es arena seca, por lo que se considera que el mismo es deformable.

### **Resistencia a la rodadura y fuerza de adherencia máxima**

La resistencia a la rodadura es una resistencia (fuerzas y momentos) que se produce en las ruedas debido a las deformaciones que sufren las ruedas.

La otra condición de marcha analizada fueron las fuerzas de adherencia máxima que puede soportar cada una de las ruedas del equipo y verificar que las mismas no sean superadas, ya que de ser así las ruedas presentarían deslizamiento.

Como se verá más adelante, el valor de las fuerzas de resistencia a la rodadura depende de un coeficiente de resistencia a la rodadura " $f$ ", y las fuerzas de adherencia máximas dependen de un coeficiente de adherencia " $\varphi$ ". Chudakov (1977) señala que la ciencia sobre la mecánica de los terrenos está basada en análisis y datos de carácter empírico, esto es aún más cierto cuando se habla de estos coeficientes ya que los mismos dependen directamente de la geometría específica de los neumáticos, así como de las características específicas del terreno donde operará el equipo.

El mismo autor presenta diferentes valores de coeficiente de resistencia a la rodadura y de adherencia para automóviles en diversas situaciones. (Tabla 51)

**Tabla 51** – Valores de los coeficientes de resistencia a la rodadura “f” y de adherencia “φ” para automóviles en diferentes tipos de terreno (Chudacov, 1977)

Tipo de camino	f	φ
Carretera asfaltada	0,015 - 0,020	0,60 - 0,75
Camino de grava	0,020 - 0,030	0,50 - 0,65
Pavimento de guijo	0,025 - 0,035	0,40 - 0,50
Camino de tierra seco	0,030 - 0,050	0,50 - 0,70
Camino de tierra húmeda	0,050 - 0,150	0,35 - 0,50
Arena	0,100 - 0,300	0,65 - 0,75
Camino de nieve apisonada	0,030 - 0,040	0,30 - 0,35

En este trabajo se utilizaron los valores promedios de los coeficientes presentados en la tabla 50. Sabiendo que los mismos pueden no ajustarse a las condiciones reales en las que opera el equipo diseñado, los mismos fueron utilizados como valores de referencia. Se recomienda que dichos valores sean verificados para las condiciones de operación reales.

#### **Análisis de condición de marcha**

A continuación se presentan los análisis de condición de marcha, realizados a las diferentes configuraciones del equipo. Estos análisis están basados en los realizados por Chudakov (1977) para tractores agrícolas y vehículos. Los mismos se hicieron previendo una inclinación del terreno de 5° (en general las playas no presentan inclinaciones pronunciadas en la zona de arena seca), sin embargo se determinó que el equipo puede operar con una inclinación de hasta 10,5° con el motor seleccionado. La velocidad de avance utilizada es la velocidad de recolección calculada con anterioridad  $V_{rec}=0,65$  m/s.

La terminología y abreviaturas utilizadas en estos análisis son:

**G**: Peso del equipo, ubicado en el centro de masa del mismo

**a**: Distancia horizontal entre el centro de la rueda trasera y el centro de masa del equipo

**$\alpha$** : Angulo de inclinación del terreno respecto a la horizontal

**$Y_d$** : Reacción vertical en las ruedas dirigidas

**$Y_r$** : Reacción vertical en las ruedas de tracción

**$a_d$** : Distancia horizontal entre el eje vertical de la rueda dirigida y el punto de aplicación de la reacción vertical  $Y_d$ .

**$a_r$** : Distancia horizontal entre el centro de la rueda de tracción y el punto de aplicación de la reacción vertical  $Y_r$ .

**$X_d$** : Reacción horizontal en las ruedas dirigidas

**$X_r$** : Reacción horizontal en las ruedas de tracción

**$F_{emp}$** : Fuerza de empuje aplicada por el operario (caso equipo manual y con motor apagado)

**$h_{emp}$** : Altura de aplicación de la fuerza respecto al suelo

**$F_{can}$** : Fuerza de resistencia ocasionada por el dragado del cangilón

**$h_{can}$** : Altura de aplicación de la fuerza del cangilón respecto al suelo

**$L_{can}$** : Distancia horizontal entre el centro de la rueda de tracción y el punto de aplicación de la fuerza  $F_{can}$

**$\alpha_{cang}$** : Angulo de inclinación de la fuerza  $F_{can}$  respecto al eje Y

**$R_r$** : Radio de las ruedas de tracción

$R_d$ : Radio de las ruedas dirigidas

$F_{Rr}$ : Fuerza de resistencia a la rodadura de las ruedas de tracción

$F_{Rr}$ : Fuerza de resistencia a la rodadura de las ruedas dirigidas

$M_f$ : Momento total de resistencia a la rodadura del equipo

$L$ : Distancia horizontal entre el centro de las ruedas delanteras y traseras

$V_{rec}$ : Velocidad constante a la que avanza el equipo (equivale a la velocidad de recolección)

$\omega_r$ : Velocidad angular de las ruedas traseras (depende directamente de la velocidad  $V_{rec}$ )

$M_{imp}$ : Momento impulsor teórico necesario en las ruedas de tracción

$M_{mot}$ : Momento que el motor debe suministrar a las ruedas de tracción para el funcionamiento del equipo. Corresponde al valor  $M_{imp}$  más un factor de sobremarcha.

$H_{mot}$ : Potencia del motor requerida para el funcionamiento del equipo

### **Análisis del equipo manual**

En este escenario el equipo es manual, eso quiere decir que la potencia para el funcionamiento del mismo proviene del empuje que aplica el operario. En este caso las 4 ruedas del equipo se analizan como ruedas dirigidas ya que ninguna de ellas posee tracción, por esta razón las reacciones horizontales que sufren las ruedas, tanto traseras como delanteras, tendrán la misma dirección pero sentido opuesto a la dirección del movimiento.

Con el sistema de recolección desactivado

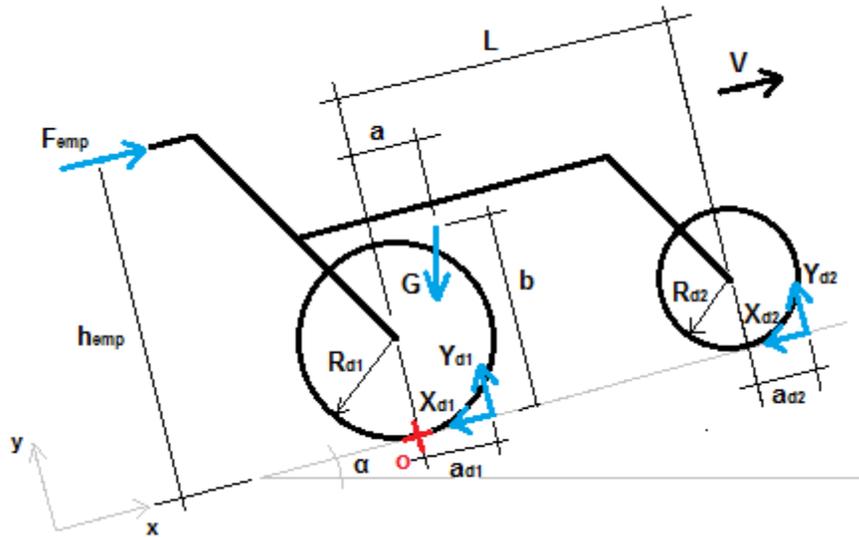


Figura 154 – Diagrama de cuerpo libre equipo manual con sistema de recolección desactivado

El diagrama de esta configuración se muestra en la figura 154. Los datos para esta configuración son (tabla 52):

Tabla 52 – Datos del equipo manual con sistema de recolección desactivado

G [kgf]	G [N]	a [m]	b [m]	R <sub>d1</sub> [m]	R <sub>d2</sub> [m]	L [m]	h <sub>emp</sub> [m]	α	f	φ
43,50	426,74	0,080	0,381	0,254	0,178	0,639	1	5°	0,2	0,7

$$\sum F_x = F_{emp} - X_{d1} - X_{d2} - G \operatorname{seno} \alpha = 0 \quad (95)$$

En este caso las reacciones  $X_{d1}$  y  $X_{d2}$  representan las fuerzas de resistencia a la rodadura en cada una de las ruedas ( $F_{Rd1}$  y  $F_{Rd2}$  respectivamente).

$$X_{d1} + X_{d2} = F_{Rd1} + F_{Rd2} = fG \cos \alpha \quad (96)$$

$$F_{emp} = fG \cos \alpha + G \operatorname{seno} \alpha \leq 23 \text{ [kgf]} \quad (97)$$

$$F_{emp} = 0,2(43,50) \cos 5^\circ + 43,50 \operatorname{seno} 5^\circ = 12,46 \text{ [kgf]} \quad (98)$$

La fuerza de empuje  $F_{emp}$  es menor al límite establecido.

$$\sum M_o = Y_{d2}(L + a_{d2}) + Y_{d1} a_{d1} + bG \operatorname{seno} \alpha - aG \cos \alpha - F_{emp} h_{emp} = 0 \quad (99)$$

$$Y_{d1} a_{d1} + Y_{d2} a_{d2} = M_f \quad (100)$$

$$Y_{d2} = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} - bG \operatorname{seno} \alpha - M_f}{L} \quad (101)$$

$$M_f \cong fG(\cos \alpha)R_{d1} \quad (102)$$

$$Y_{d2} = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} - bG \operatorname{seno} \alpha - fG(\cos \alpha)R_{d1}}{L} \quad (103)$$

$$Y_{d2} = \frac{43,50(0,080 \cos 5^\circ - 0,381 \operatorname{seno} 5^\circ - 0,2(0,254) \cos 5^\circ)}{0,639} + \frac{12,46(1)}{0,639} = 19,23 [kgf] \quad (104)$$

Teniendo la reacción en las ruedas delanteras se puede hallar la de las ruedas traseras:

$$\sum F_y = Y_{d1} + Y_{d2} - G \cos \alpha = 0 \quad (105)$$

$$Y_{d1} = G \cos \alpha - Y_{d2} \quad (106)$$

$$Y_{d1} = 43,50 \cos 5^\circ - 19,23 = 24,10 [kgf] \quad (107)$$

Por último se verificó que las fuerzas de adherencia máxima de las ruedas no fuesen superadas, para esto se determinaron las fuerzas que están actuando en el contacto rueda suelo y se compararon con las máximas admisibles. En este caso las fuerzas que están actuando en el contacto son  $X_{d1}$  y  $X_{d2}$ , las cuales, como se indicó anteriormente, corresponden a las fuerzas de resistencia a la rodadura en cada par de ruedas.

$$X_{d1} = fY_{d1} \leq X_{d1máx} = \varphi Y_{d1} \quad (108)$$

$$X_{d1} = 0,2(24,10) \leq X_{d1máx} = 0,7(24,10) \quad (109)$$

$$X_{d1} = 4,82 [kgf] < X_{d1máx} = 16,87 [kgf] \quad (110)$$

$$X_{d2} = fY_{d2} \leq X_{d2m\acute{a}x} = \varphi Y_{d2} \quad (111)$$

$$X_{d2} = 0,2(19,23) \leq X_{d2m\acute{a}x} = 0,7(19,23) \quad (112)$$

$$X_{d2} = 3,85 [kgf] < X_{d2m\acute{a}x} = 13,46 [kgf] \quad (113)$$

Las fuerzas de adherencia máxima no son superadas, por lo tanto no hay deslizamiento en ninguna de las ruedas.

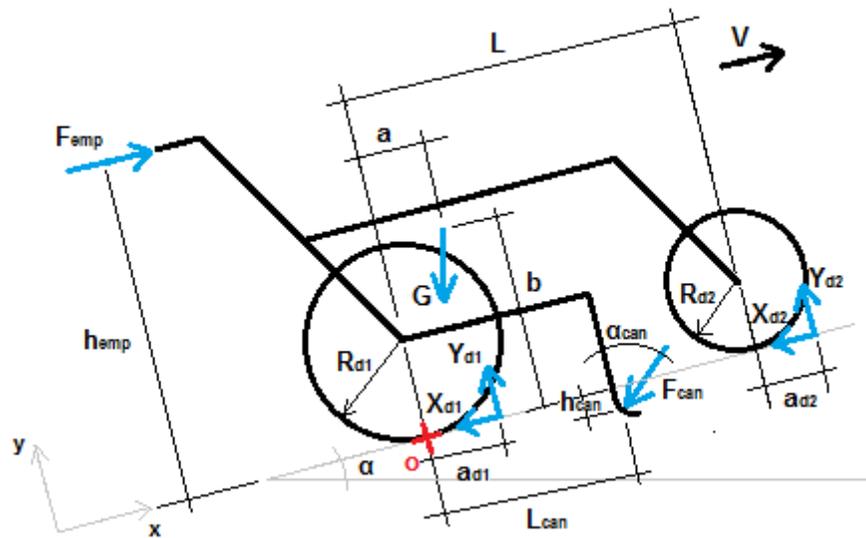
Los resultados obtenidos para esta configuración se presentan en la tabla 53:

**Tabla 53** – Valores de fuerza de empuje, reacciones y verificación de fuerzas de adherencia equipo manual con sistema de recolección desactivado

	F <sub>emp</sub>	F <sub>empmáx</sub>	Y <sub>d1</sub>	Y <sub>d2</sub>	X <sub>d1</sub>	X <sub>d2</sub>	X <sub>d1máx</sub>	X <sub>d2máx</sub>
[kgf]	12,46	23	24,10	19,23	4,82	3,85	16,87	13,46
[N]	122,21	225,63	236,45	188,66	47,29	37,73	165,52	132,06

### Con el sistema de recolección activado

El diagrama de esta configuración se muestra en la figura 155. Los datos para esta configuración son (tabla 54)



**Figura 155** – Diagrama de cuerpo libre equipo manual con sistema de recolección activado

**Tabla 54** – Datos del equipo manual con sistema de recolección activado

G [kgf]	G [N]	a [m]	b [m]	R <sub>d1</sub> [m]	R <sub>d2</sub> [m]	L [m]	h <sub>emp</sub> [m]
43,50	426,74	0,116	0,342	0,254	0,178	0,639	1

α	f	φ	F <sub>can</sub> [m]	h <sub>can</sub> [m]	L <sub>can</sub> [m]	α <sub>can</sub>
5°	0,2	0,7	9,9	0,035	0,405	45°

$$\sum F_x = F_{emp} - X_{d1} - X_{d2} - G \operatorname{seno} \alpha - F_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} = 0 \quad (114)$$

En este caso las reacciones  $X_{d1}$  y  $X_{d2}$  representan las fuerzas de resistencia a la rodadura en cada una de las ruedas ( $F_{Rd1}$  y  $F_{Rd2}$  respectivamente).

$$X_{d1} + X_{d2} = F_{Rd1} + F_{Rd2} = fG \cos \alpha \quad (115)$$

$$F_{emp} = fG \cos \alpha + G \operatorname{seno} \alpha + F_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} \leq 23 \text{ [kgf]} \quad (116)$$

$$F_{emp} = 0,2(43,50) \cos 5^\circ + 43,50 \operatorname{seno} 5^\circ + 9,9 \cos 45^\circ = 19,46 \text{ [kgf]} \quad (117)$$

$$\sum M_o = Y_{d2}(L + a_{d2}) + Y_{d1} a_{d1} + bG \operatorname{seno} \alpha - aG \cos \alpha - F_{emp} h_{emp} - F_{can} h_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} - F_{can} L_{can} \cos \alpha_{can} = 0 \quad (118)$$

$$Y_{d1} a_{d1} + Y_{d2} a_{d2} = M_f \quad (119)$$

$$Y_{d2} = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} + F_{can} (h_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} + L_{can} \cos \alpha_{can})}{L} - \frac{bG \operatorname{seno} \alpha - M_f}{L} \quad (120)$$

$$M_f \cong f(G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can}) R_{d1} \quad (121)$$

$$Y_{d2} = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} + F_{can} (h_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} + L_{can} \cos \alpha_{can})}{L} - \frac{bG \sin \alpha - R_{d1} f (G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can})}{L} \quad (122)$$

$$Y_{d2} = \frac{43,50(0,116 \cos 5^\circ - 0,342 \operatorname{seno} 5^\circ) + 19,46(1)}{0,639} + \frac{9,9(0,035 \operatorname{seno} 45^\circ + 0,405 \cos 45^\circ)}{0,639} - \frac{0,254(0,2)(43,50 \cos 5^\circ + 9,9 \cos 45^\circ)}{0,639} \quad (123)$$

$$Y_{d2} = 37,14 [kgf] \quad (124)$$

Teniendo la reacción en las ruedas delanteras se puede hallar la de las ruedas traseras:

$$\sum F_y = Y_{d1} + Y_{d2} - G \cos \alpha - F_{can} \cos \alpha_{can} = 0 \quad (125)$$

$$Y_{d1} = G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can} - Y_{d2} \quad (126)$$

$$Y_{d1} = 43,50 \cos 5^\circ + 9,9 \cos 45^\circ - 37,14 = 13,20 [kgf] \quad (127)$$

Por último se verificó que las fuerzas de adherencia máxima de las ruedas no fuesen superadas, para esto se determinaron las fuerzas que están actuando en el contacto rueda suelo y se compararon con las máximas admisibles. En este caso las fuerzas que están actuando en el contacto son  $X_{d1}$  y  $X_{d2}$ , las cuales, como se indicó anteriormente, corresponden a las fuerzas de resistencia a la rodadura en cada par de ruedas.

$$X_{d1} = fY_{d1} \leq X_{d1m\acute{a}x} = \varphi Y_{d1} \quad (128)$$

$$X_{d1} = 0,2(13,20) \leq X_{d1m\acute{a}x} = 0,7(13,20) \quad (129)$$

$$X_{d1} = 2,64 [kgf] < X_{d1m\acute{a}x} = 9,24 [kgf] \quad (130)$$

$$X_{d2} = fY_{d2} \leq X_{d2m\acute{a}x} = \varphi Y_{d2} \quad (131)$$

$$X_{d2} = 0,2(37,14) \leq X_{d2m\acute{a}x} = 0,7(37,14) \quad (132)$$

$$X_{d2} = 7,43 [kgf] < X_{d2m\acute{a}x} = 26 [kgf] \quad (133)$$

Las fuerzas de adherencia máxima no son superadas, por lo tanto no hay deslizamiento en ninguna de las ruedas.

Los resultados obtenidos para esta configuración se presentan en la tabla 55:

**Tabla 55** – Valores de fuerza de empuje, reacciones y verificación de fuerzas de adherencia equipo manual con sistema de recolección activado

	$F_{emp}$	$F_{empm\acute{a}x}$	$Y_{d1}$	$Y_{d2}$	$X_{d1}$	$X_{d2}$	$X_{d1m\acute{a}x}$	$X_{d2m\acute{a}x}$
<b>[kgf]</b>	19,46	23	13,20	37,14	2,64	7,43	9,24	26
<b>[N]</b>	190,89	225,63	129,47	364,31	25,89	72,86	90,63	255,02

En ambas condiciones de operación la fuerza de empuje  $F_{emp}$  es menor al límite de 23 kgf establecido por el Centro Canadiense para el Higiene y Seguridad Ocupacional (Canadian Centre for Occupational Health and Safety).

Sin embargo cuando se verifica según la calculadora de carga de empuje disponible en la página web estadounidense de la empresa de seguros Liberty Mutual, la cual toma en cuenta la altura de aplicación de la carga, la distancia de empuje y la frecuencia del empuje; se observa que las fuerzas  $F_{emp}$  halladas sobrepasan el límite establecido para la mayoría de la población (la calculadora arroja el porcentaje de población que puede realizar la labor de empuje en las condiciones especificadas) ya que el empuje que debe hacer el operario del equipo es continuo.

#### **Análisis del equipo con motor**

En este escenario, la potencia para el funcionamiento del equipo proviene de un motor eléctrico acoplado a las ruedas traseras. En este caso las ruedas traseras se analizarán como ruedas motrices y las delanteras como ruedas dirigidas, por lo tanto las reacciones horizontales tendrán la misma dirección que la dirección del movimiento, con el mismo sentido en las ruedas traseras (lo que la convierte en una fuerza de impulsión) y opuesto en las delanteras.

Con el sistema de recolección desactivado

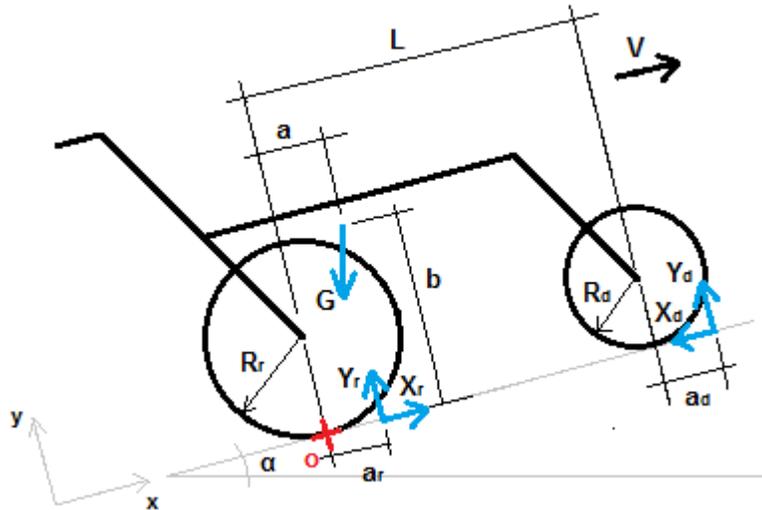


Figura 156 – Diagrama de cuerpo libre equipo con motor con sistema de recolección desactivado

El diagrama de esta configuración se muestra en la figura 156. Los datos correspondientes para esta configuración son (tabla 56).

Tabla 56 – Datos del equipo manual con sistema de recolección desactivado

G [kgf]	G [N]	a [m]	b [m]	R <sub>r</sub> [m]	R <sub>d</sub> [m]	L [m]	h <sub>emp</sub> [m]
58,47	573,59	0,146	0,382	0,254	0,178	0,775	1

α	f	φ	ω <sub>r</sub> [rad/s]
5°	0,2	0,7	2,6

$$\sum M_o = Y_d(L + a_d) + Y_r a_r + G(\text{seno } \alpha)b - G(\text{cos } \alpha) a = 0 \quad (134)$$

$$Y_d a_d + Y_r a_r = M_f \quad (135)$$

$$Y_d = \frac{aG \text{ cos } \alpha - bG \text{ seno } \alpha - M_f}{L} \quad (136)$$

$$M_f \cong f(G \text{ cos } \alpha)R_r \quad (137)$$

$$Y_d = \frac{aG \cos \alpha - bG \operatorname{seno} \alpha - R_r f G \cos \alpha}{L} \quad (138)$$

$$Y_d = \frac{58,47(0,146 \cos 5^\circ - 0,382 \operatorname{seno} 5^\circ - 0,254(0,2) \cos 5^\circ)}{0,775} \quad (139)$$

$$= 4,63 \text{ [kgf]}$$

Teniendo la reacción en las ruedas delanteras se puede hallar la de las ruedas traseras:

$$\sum F_y = Y_r + Y_d - G \cos \alpha = 0 \quad (140)$$

$$Y_r = G \cos \alpha - Y_d \quad (141)$$

$$Y_r = 58,47 \cos 5^\circ - 4,63 = 53,62 \text{ [kgf]} \quad (142)$$

Las fuerzas de adherencia máxima de las ruedas no deben ser superadas, para verificar esto se determinaron las fuerzas que están actuando en el contacto rueda suelo y se compararon con las máximas admisibles. En este caso la fuerza que está actuando en el contacto de las ruedas delanteras es  $X_d$ , la cual corresponde a la fuerza de resistencia a la rodadura  $F_{Rd}$ . Mientras que la fuerza a verificar en las ruedas traseras corresponde a una fuerza tangencial, la cual es una componente de  $X_r$ .

$$X_d = F_{Rd} = fY_d \leq X_{dm\acute{a}x} = \varphi Y_d \quad (143)$$

$$X_d = 0,2(4,63) \leq X_{dm\acute{a}x} = 0,7(4,63) \quad (144)$$

$$X_d = 0,93 \text{ [kgf]} < X_{dm\acute{a}x} = 3,29 \text{ [kgf]} \quad (145)$$

$$\sum F_x = X_r - X_d - G \operatorname{seno} \alpha = 0 \quad (146)$$

$$X_r = X_d + G \operatorname{seno} \alpha \quad (147)$$

$$X_r = 0,93 + 58,47 \operatorname{seno} 5^\circ = 6,02 \text{ [kgf]} \quad (148)$$

$$X_r = F_{tg} - F_{Rr} \quad (149)$$

$$F_{Rr} = fY_r \quad (150)$$

La fuerza  $F_{Rr}$  corresponde a la fuerza de resistencia a la tracción en las ruedas traseras.

$$F_{tg} = X_r + fY_r \leq F_{tgm\acute{a}x} = \varphi Y_r \quad (151)$$

$$F_{tg} = 6,02 + 0,2(53,62) \leq F_{tgm\acute{a}x} = 0,7(53,02) \quad (152)$$

$$F_{tg} = 16,75 \text{ [kgf]} < F_{tgm\acute{a}x} = 37,53 \text{ [kgf]} \quad (153)$$

Las fuerzas de adherencia máxima no son superadas, por lo tanto no hay deslizamiento en ninguna de las ruedas.

$$M_{imp} = F_{tg} R_r \quad (154)$$

$$M_{imp} = 16,75(0,254) = 4,25 \text{ [kgf m]} = 41,68 \text{ [Nm]} \quad (155)$$

El momento que debe suministrar el motor será el  $M_{imp}$  más un factor de sobre marcha de 20% (con el que se pretende contrarrestar todas esas resistencias que no fueron tomadas en cuenta).

$$M_{mot} = 1,2M_{imp} \quad (156)$$

$$M_{mot} = 1,2(41,68) = 50,02 \text{ [Nm]} \quad (157)$$

$$H_{mot} = M_{mot} \omega_r \quad (158)$$

$$H_{mot} = 50,02(2,6) = 130,05 [W] \quad (159)$$

Los resultados obtenidos para esta configuración se presentan en la tabla 57:

**Tabla 57** – Valores de las reacciones, verificación de fuerzas de adherencia y potencia requerida para el funcionamiento del equipo con motor con sistema de recolección desactivado

	$Y_d$	$Y_r$	$X_d$	$X_r$	$F_{tg}$	$X_{dm\acute{a}x}$	$F_{tgm\acute{a}x}$
[kgf]	4,63	53,62	0,93	6,02	16,75	3,24	37,53
[N]	45,39	526,02	9,08	59,07	164,27	31,77	368,21

Mimp [Nm]	Mmot [Nm]	Hmot [W]
41,68	50,02	130,05

Se analizó también el escenario en que este equipo tuviese el motor apagado y el sistema de recolección desactivado para ver si era posible que el mismo operara siendo empujado por el operario. Se determinó que esto no es posible, ya que al aplicar la fuerza de empuje necesaria las ruedas traseras del equipo pierden contacto con el suelo. Además la fuerza de empuje sobrepasa el valor permisible.

A continuación se presentan los cálculos realizados:

$$\sum F_x = F_{emp} - X_r - X_d - G \text{ seno } \alpha = 0 \quad (160)$$

En este caso las reacciones  $X_{d1}$  y  $X_{d2}$  representan las fuerzas de resistencia a la rodadura en cada una de las ruedas.

$$X_{d1} + X_{d2} = fG \cos \alpha \quad (161)$$

$$F_{emp} = fG \cos \alpha + G \text{ seno } \alpha \leq 23 [kgf] \quad (162)$$

$$F_{emp} = 0,2(58,47) \cos 5^\circ + 58,47 \operatorname{seno} 5^\circ = 16,75 \text{ [kgf]} \quad (163)$$

La fuerza de empuje  $F_{emp}$  es menor al límite establecido.

$$\sum M_o = Y_d(L + a_d) + Y_r a_r + bG \operatorname{seno} \alpha - aG \cos \alpha - F_{emp} h_{emp} = 0 \quad (164)$$

$$Y_r a_r + Y_d a_d = M_f \quad (165)$$

$$Y_d = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} - bG \operatorname{seno} \alpha - M_f}{L} \quad (166)$$

$$M_f \cong fG(\cos \alpha)R_r \quad (167)$$

$$Y_d = \frac{aG \cos \alpha + F_{emp} h_{emp} - bG \operatorname{seno} \alpha - fG(\cos \alpha)R_r}{L} \quad (168)$$

$$Y_d = \frac{58,47(0,146 \cos 5^\circ - 0,382 \operatorname{seno} 5^\circ - 0,2(0,254) \cos 5^\circ)}{0,775} + \frac{16,75(1)}{0,775} = 60,83 \text{ [kgf]} \quad (169)$$

Teniendo la reacción en las ruedas delanteras se puede hallar la de las ruedas traseras:

$$\sum F_y = Y_r + Y_d - G \cos \alpha = 0 \quad (170)$$

$$Y_r = G \cos \alpha - Y_d \quad (171)$$

$$Y_r = 58,47 \cos 5^\circ - 60,83 = -2,59 \text{ [kgf]} < 0 \quad (172)$$

Con el sistema de recolección activado

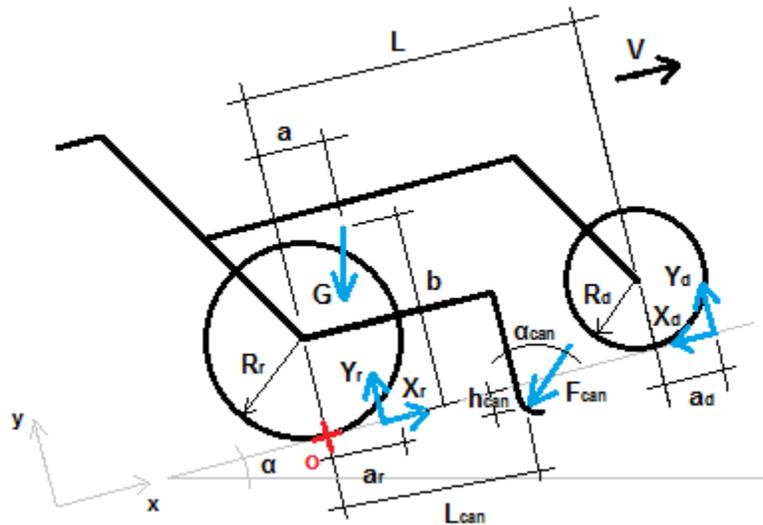


Figura 157 – Diagrama de cuerpo libre equipo con motor, con sistema de recolección activado

El diagrama de esta configuración se muestra en la figura 157. Los datos para esta configuración son (tabla 58):

Tabla 58 – Datos del equipo manual con sistema de recolección activado

G [kgf]	a [m]	b [m]	R <sub>r</sub> [m]	R <sub>d</sub> [m]	L [m]	α	f	Φ
58,47	0,161	0,336	0,254	0,178	0,775	5°	0,2	0,7

F <sub>can</sub> [m]	h <sub>can</sub> [m]	L <sub>can</sub> [m]	α <sub>can</sub>	ω <sub>r</sub> [rad/s]
9,9	0,035	0,545	45°	2,6

$$\sum M_o = Y_d(L + a_d) + Y_r a_r + G(\text{seno } \alpha)b - G(\text{cos } \alpha)a \quad (173)$$

$$- F_{can}(\text{seno } \alpha_{can})h_{can} - F_{can}(\text{cos } \alpha_{can})L_{can} = 0$$

$$Y_d a_d + Y_r a_r = M_f \quad (174)$$

$$Y_d = \frac{aG \cos \alpha - bG \text{ seno } \alpha - M_f}{L} + \frac{F_{can}(h_{can} \text{ seno } \alpha_{can} + L_{can} \cos \alpha_{can})}{L} \quad (175)$$

$$M_f \cong f(G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can})R_r \quad (176)$$

$$Y_d = \frac{G(a \cos \alpha - b \operatorname{seno} \alpha)}{L} + \frac{F_{can} (h_{can} \operatorname{seno} \alpha_{can} + L_{can} \cos \alpha_{can})}{L} - \frac{R_r f (G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can})}{L} \quad (177)$$

$$Y_d = \frac{58,47(0,161 \cos 5^\circ - 0,336 \operatorname{seno} 5^\circ)}{0,775} + \frac{9,9(0,035 \operatorname{seno} 45^\circ + 0,545 \cos 45^\circ)}{0,775} - \frac{0,254(0,2)(58,47 \cos 5^\circ + 9,9 \cos 45^\circ)}{0,775} = 10,88 \text{ [kgf]} \quad (178)$$

Teniendo la reacción en las ruedas delanteras se puede hallar la de las ruedas traseras:

$$\sum F_y = Y_r + Y_d - G \cos \alpha - F_{can} \cos \alpha_{can} = 0 \quad (179)$$

$$Y_r = G \cos \alpha + F_{can} \cos \alpha_{can} - Y_d \quad (180)$$

$$Y_r = 58,47 \cos 5^\circ + 9,9 \cos 45^\circ - 10,88 = 60,62 \text{ [kgf]} \quad (181)$$

Las fuerzas de adherencia máxima de las ruedas no deben ser superadas, para verificar esto se determinaron las fuerzas que están actuando en el contacto rueda suelo y se compararon con las máximas admisibles. En este caso la fuerza que está actuando en el contacto de las ruedas delanteras es  $X_d$ , la cual corresponde a la fuerza de resistencia a la rodadura  $F_{Rd}$ . Mientras que la fuerza a verificar en las ruedas traseras corresponde a una fuerza tangencial, la cual es una componente de  $X_r$ .

$$X_d = F_{Rd} = fY_d \leq X_{dm\acute{a}x} = \varphi Y_d \quad (182)$$

$$X_d = 0,2(10,88) \leq X_{dm\acute{a}x} = 0,7(10,88) \quad (183)$$

$$X_d = 2,18 [kgf] < X_{dm\acute{a}x} = 7,62 [kgf] \quad (184)$$

$$\sum F_x = X_r - X_d - G \text{ seno } \alpha - F_{can} \text{ seno } \alpha_{can} = 0 \quad (185)$$

$$X_r = X_d + G \text{ seno } \alpha + F_{can} \text{ seno } \alpha_{can} \quad (186)$$

$$X_r = 2,18 + 58,47 \text{ seno } 5^\circ + 9,9 \text{ seno } 45^\circ = 14,27 [kgf] \quad (187)$$

$$X_r = F_{tg} - F_{Rr} \quad (188)$$

$$F_{Rr} = fY_r \quad (189)$$

La fuerza  $F_{Rr}$  corresponde a la fuerza de resistencia a la tracción en las ruedas traseras.

$$F_{tg} = X_r + fY_r \leq F_{tgm\acute{a}x} = \varphi Y_r \quad (190)$$

$$F_{tg} = 14,27 + 0,2(60,62) \leq F_{tgm\acute{a}x} = 0,7(60,62) \quad (191)$$

$$F_{tg} = 26,40 [kgf] < F_{tgm\acute{a}x} = 42,43 [kgf] \quad (192)$$

Las fuerzas de adherencia máxima no son superadas, por lo tanto no hay deslizamiento en ninguna de las ruedas.

$$M_{imp} = F_{tg} R_r \quad (193)$$

$$M_{imp} = 26,40(0,254) = 6,70 [kgf m] = 65,71 [Nm] \quad (194)$$

El momento que debe suministrar el motor será el  $M_{imp}$  más un factor de sobremarcha de 20% (con el que se pretende contrarrestar todas esas resistencias que no fueron tomadas en cuenta).

$$M_{mot} = 1,2M_{imp} \quad (195)$$

$$M_{mot} = 1,2(65,71) = 78,45 [Nm] \quad (196)$$

$$H_{mot} = M_{mot} \omega_r \quad (198)$$

$$H_{mot} = 78,45(2,6) = 205 [W] \quad (199)$$

Los resultados obtenidos para esta configuración se presentan en la tabla 59:

**Tabla 59** – Valores de las reacciones, verificación de fuerzas de adherencia y potencia requerida para el funcionamiento del equipo con motor con sistema de recolección activado

	$Y_d$	$Y_r$	$X_d$	$X_r$	$F_{tg}$	$X_{dm\acute{a}x}$	$F_{tgm\acute{a}x}$
[kgf]	10,88	60,62	2,18	14,27	26,40	7,62	42,43
[N]	106,73	594,69	21,35	140,01	258,95	74,71	416,29

Mimp [Nm]	Mmot [Nm]	Hmot [W]
65,71	78,85	205

### Selección del motor

En base a los datos de potencia obtenidos en el análisis de condición de marcha se seleccionó un motor con una potencia de 250 W (0,34 Hp).

Actualmente en Venezuela existen motores eléctricos que se adaptan a las ruedas de bicicletas y no producen emisiones. Estos se instalan en el espacio de la manzana, uniendo los rayos de la rueda al motor (figura 158).



**Figura 158** – Motor eléctrico para bicicletas con sus elementos accesorios (banco de batería, controlador y acelerador)

Además del motor se debe instalar un banco de baterías recargables que garantizan una autonomía de 6 horas, así como un controlador y un sistema de aceleración manual que se instala en el manubrio.

El motor seleccionado posee salientes a cada lado que permiten un freno de disco y una piñonera o piñón individual.

El peso de todo el conjunto es de aproximadamente 7 kgf, de los cuales 3 kgf corresponden al motor y 4 kgf a las baterías y otros accesorios.

La eficiencia del motor es aproximadamente del 80%.

En la tabla 60 se presentan el resto de las características del motor seleccionado.

**Tabla 60** – Características del motor seleccionado

Autonomía	50 – 60 km
Diámetro de la rueda a la que se puede instalar	20" - 24" - 26"
Tiempo de carga	3 horas
Velocidad máxima	25 km/h - 1,5 m/s

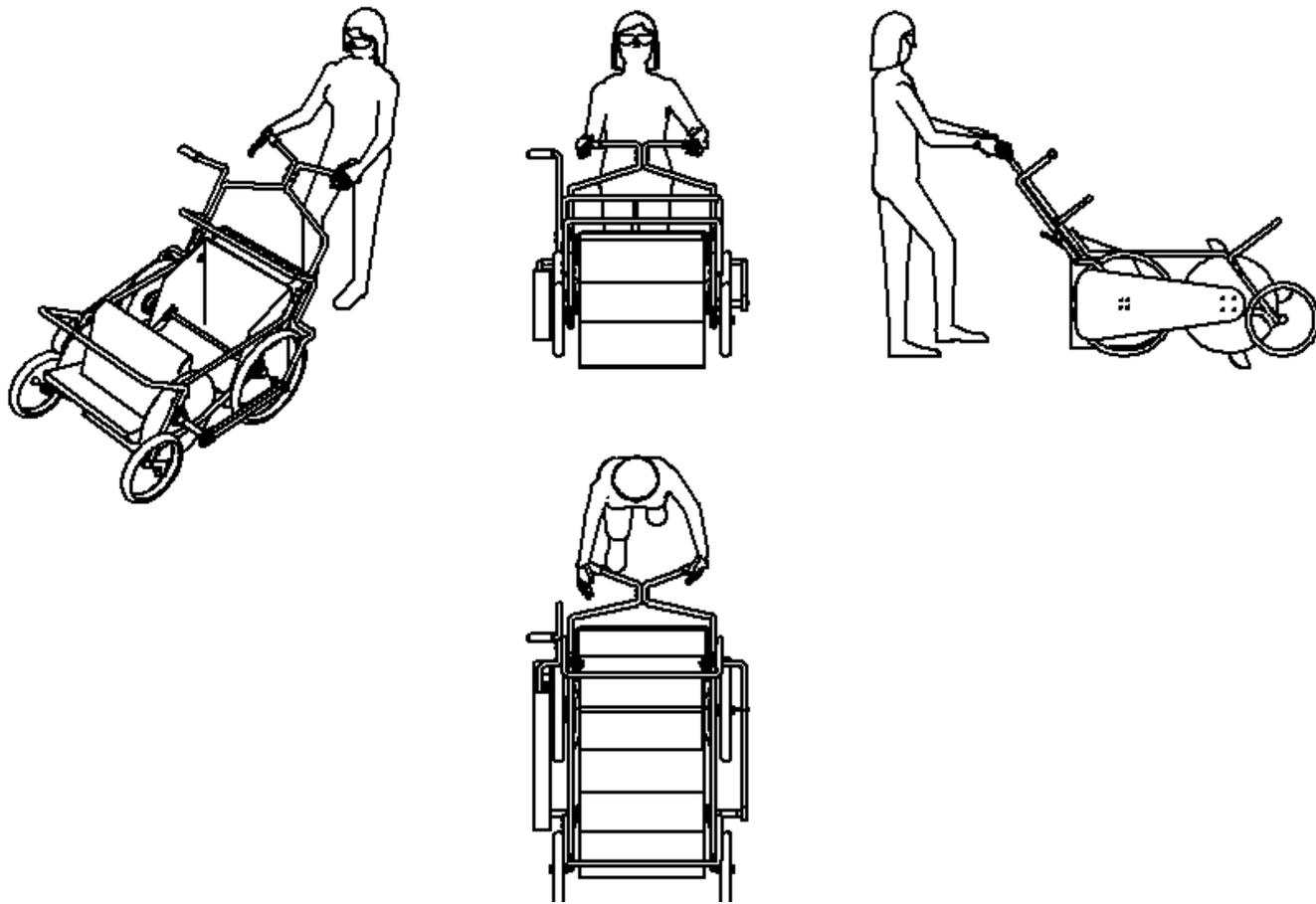
## CAPÍTULO VI

### COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

En las figuras 159 y 160 se presentan diferentes vistas del equipo diseñado:



**Figura 159** – Equipo completo (imagen renderizada)



**Figura 160** – Diferentes vistas del equipo diseñado junto a la persona encargada de su operación

## **6.1 COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO**

### **6.1.1 Impacto ambiental**

#### **Modificación del perfil**

Aunque el equipo diseñado es autopropulsado (por lo que puede ser clasificado como VTT) la potencia del mismo es de apenas 0,27 Hp, lo que representa el 4,9% de la potencia menor que presentan los equipos propulsados disponibles en el mercado.

Además el peso del equipo es de apenas 58,47 kgf. Este peso representa el 32,48% del menor peso que presentan los equipos autopropulsados disponibles en el mercado. Debido a esto y a la angostura de los cauchos de bicicleta utilizados por el equipo, se espera que la compactación del terreno sea despreciable.

Por último los cangilones están fabricados con planchas de acero perforadas con un porcentaje de área perforada de 51%. Con esto no sólo se buscó disminuir la potencia necesaria para activar el tambor de cangilones sino disminuir la cantidad de arena desplazada y recolectada.

#### **Profundidad de penetración**

Gracias a la incorporación de ruedas de apoyo y al largo de los cangilones, se garantiza que los mismos tienen una penetración máxima en la arena de 7 cm (valor límite permisible). Sin embargo debido a la trayectoria que presentan dichos elementos la profundidad de limpieza general es de 5 cm.

## **Selectividad**

La labor de recolección puede ser realizada a voluntad gracias a la incorporación de un sistema que permite elevar el tambor de cangilones y por ende dejar de dragar la arena. Además debido a las perforaciones en los cangilones, se evita la recolección excesiva de arena y se permite la devolución al manto arenoso de la que sí fue recogida.

Debido a que el operario opera el equipo desde la parte posterior del mismo, en todo momento tiene visibilidad del sector de arena a ser limpiado. Por otra parte, gracias a que el contenedor de almacenaje (depósito) está ubicado también en la parte posterior del equipo, el operario tiene visibilidad y acceso a su contenido en todo momento.

## **Emisiones**

El motor que utiliza el equipo es eléctrico por lo que no produce emisiones. En cuanto a fluidos, el sistema de transmisión por cadena posee una tapa cobertora que no sólo la protege de la arena y el salitre sino que impide el derrame del aceite lubricante a la arena.

### **6.1.2 Ergonomía**

#### **Naturaleza del movimiento y manejo de carga**

El diseño del equipo eliminó la necesidad de realizar movimientos repetitivos por parte del operario. Ya que la potencia para el funcionamiento está proporcionada por un motor, el operario se limita a dirigir y supervisar el funcionamiento del equipo.

En cuanto al izamiento de cargas, éste sólo debe ser realizado puntualmente cuando se desee desactivar o reactivar el elemento de recolección (tambor de

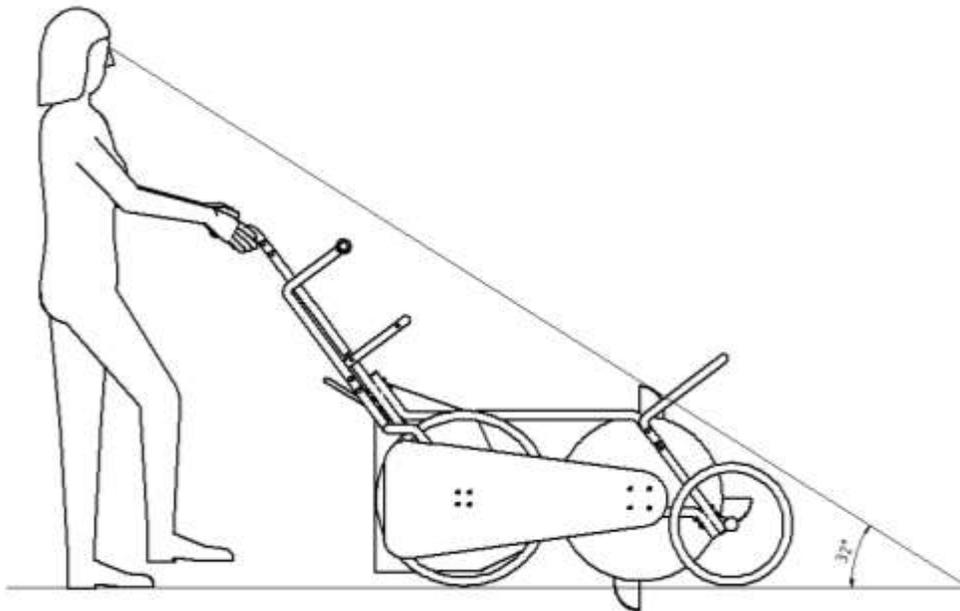
cangilones), de todas formas se garantizó que la fuerza necesaria para esta tarea se encontrase por debajo de los límites permisibles.

### **Ruido**

Se desconoce el valor específico de ruido producido por el motor, sin embargo debido a su baja potencia y a su naturaleza eléctrica se estima que el mismo debe ser lo suficientemente bajo como para no requerir medidas de reducción de ruido ni el uso de equipos de protección auditiva por parte del operario.

### **Visión**

El ángulo de visión más desfavorable para el equipo diseñado es cuando el tambor de recolección está activado (no izado), el mismo corresponde a un valor de  $32^\circ$ , para una persona de 1,70 metros de altura (figura 161), el cual es un valor aceptable. Para que este valor se considere como “bueno” (mejor que aceptable) el mismo no debe sobrepasar los  $30^\circ$ , esta condición puede ser fácilmente lograda por el operario.



**Figura 161** – Ángulo de visión más desfavorable

## **Seguridad**

El equipo no posee partes filosas pero sí elementos rotatorios, sin embargo estos elementos se encuentran o resguardados por chapas protectoras o fuera del alcance del operario.

### **6.1.3 Practicidad**

#### **Complejidad**

EL equipo posee un total de 157 piezas (incluyendo elementos como gomas, pernos, anillos de retención, pasadores, etc.), esta cantidad es mucho menor a la presentada por los equipos autopropulsados disponibles en el mercado, cuya cantidad de piezas está alrededor de las 1000.

Las piezas que deben ser fabricadas están fabricadas a partir de sólo 7 materiales diferentes (las listas de materiales y procesos de fabricación se presentan más adelante en este capítulo).

#### **Maniobrabilidad**

El equipo mide 104 cm de ancho, este valor es igual al mayor ancho de limpieza presentado por los equipos autopropulsados disponibles en el mercado (el ancho del equipo autopropulsado es mayor a su ancho de limpieza), por lo que se espera que su maniobrabilidad y acceso a áreas difíciles sea satisfactoria.

#### **Transporte y almacenaje**

Las dimensiones del equipo son comparables con las de los equipos autopropulsados disponibles en el mercado, con la ventaja de que su peso es mucho menor. Por lo que no se espera que el transporte y almacenaje del mismo sea un problema.

Además en el caso de ser requerido, el equipo puede ser desarmado parcialmente. Sin embargo esto no se recomienda como práctica cotidiana.

### **Mantenimiento**

Todas las piezas y materiales utilizados en el diseño del equipo están disponibles en el mercado nacional, por lo que las piezas pueden ser compradas o fabricadas a nivel local. Además todos los procesos de fabricación necesarios son convencionales (torneado, fresado, soldado, corte y doblado de laminas y tubos, etc.).

Cuando fue posible, se utilizaron piezas de bicicleta, esto debido a su alta disponibilidad en el mercado, en caso de necesitarse un reemplazo.

Las piezas que no son de acero inoxidable o aluminio serán recubiertas por pintura epóxica para evitar su corrosión.

### **6.1.4 Desechos**

#### **Tipos de desecho**

El equipo fue especialmente diseñado para poder recolectar todos los desechos especificados, tomando como desecho más grande una botella de refresco de 2 litros y como más pequeño una colilla de cigarro. Sin embargo es posible que el equipo pueda recolectar desechos más grandes, dependiendo de su geometría, y más pequeños, gracias al diámetro de 3 mm de los agujeros de la lámina perforada con la que están fabricados los cangilones.

#### **Capacidad de almacenaje**

La capacidad garantizada del depósito diseñado es de 25 litros (0,025 m<sup>3</sup>), 5 litros menor a la capacidad planteada en los criterios. Sin embargo se prevé que, gracias a la altura de sus paredes laterales y la inclinación de su fondo en

la parte delantera, los desechos se apilen unos sobre otros, aumentando así la capacidad de almacenaje del mismo.

### **Eficacia (Rapidez de recolección)**

El equipo fue diseñado partiendo del valor de eficacia planteado en los criterios, por lo que la misma está garantizada.

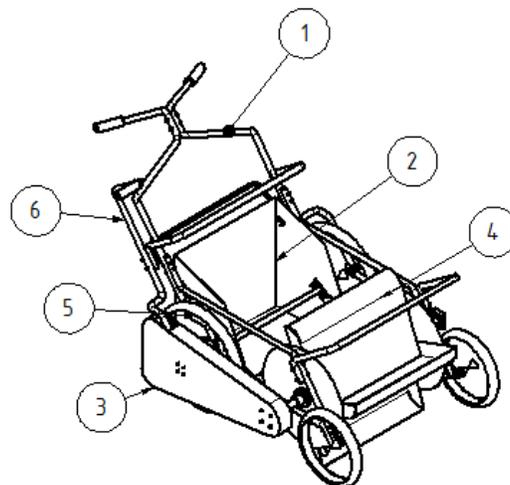
### **6.1.5 Proceso de limpieza**

#### **Multiproceso**

El equipo, por sí solo, puede realizar las 4 labores del proceso de limpieza. La recolección es realizada por medio del tambor de cangilones, el cual, gracias a estar fabricado de planchas perforadas, también funciona como elemento de separación. El transporte se realiza mediante un motor y ruedas de bicicleta y el almacenaje se realiza en un depósito.

### **6.2 LISTADO DE PIEZAS**

En la figura 162 puede observarse el equipo completo con sus diferentes elementos componentes señalados. La descripción de dichos componentes se presenta en la tabla 61.



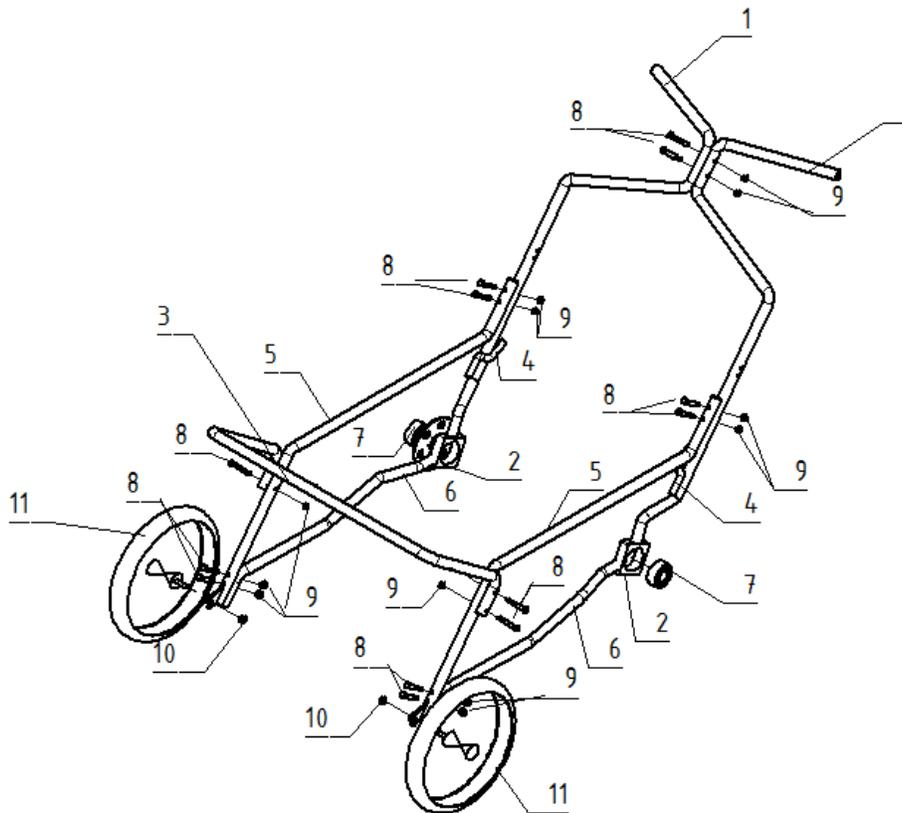
**Figura 162** – Esquema del equipo completo con sus macroelementos señalados

**Tabla 61** – Descripción de los macroelementos componentes del equipo diseñado

Número	Descripción
1	Estructura
2	Depósito
3	Sistema de transmisión
4	Tambor de cangilones
5	Rueda trasera y árbol de transmisión
6	Sistema de izamiento

### Estructura

En la figura 163 se presenta un esquema de la estructura del equipo, mientras que en la tabla 62 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



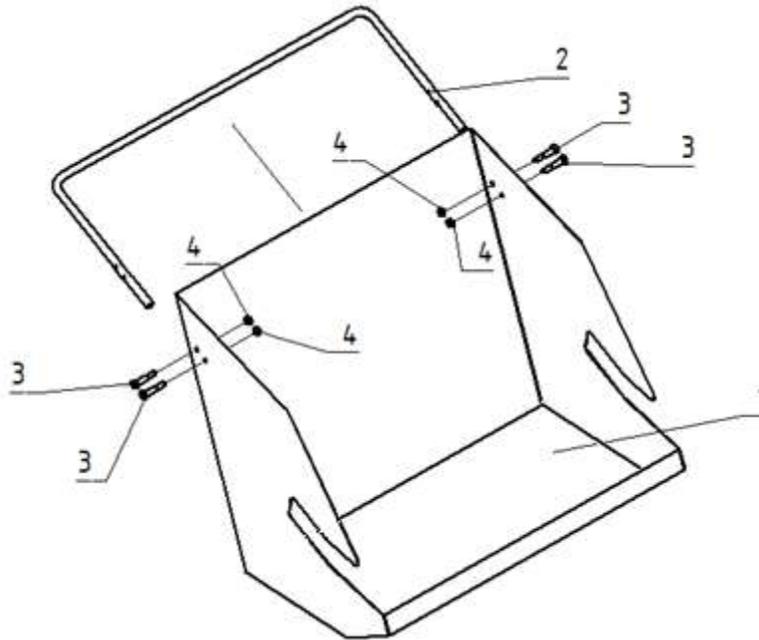
**Figura 163** – Estructura del equipo con sus elementos señalados

**Tabla 62** – Descripción de los elementos componentes de la estructura

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Manubrio	2	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
2	Chumacera	2	AISI 1020
3	Tubería transversal	1	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
4	Soporte guía	2	
5	Tubería delantera	2	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
6	Tubería inferior	2	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
7	Rodamiento	2	DIN 630 SKF 2205 E-2RS1 25x18x52
8	Perno cabeza hexagonal	14	DIN 609 M8X60
9	Tuerca	14	ISO 4032 M8
10	Tuerca	2	ISO 4032 M10
11	Rueda de bicicleta 14"	2	14"

### Depósito

En la figura 164 se presenta un esquema del depósito del equipo, mientras que en la tabla 63 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



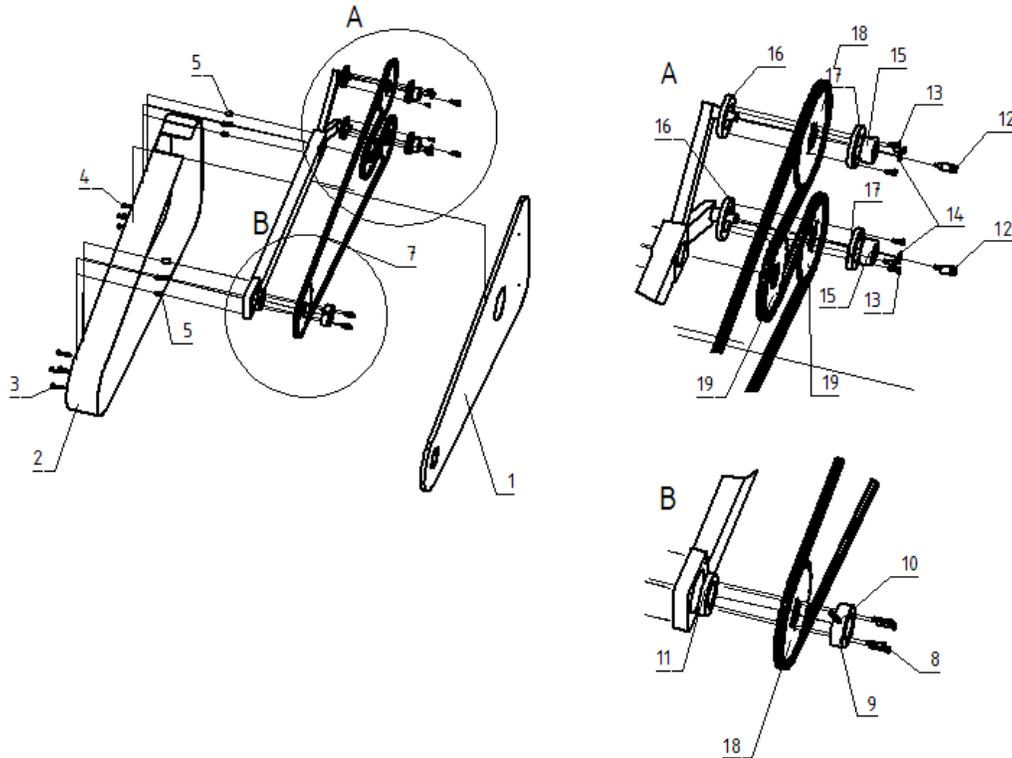
**Figura 164** – Depósito del equipo con sus elementos señalados

**Tabla 63** – Descripción de los elementos componentes del depósito

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Depósito	1	AISI 1020
2	Barra de soporte	1	AISI 1020 3/8"
3	Tuerca hexagonal	4	DIN EN ISO 4032 M8
4	Tornillo cabeza hexagonal	4	DIN 609 M8x60

**Sistema de transmisión**

En la figura 165 se presenta un esquema del sistema de transmisión del equipo, mientras que en la tabla 64 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



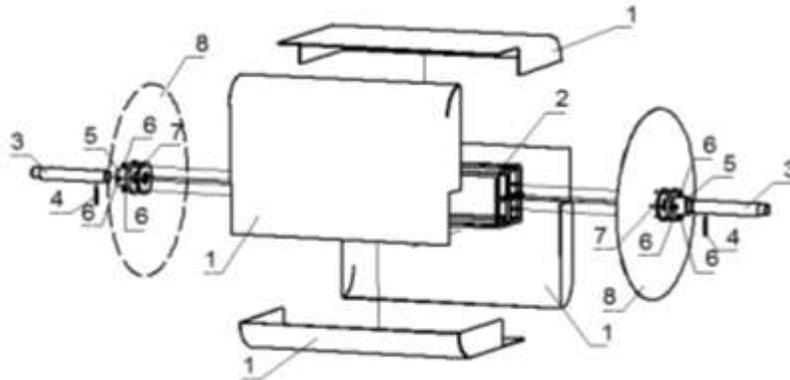
**Figura 165** – Sistema de transmisión del equipo con sus elementos señalados

**Tabla 64** – Descripción de los elementos componentes del sistema de transmisión

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Tapa interna	1	Lámina AISI 1020 espesor 1 mm
2	Tapa externa	1	Lámina AISI 1020 espesor 1 mm
3	Tornillo cabeza hexagonal	4	IFI 502 M4x0,7x25
4	Tornillo cabeza hexagonal	4	IFI 502 M4x0,7x20
5	Bushing roscado	4	-
6	Bushing roscado	4	-
7	Cadena de rodillos	1	Cadena ANSI 40
8	Perno	4	DIN 6912 M4x20
9	Pieza de sujeción posterior de piñón	1	AISI 1020
10	Pasador	1	DIN EN ISO 8752 4X50
11	Pieza de sujeción frontal de piñón	1	AISI 1020
12	Tornillo cabeza hexagonal	2	IFI 502 M4x0,7x20
13	Perno	6	DIN 6912 M4x10
14	Anillo de retención	2	DIN 471 10x1
15	Rodamiento	2	DIN 625 SKF 62200 – 2RS1 25x18x52
16	Pieza de sujeción frontal de rueda dentada	2	AISI 1020
17	Pieza de sujeción posterior de rueda dentada	2	AISI 1020
18	Rueda dentada	2	ISO 081 82 Z=30, p=12,7 mm
19	Rueda dentada	2	ISO 081 82 Z=24, p=12,7 mm

### Tambor de cangilones

En la figura 166 se presenta un esquema del tambor de cangilones, mientras que en la tabla 65 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



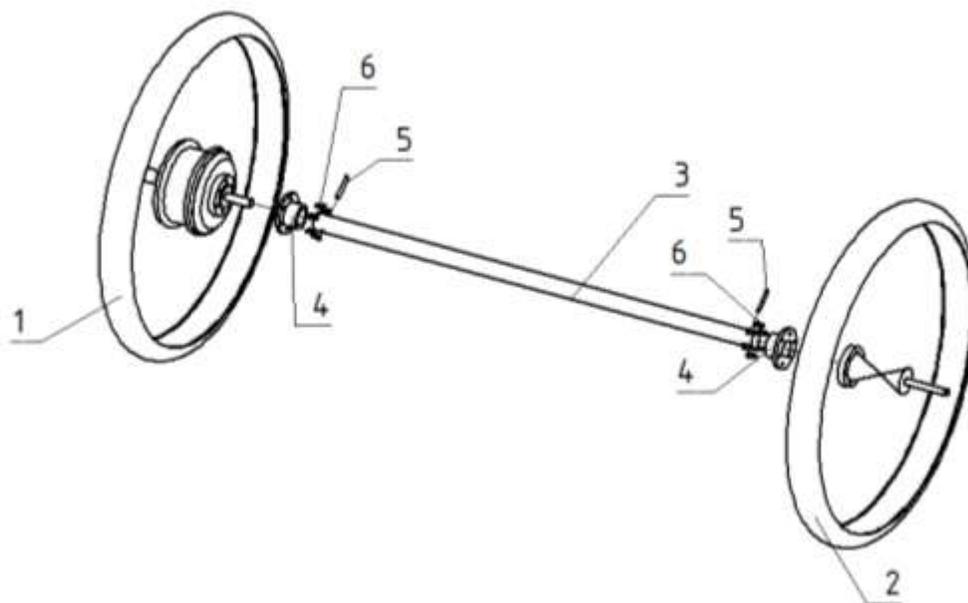
**Figura 166** – Tambor de cangilones con sus elementos señalados

**Tabla 65** – Descripción de los elementos componentes del tambor de cangilones

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Cangilón	4	Lámina acero AISI 1020 espesor 2 mm
2	Estructura interna	1	AISI 1020 8x8
3	Árbol	2	AISI 1020
4	Pasador de presión	2	DIN EN ISO 8752 4X45
5	Acople	2	AISI 1020
6	Tuerca hexagonal	8	DIN EN ISO 4032 M6
7	Goma	2	EPDM Nitrilo (Goma natural)
8	Tapa lateral	2	Lámina acero AISI 1020 espesor 1 mm

### Ruedas traseras y árbol de transmisión

En la figura 167 se presenta un esquema del con junto ruedas traseras - árbol de transmisión del equipo, mientras que en la tabla 66 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



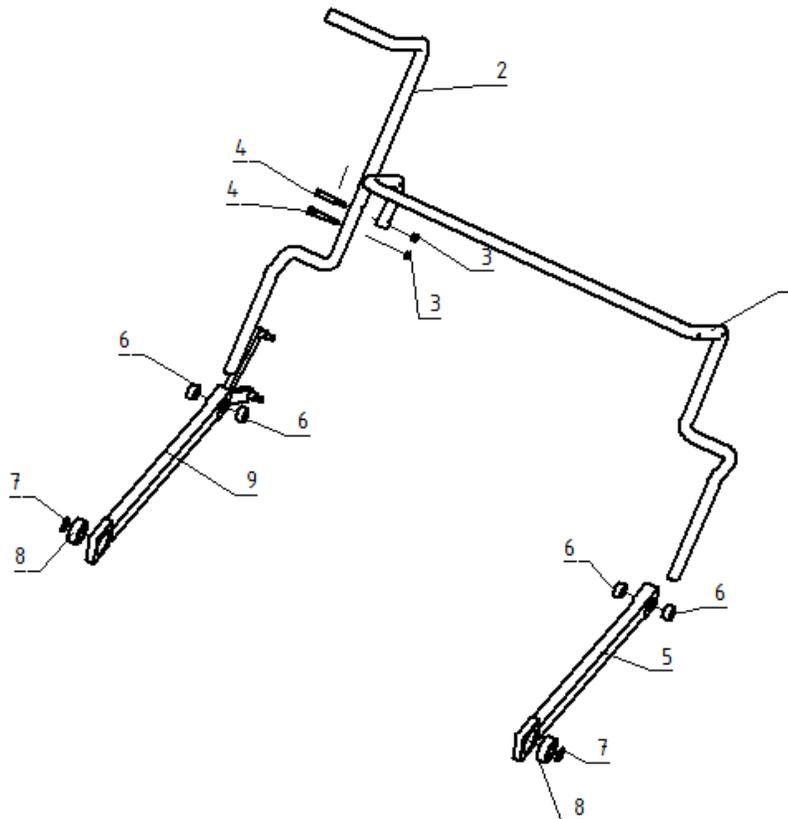
**Figura 167** – Conjunto ruedas traseras – árbol de transmisión con sus elementos señalados

**Tabla 66 – Árbol de transmisión**

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Rueda trasera con motor	4	20"
2	Rueda trasera sin motor	1	20"
3	Árbol	2	AISI 1020
4	Acople	2	AISI 1020
5	Pasador	2	DIN EN ISO 8752 4X35
6	Pernos	8	DIN 7985 M5x10

**Sistema de izamiento**

En la figura 168 se presenta un del sistema de izamiento del equipo, mientras que en la tabla 67 se presenta la descripción de sus elementos componentes:



**Figura 168 – Sistema de izamiento del equipo con sus elementos señalados**

**Tabla 67** – Descripción de los elementos componentes del sistema de izamiento

Número	Descripción	Cantidad	Material
1	Barra transversal	1	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
2	Palanca de izamiento	1	ASTM A-619 $\phi$ 1", e=1,9 mm
3	Tuerca hexagonal	2	DIN EN ISO 4032 M8
4	Tornillo cabeza hexagonal	2	DIN 609 M8x60
5	Barra soporte de sistema de transmisión	1	AISI 1020
6	Rodamiento	4	DIN 625 SKF 62200 – 2RS1 25x18x52
7	Anillo de retención	2	DIN 471 - 25x1,2
8	Rodamiento	2	DIN 630 SKF 2205 E-2RS1 10x14x30
9	Barra de soporte	1	AISI 1020

### 6.3 PROCESOS DE FABRICACIÓN

Algunas piezas componentes del equipo deben ser fabricadas debido a su geometría particular. Para la fabricación de estas piezas se deben realizar diferentes procesos de fabricación, los cuales son accesibles para la industria nacional. Entre los procesos tenemos:

- Corte y doblado de láminas
- Corte y doblado de tubería
- Soldadura
- Mecanizado de metales
- Recubrimiento anticorrosivo

#### 6.3.1 Corte y doblado de láminas

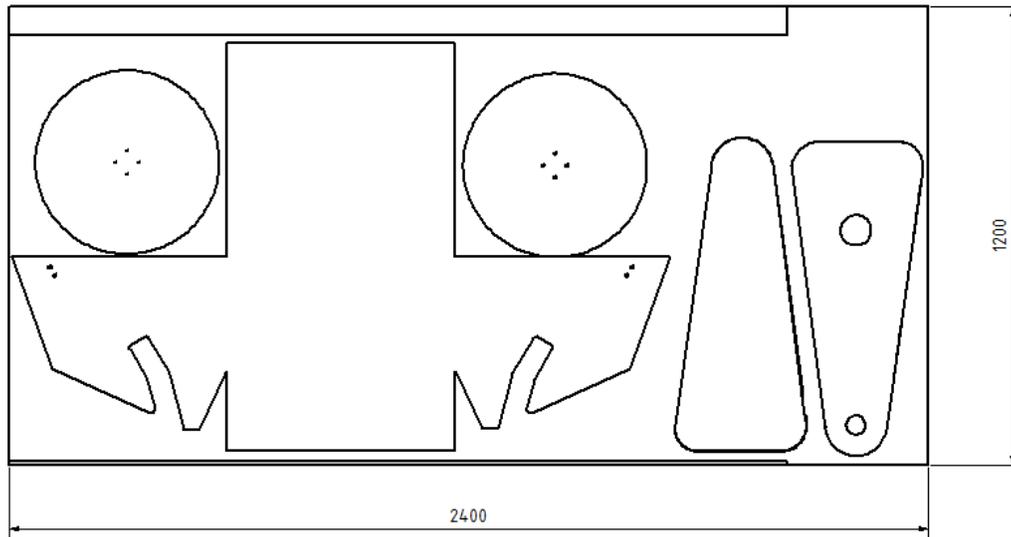
Dentro del diseño presentado encontramos piezas que deben ser fabricadas en láminas de metal, tales como el depósito de desechos, los cangilones y tapas laterales del tambor de recolección y las tapas del sistema de transmisión. En la tabla 68 se presentan los materiales necesarios para la fabricación de estas piezas:

**Tabla 68** – Características de las láminas que conforman diferentes piezas del equipo

Pieza	Superficie [mm <sup>2</sup> ]	Espesor [mm]	Cantidad
Depósito	981908	1	1
Cangilón	296012	2	4
Tapa lateral	180842	1	2
Tapa externa sistema de transmisión	351332	1	1
Tapa interna sistema de transmisión	213633	1	1

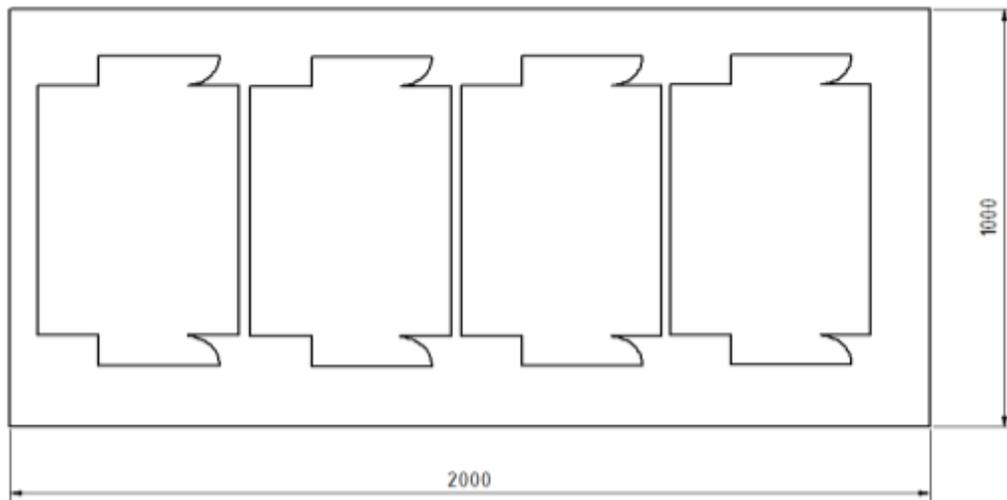
Las lámina vienen en tamaños de industria de 1200x2400 mm y 1000x2000 mm. Para ahorrar material se deben utilizar la menos cantidad de láminas posibles, por esta razón los patrones de las piezas a cortar se dispusieron en la superficie de una sola lámina de cada tipo (una perforada y una no perforada).

De la lámina no perforada (1200x2400 mm y 1 mm de espesor) se cortarán las piezas del depósito, las tapas del sistema de transmisión y las tapas laterales, los cuales gozan de un mismo espesor (figura 169).



**Figura 169** – Distribución de los patrones de corte en la lámina no perforada

De la lámina perforada (1000x2000 mm y 2 mm de espesor), se cortarán las piezas de los cangilones (figura 170).



**Figura 170**– Distribución de los patrones de corte en la lámina no perforada

En la industria se encuentran diferentes máquinas que simplifican el proceso de corte. Si se goza de un presupuesto abultado, la mejor solución son los equipos de corte por láser, los cuales permite hacer cortes precisos sin importar la forma del mismo. Por el contrario se pueden disminuir costos utilizando cortadoras de láminas convencionales para los cortes rectos. Para las curvas se puede utilizar equipos de oxicorte.

Una vez cortadas las piezas del depósito y de los cangilones las mismas deben ser dobladas.

Para realizar el doblado se recomienda utilizar dobladoras industriales. Adicionalmente es de suma importancia considerar material adicional para el doblado de los bordes tanto del depósito como de los cangilones, esto con el propósito bordes filosos que puedan ocasionar heridas cortante al operario u otras personas involucradas con el equipo.

### **6.3.2 Doblado de tubos**

Las piezas correspondientes al sistema de izamiento, la estructura y depósito están compuestas por tubos doblados.

Unos de los métodos más precisos para realizar el doblado de los tubos es a través del uso de máquinas CNC. Estas requieren que el operario introduzca las coordenadas de los dobleces así como el radio del doblado que se requieren.

En la tabla 69 se presentan las características de los tubos necesarios:

**Tabla 69**– Características de los tubos requeridos para la fabricación de algunas piezas

Pieza	Longitud [mm]	Diámetro [mm]	Espesor [mm]	Cantidad
Manubrio	1502	25,4	1,9	2
Tubo transversal	1506	25,4	1,9	1
Tubería delantera	1238	25,4	1,9	2
Tubería inferior	750	25,4	1,9	2
Tubería transversal sistema de izamiento	2010	25,4	1,9	1
Palanca de izamiento	1329	25,4	1,9	1
Guías de soporte	130	15,875	1,1	2
Barra de soporte	1233	13,675	-	1

Todos los tubos utilizados son de 25,4 mm de diámetro (1 pulgada) y 1,9 mm de espesor. La longitud total de tubería es de 11825 mm (11,825 m). Generalmente los tubos se presentan en medidas de 6000 mm (6 m), por lo que es posible fabricar todas las piezas con 2 unidades.

En el caso de piezas fabricadas con tubería, el acero empleado cumple con la norma ASTM A619 (COVENIN 3376), la cual posee una resistencia de fluencia mínimo de 172 MPa (25 kpsi).

A continuación se presentan las coordenadas y radios de los dobleces para cada una de las piezas:

### **Manubrio**

Las coordenadas del manubrio se presentan en la tabla 70.

Radio de doblado: 25,4 mm (1")

**Tabla 70** – Coordenadas de dobleces del manubrio

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
37	0	0
37	80	60
0	80	98
0	400	536
337	475	637
337	557	746
36	666	746

### **Tubería transversal**

Las coordenadas de la tubería transversal se presentan en la tabla 71.

Radio de doblez: 25,4 mm (1")

**Tabla 71** – Coordenadas de dobleces de la tubería transversal

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0	0	0
-100	0	0
-100	300	0
-100	300	750
-100	0	750
0	0	750

### **Tubería delantera**

Las coordenadas de la tubería delantera se presentan en la tabla 72.

Radio de doblez: 25,4 mm (1")

**Tabla 72** – Coordenadas de dobleces de la tubería delantera

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0	0	0
262	309	0
911	309	0
1014	455	0

### **Tubería inferior**

Las coordenadas de la tubería inferior se presentan en la tabla 73.

Radio de dobléz: 38,1 mm (1 3/4")

**Tabla 73** – Coordenadas de dobleces de la tubería inferior

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0	0	0
51	0	70
351	0	70
531	0	118
631	33	118
706	33	118

### **Tubería transversal sistema de izamiento**

Las coordenadas de la tubería transversal del sistema de izamiento se presentan en la tabla 74.

Radio de dobléz: 25,4 mm (1")

**Tabla 74** – Coordenadas de dobleces de la tubería transversal del sistema de izamiento

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0	0	0
0	200	268
0	280	268
96	280	268
96	413	447
96	168	629
850	168	629
850	413	447
850	353	367

### Palanca de izamiento

Las coordenadas de la palanca de izamiento se presentan en la tabla 75.

Radio de dobléz: 25,4 mm (1")

**Tabla 75** – Coordenadas de dobleces de la palanca de izamiento

X	Y	Z
0	0	0
0	200	268
0	280	268
70	280	268
70	580	671

### Guía de soporte

Las coordenadas de la guía de soporte se presentan en la tabla 76.

Radio de dobléz: 10mm (0,39")

**Tabla 76** – Coordenadas de dobleces de la guía de soporte

X	Y	Z
0	0	0
0	36	48
32	36	48
32	166	123

### Barra de soporte

Las coordenadas de la barra de soporte se presentan en la tabla 77.

Radio de dobléz: 18,56 mm (0,73")

**Tabla 77** – Coordenadas de dobleces de la barra de soporte

X	Y	Z
0	0	0
0	287	0
635	287	0
635	0	0

### 6.3.3 Soldadura

El desarrollo del diseño del equipo contempla la unión de piezas mediante soldadura.

El proceso se lleva a cabo mediante soldadura con arco eléctrico y usando electrodos revestidos.

En la tabla 78, se muestran diferentes números de electrodos de acuerdo a la norma AWS (American Welding Society).

**Tabla 78** – Diferentes tipos de electrodo según la norma AWS

AWS-Número de electrodo	Resistencia a la tensión [kpsi]	Resistencia a la fluencia [kpsi]	Porcentaje de alargamiento [%]
E60XX	62	50	17-25
E70XX	70	57	22
E80XX	80	67	19
E90XX	90	77	14-17
E100XX	100	87	13-16
E120XX	120	107	14

El material utilizado en la mayoría de las piezas es acero AISI 1020, por lo que un electrodo revestido E6013 de 1/8" de diámetro representa una opción.

Hay que tomar en cuenta además el espesor de las piezas a soldar. Para ello es imprescindible el control de la corriente aplicada. Los planos de las piezas unidas por soldaduras se muestran en el apéndice 3.

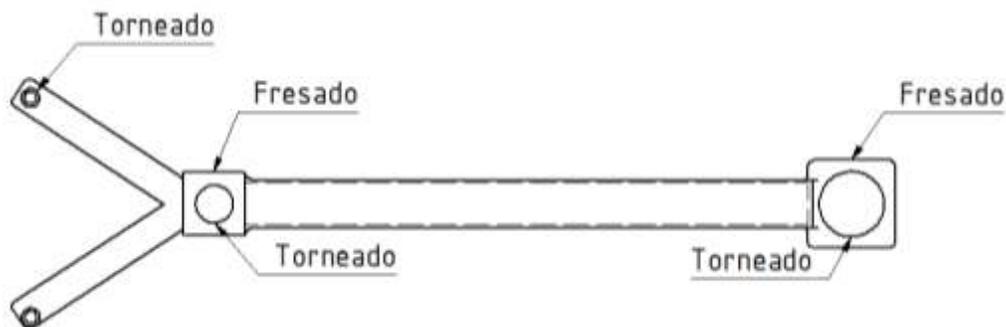
### 6.3.4 Mecanizado de piezas

Algunas piezas requieren ser fabricada por medio de procesos de mecanizado. Las máquinas convencionales para la elaboración de piezas son el torno, la fresa y el taladro, es posible utilizar estos equipos en sus versiones CNC.

Las piezas a mecanizar son:

### **Barra de soporte de sistema de izamiento**

En la figura 171 se presenta un esquema de la barra de soporte del sistema de izamiento (barra que aloja el sistema de transmisión y el tambor de cangilones).



**Figura 171** – Procesos necesarios para la fabricación de la barra de soporte del sistema de izamiento

En este caso, la fabricación de piezas se limita a las chumaceras trasera y delanteras. La barra en sí es fabricada a partir de un perfil rectangular de medidas 1" x 1 ½" con un espesor de 1,9 mm, bajo la norma ASTM A-619, COVENIN 3376.

En la parte posterior del soporte del sistema de transmisión, se utilizan dos barras de acero de ½"x1" con un espesor de 1,9 mm, bajo la norma ASTM A-619, COVENIN 3376.

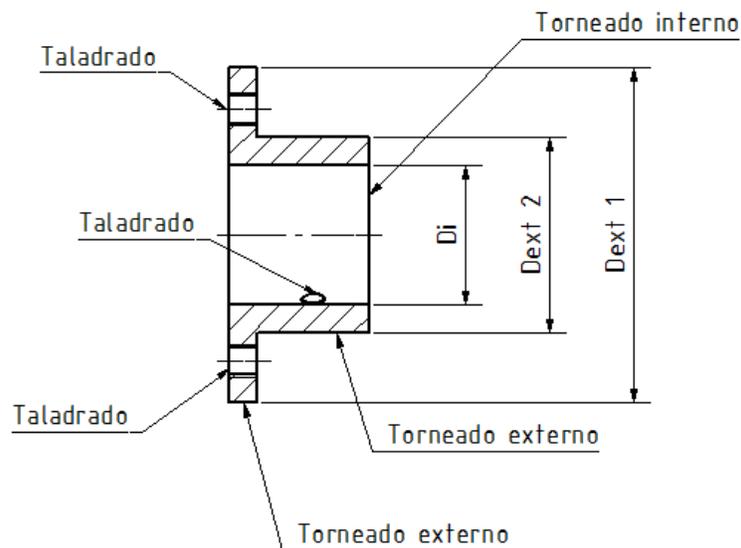
Estas barras pueden ser cortadas a medida con el uso de una máquina tronzadora.

El soporte de las ruedas dentadas ubicadas en la parte posterior del soporte del sistema de transmisión se son fabricadas a partir de tochos de acero 1020 de 1" de diámetro. Para su fabricación se utiliza el proceso de torneado.

Las chumaceras se fabrican a partir de tochos de acero 1020. Para estas piezas, se debe rebajar el diámetro externo del tocho si este es circular, o llevarlo a su medida directamente con una fresa si el tocho es cuadrado.

### Acoples

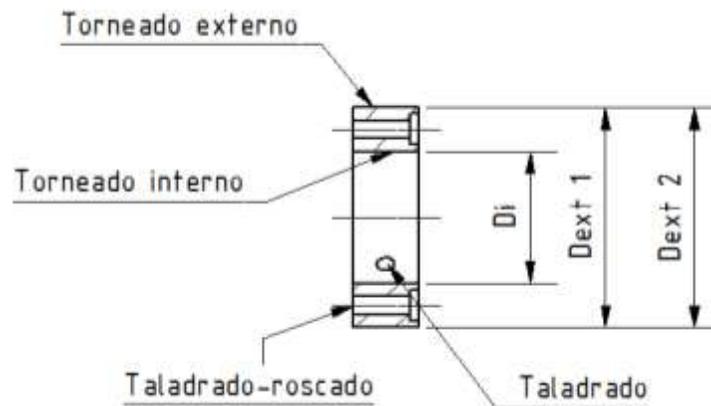
Al igual que las chumaceras, los acoples se fabricarán a partir de tochos de acero 1020. Para fabricar estas piezas se debe utilizar un torno, primero para la reducción de los dos diámetros externos y luego el diámetro interno para caso. Para la apertura de los agujeros para pernos y pasadores, se debe utilizar utilizar un taladro de banco (figura 172).



**Figura 172** – Procesos necesarios para la fabricación de los acoples

### Piezas de fijación de sistema de transmisión

Al igual que en el caso de los acoples, para la fabricación de las piezas de fijación del sistema de transmisión se utiliza un tocho de sección circular. Dado que ambas piezas poseen una geometría similar, se utilizan los mismos procedimientos (figura 173).



**Figura 173** – Procesos necesarios para la fabricación las piezas de sujeción del sistema de transmisión

Primero se lleva la medida del diámetro exterior, luego el diámetro interior y luego se realiza el tronzado de la pieza. Para los agujeros donde van alojados los pernos se realiza el proceso de taladrado y para la elaboración de las rosca se utiliza una tarraja.

### 6.3.5 Recubrimiento

Debido a que el ambiente marino costero incrementa los procesos de corrosión en los metales y que además, el contacto del equipo con la arena (material abrasivo) provoca daños en la superficie del mismo, se plantea el uso de un recubrimiento.

En la industria existen diferentes productos para evitar los efectos de la corrosión y abrasión. Uno de ellos es la pintura epóxica. La resina epóxica es un polímero termoestable que se endurece con la presencia de un elemento catalizador o endurecedor.

Se recomienda su aplicación con el uso de un compresor y pistola especial siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante.

### **6.3.6 Otras recomendaciones de fabricación**

Para facilitar el proceso de ensamblaje del equipo es necesario seguir las indicaciones de los diagramas y listas de materiales. Además es recomendable utilizar arandelas en las uniones apernadas por ambos lados (perno y tuerca), con el fin de aliviar los esfuerzos sobre las piezas. La selección de estos elementos debe estar basada en el diámetro de los pernos y se debe verificar que los mismos no interfieren con otras piezas.

## **6.4 MANUAL DE USO**

Este manual consiste en una serie de recomendaciones y consideraciones que se deben tener en cuenta al momento de operar el equipo.

### **Condiciones medioambientales**

- El equipo fue diseñado sólo para operar en la zona de arena seca de la playa. Por esta razón se debe garantizar que mínimo los primeros 7 cm del manto arenoso deben estar totalmente secos.
- El equipo nunca debe ser utilizado en la zona de dunas o en la zona de vaivén.
- En zonas de alta vulnerabilidad medioambiental (zona de desove de tortugas, anidación de aves, dunas, etc.) se recomienda el uso de limpieza manual altamente selectiva.
- En la medida de lo posible los elementos naturales recogidos por equivocación (piedras y palos de mediano y gran tamaño, etc.) deben ser devueltos a la playa.
- El operario debe utilizar su criterio para determinar qué zonas de la playa necesitan ser limpiadas en cada jornada. Cuando una zona se

observe limpia, es recomendable que la misma sea evitada (para esto se puede desactivar el sistema de recolección o evitar transitar por allí por completo).

### **Higiene y seguridad**

- Se recomienda que la limpieza se haga temprano en la mañana o para evitar que el operario trabaje en altas temperaturas.
- El motor debe estar apagado para poder remover el depósito del equipo.
- El motor debe estar apagado al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento o reparación. Dependiendo del tipo de mantenimiento, se recomienda que el mismo sea desconectado de la batería.
- El operario debe apagar el motor antes de remover cualquier objeto del depósito cuando éste no ha sido desmontado del equipo, y para hacerlo debe utilizar guantes de protección.
- Para garantizar que la jornada de limpieza no sea extenuante, en cada playa debe haber un número de equipos adecuado a la extensión de la misma.

### **Mantenimiento**

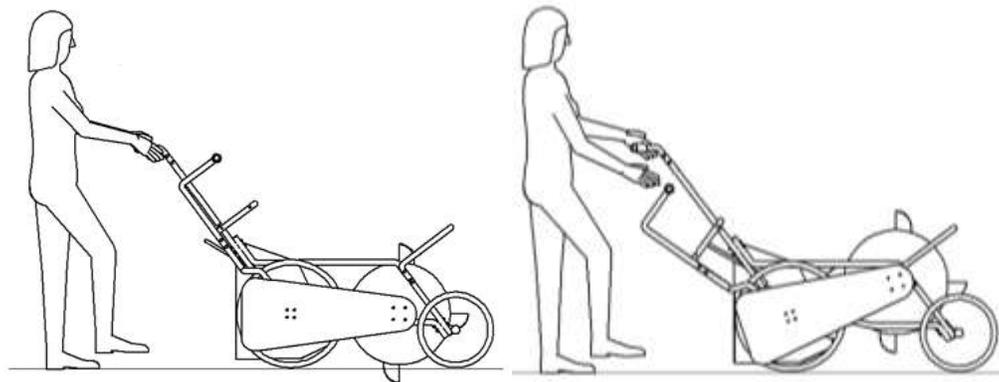
- El banco de baterías del motor debe cargarse el tiempo especificado por el fabricante, alrededor de 3 horas.
- Se recomienda que periódicamente el equipo sea lavado (sólo con agua) para eliminar la arena y el salitre. Durante este lavado se debe tener especial cuidado de no mojar los rodamientos, el sistema de

transmisión por cadena, el motor, el banco de baterías, el controlador del motor y el acelerador.

- La lubricación de la cadena debe realizarse antes o después de cada uno de sus usos.
- Se deben hacer retoques de la pintura epóxica siempre que sea necesario. La misma debe ser aplicada siguiendo estrictamente las recomendaciones del fabricante.
- El depósito debe ser vaciado y lavado con agua luego de cada jornada.

### Utilización del sistema de izamiento

En la figura 174 se muestra el sistema de izamiento en sus dos posiciones:



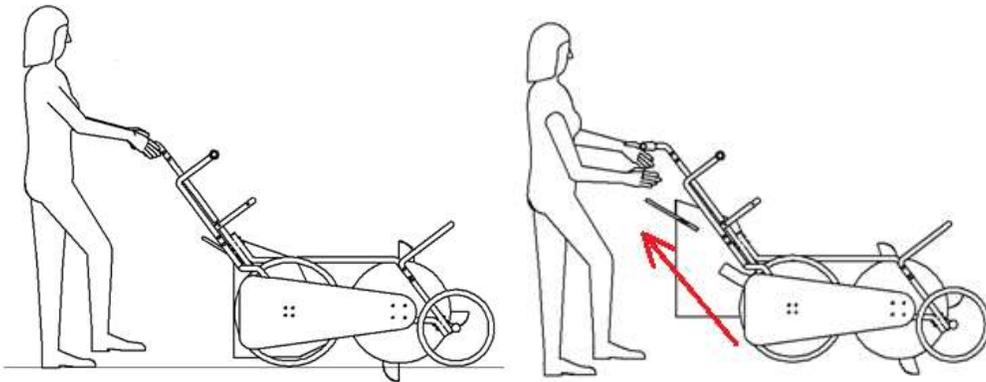
**Figura 174** – Posiciones del sistema de izamiento. A la izquierda se observa el sistema abajo, a la derecha el sistema izado (a 18° respecto a la horizontal)

- El equipo debe estar detenido al momento de elevar o bajar el sistema de izamiento.
- Al realizar estos movimientos, el operario utiliza su mano izquierda para liberar el pasador que une este elemento a la estructura del equipo, mientras que con la mano derecha sostiene la palanca del

sistema. Una vez liberado el perno hala la palanca para elevar el sistema o deja que la misma rote hacia adelante para bajarlo.

### **Desmontaje del depósito para el vaciado**

En la figura 175 se muestra que el depósito puede ser desmontado del equipo mediante el halado y gracias a unas guías (las cuales poseen una inclinación de 30,5°).



**Figura 175** – Desmontaje del depósito

- El motor debe estar apagado durante el desmontaje del equipo.
- Para evitar lesiones al momento del izamiento del depósito el mismo debe adoptar una postura adecuada y posicionarse lo más cercano posible al depósito.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **7.1 CONCLUSIONES**

Se logró diseñar un equipo que permite la recolección de desechos sólidos en playas arenosas; además también permite realizar labores de separación de los desechos de la arena recolectada, almacenamiento y transporte de los mismos.

Adicionalmente, debido a sus características de peso, potencia, materiales y piezas utilizadas, es de bajo impacto ambiental. Esta característica es fundamental ya que con este equipo se busca mejorar las condiciones de limpieza en las playas nacionales, sin causar problemas de otra índole.

El equipo diseñado, además de ser gentil con el ambiente, es gentil con la persona encargada de su operación, ya que durante el proceso de diseño se tuvieron en cuenta criterios de ergonomía y seguridad.

Con el equipo diseñado se logra recolectar toda la gama de desechos sólidos encontrados en las playas nacionales, desde los desechos más pequeños, como colillas de cigarro, hasta los más grandes, como botellas de refresco de 2 litros.

En cuanto a la fabricación y mantenimiento, pueden ser realizados a nivel local, ya que todas las piezas componentes están disponibles en el mercado e industria nacional. Y en caso de necesitar la fabricación de alguna pieza, los materiales también están disponibles a nivel nacional y los procesos de fabricación necesarios son convencionales.

Por último, se planteó un manual de uso con el que se pretende garantizar un uso seguro y eficiente del equipo y un mantenimiento adecuado para el mismo.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Construir, probar el equipo y hacer cualquier modificación que se considere necesaria.
- Es necesario verificar los valores de los coeficientes de rodadura y de adherencia utilizados en los cálculos de condiciones de marcha. Hay que tener en cuenta que los neumáticos utilizados son de bicicletas montañeras y el terreno es arena seca.
- La velocidad máxima del equipo debe ser regulada a la estipulada como velocidad de recolección en este trabajo. Esta limitación puede hacerse electrónicamente en el controlador, físicamente en el acelerador, o de alguna otra manera adecuada.
- Dar un curso de inducción a las personas que estarán encargadas de la operación del equipo. Recalcar los puntos que están descritos en el manual de uso y cualquier otro que se considere necesario.
- Si se considera la fabricación de este equipo en cantidades industriales, se recomienda la importación directa de los motores eléctricos para bicicleta.
- Diseñar un sistema que permita utilizar frenos de disco para bicicleta en ambas ruedas del equipo (tanto la manzana utilizada como el motor tienen soportes para el disco de frenos). El mismo debe poder ser accionado con una sola palanca (ubicada en la manilla izquierda del manubrio) y accionar simultáneamente el freno en ambas ruedas. Además el sistema debe permitir dejar activado el freno al soltar la palanca).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Almirall, H. (2001) **Ergonomía cognitiva: apuntes para su aplicación en trabajo y salud**. Caracas Ediciones UCV.
2. Blanchet, A. (1989). **Técnicas de investigación en ciencias sociales: datos, observación, entrevista, cuestionario**. Madrid: Narcea, España.
3. Brafield, A. (1978). **Life in Sandy shores**.
4. Bruhns, W (1964). **Petrología**. México: Editorial UTHEA.
5. Cartucci, E. (1993). **Atlas morfodinámico costero de Venezuela**. Caracas: Ediciones IPC.
6. Castillo R.; Martínez Z.; Rodríguez T.; Taheri C.; Gómez C.; García D. y Lozano R. (2004). **El Semáforo playero en el Estado Vargas**. Caracas: Autor.
7. Chudakov, D. (1977). **Fundamentos de la teoría y cálculo de tractores y automóviles**. Moscú: Editorial Mir.
8. **COVENIN 1565:1995. Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación**. Caracas: SENCAMER.
9. **COVENIN 2254:1995, Calor y frío. Límites máximos permisibles de exposición en lugares de trabajo**. Caracas: SENCAMER
10. **COVENIN 3376:1998. Tubos de acero al carbono soldados por resistencia eléctrica para aplicaciones mecánicas**. Caracas: SENCAMER.
11. Davis, J. (1975). **Análisis elemental de encuestas**. México: Editorial Trillas.
12. Diamond Chain Company (2006). **Technical engineering guide**. Indianápolis: Autor.

13. Domenech, X. (1994). **Química ambiental: el impacto ambiental de los residuos**. Madrid: Miraguano Ediciones.
14. Domínguez, H. y Belpaeme, K. (2006). **Manual beach cleaning in Belgium: an ecological alternative**. Bélgica: Autor.
15. Ellenberg, L. (1978). **Coastal types of Venezuela – an application of coastal classifications**.
16. FAIRES, V. M. (1995). **Diseño de Elementos de Máquinas**. México: Editorial Limusa.
17. Fernández, J. (1998) **Investigar mediante encuestas: fundamentos teóricos y aspectos prácticos**. Madrid: Editorial Síntesis.
18. Fernández, L. (1991). **Historia general del turismo de masas**. Madrid: Alianza.
19. Foundation for Environmental Education (2006). **Premios al mejoramiento del entorno costero: El ejemplo de la Bandera Azul**. Copenhagen: Autor
20. Fundación para la defensa de la naturaleza (2003). **Día mundial de las playas, Informe Final**. Caracas: Autor.
21. Fundación para la defensa de la naturaleza (2005). **Día mundial de las playas**. Caracas: Autor.
22. Fundación para la defensa de la naturaleza (2010). **Día mundial de las playas**. Caracas: Autor.
23. Gibrat, R. (1973). **La energía de las mareas**. Editorial Labor, España.
24. Gómez, A. (1988). **Aproximación histórica al estudio de la geografía del ocio**. Barcelona: España. Editorial Anthropos.
25. Groover, M. (2006). **Fundamentos de manufactura moderna**. México: Editorial Prentice Hall.
26. Grupo Ingeniería de Arborización. (2007). **Día mundial de las playas 2007**. Caracas: Autor.

27. Guilcher, A. (1957) **Morfología litoral y submarina**. Ediciones Omega, Barcelona.
28. Gurevich, A. (1978). **Tractores y automóviles**. Moscú: Editorial MIR.
29. Instituto Nacional de Estadística. Censo 2001.
30. **ISO 3833:1977. Road vehicles. Types. Term and definitions**. Ginebra: International Organization for Standardization.
31. **ISO 8996:1990. Determinación del metabolismo energético**. Ginebra: International Organization for Standardization.
32. Jones, C. (1985). **Métodos de diseño**. Barcelona: Gustavo Gili.
33. Kässbohrer (2010). **Beach Tech today**. Laupheim: Autor
34. Kezdi, A. (1975). **Manual de la mecánica de suelos**. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Ediciones UCV.
35. King, C. (1993). **Beaches and Coasts**. Editorial Edward Arnold. Segunda edición.
36. Leroy, J. (1987). **Los desechos y su tratamiento: los desechos sólidos, industriales y domiciliarios**. México: Fondo de cultura económica.
37. Ley de zonas costeras (2001). Gaceta Oficial N° 37.319 de fecha 7 de noviembre de 2001.
38. Ley orgánica de prevención, condiciones y medio ambiente de trabajo (2005). Gaceta Oficial N° 38.236 de fecha 26 de julio de 2005.
39. Ley orgánica del ambiente (2006). Gaceta Oficial No. 5.833 Extraordinario de fecha 22 de diciembre de 2006.
40. Longhursts, A. (1987). **Ecology of tropical oceans**. London: Academic Press.
41. Lucrezi, S., & Schlacher, T. (2010). **Impacts of Off-Road Vehicles (ORVs) on Burrow Architecture of Ghost Crabs (Genus Ocypode) on Sandy Beaches**. Queensland: Autor.
42. Martínez (1994). **Clasificación climática de las playas**.

43. Mclachlan and Erasmus.(1983)**Sandy Beaches as ecosystems.**
44. Méndez, J.(2006). **Petrología.** Instituto Ciencias de la Tierra. Caracas.
45. Minamb (1986) **Plan de ordenación del territorio. Documento de apoyo. Ordenamiento de playas. Isla de Margarita.**
46. Mondelo, P. (1994). **Ergonomía-Fundamentos.** Barcelona: Ediciones UPC.
47. Mott, R. (2006). **Diseño de elementos de máquina.** México: Editorial Prentice Hall.
48. Munar, R.; Francesc, X. (2004). **Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil playa-duna provocado por el efecto mecánico de su limpieza.** Santiago de Compostela: Autor.
49. Munari, B. (2001). **¿Cómo nacen los objetos?.** Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
50. Nybakken J. (1993). **Marine Biology an ecological Approach.**Harper Collins.
51. Ocean conservancy (2009). **The marine debrix index.** Washington: Autor.
52. Recurso Nacional Canadiense de Seguridad y Salud Ocupacional (1997). **Respuestas OSH. Ergonomía. Empujado; Halado – General.** Consultado el 26 de abril de 2013.  
<http://www.ccsso.ca/oshanswers/ergonomics/push1.html>
53. Riehl, H. (1979). **Climate and weather in the tropics.** London: Academic Press.
54. Ramírez y Toledo (1995). **Diseño de un equipo móvil para la limpieza de Playas.** Caracas: Autor.
55. Sánchez, P. (1988) **Ecología de los recursos demersales marinos.** México: AGT.

56. SHIGLEY, J. E. y MITCHELL, L. D. (2008). **Mechanical Engineering Design**. Nueva York: McGraw-Hill.
57. Silva. (1999). **Clasificación de pisos térmicos en Venezuela**. Revista Geográfica Venezolana. Vol. 43.
58. Suárez P. (1978). **Clasificación de formas costeras**. Revista de Obras Públicas. Madrid, España.
59. Targuetta, A. (1970). **Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica**. Madrid: Editorial Blume.
60. Tchobanoglous, G. y Theissen, H (1982). **Desechos sólidos: principios de ingeniería y administración**.
61. Wright and Short (1984). **Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis**. Mar. Geology.
62. Zorrilla, S. (1984). **Introducción a la metodología de la investigación**. Océano. México D.F.
63. Zubkov, V. (1967). **General petrography: a short course**. Moscú: Editorial MIR.

## **APÉNDICE 1**

**Entrevistas a los encargados de la limpieza en las playas nacionales visitadas**

## **ENTREVISTA BALNEARIO CAMURÍ CHICO**

### **Entrevista a un encargado de limpieza de playa**

La entrevista se le realizó a un solo encargado de la limpieza que decidió permanecer anónimo. El resto de los encargados de la limpieza afirmaron estar ocupados.

### **Sobre el encargado de la limpieza**

1. ¿Quién se encarga de la recolección de basura?

Somos una cuadrilla de mantenimiento.

2. ¿Vive cerca de la playa?

Sí, por aquí mismo.

3. ¿Si es No, cuánto tiempo se tarda en llegar?

No, llego temprano, como a las 7 o 6.

4. ¿Cuántas personas limpian la playa?

Ahorita somos 6.

5. ¿Cumple usted otra labor dentro de la playa?

Cortar la grama.

6. ¿Cuántos años tiene trabajando en la playa?

Yo voy para un mes.

7. ¿Es trabajo voluntario o pago? ¿Recibe apoyo de alguna organización o autoridades?

Pago. La misma gente de la playa me paga.

### **Sobre la playa y los visitantes**

8. ¿Por qué cree usted que la gente deja basura?

A la mayoría le da flojera echarla en el pipote.

9. ¿Hay otra fuente de desechos además de los usuarios; Por ejemplo la marea, el viento?

Sí, la marea trae bastante basura.

10. ¿Hay ventas de comida? ¿Cree que esto influye en la cantidad de basura?

Si hay y si influyen.

11. ¿Cuántos potes de basura hay en la playa y cómo están distribuidos?  
¿Considera que son suficientes? ¿Cada cuánto tiempo son vaciados?  
¿Considera que esta frecuencia es adecuada?

Como 12. Si son suficientes, para mí sí. Se vacían todos los días una vez al día. El único día que nos libramos son los domingos y venimos a trabajar el lunes.

12. ¿Se realiza algún tipo de acción preventiva? ¿Existe algún tipo de señalización sobre las zonas para el descarte de los desechos?

Sí.

13. ¿Hay algún personal de supervisión y cuidado en lo que a la limpieza de la playa se refiere?

Si, el presidente de la playa.

14. ¿En qué época del año se evidencia más basura?

Bueno más en las vacaciones, carnavales, esos días así.

### **Sobre la labor de limpieza**

15. ¿Cada cuánto tiempo se limpia la playa? ¿Hay algún calendario u horario en específico? De haber un calendario/horario, ¿Cómo se determinó?

De 7 a 12.

16. ¿Limpia alguna zona en específico o toda la playa?

La arena y las caminerías.

17. ¿Cuánto tiempo tarda aproximadamente limpiando esta zona, la parte de la arena?

La arena casi 1 hora. De los 6, 3 trabajamos aquí (en la playa B) y 3 allá abajo (en la playa A).

18. ¿Hay plantas o árboles en la zona de limpieza? De haber ¿Estos representan alguna dificultad para realizar la labor de limpieza?

Si hay, pero no es difícil.

19. ¿Qué tipos de objetos retira usted de la playa?

Bueno bolsas, papeles así, servilletas y esas cosas. Más que todo basura que deja la gente cuando come.

20. ¿Considera usted que los siguientes objetos deben ser retirados de la playa? Restos de animales, palos y troncos, restos de algas, piedras, etc.

Los animales si, palos y esas cosas. A la gente no le gustan, hay que quitarlos.

21. ¿Se le ha presentado alguna dificultad para recolectar algún tipo de desechos en específico? ¿Si es así cómo lo hace?

Animales muertos sí, que no me gusta recoger.

22. ¿Ha tenido algún tipo de accidente al momento de recoger la basura?

Bueno sí, puyazos y esas cosas.

23. ¿Considera que esa limpieza es adecuada y suficiente?

Sí.

24. ¿Qué tipo de recursos (herramientas, indumentaria, personal, etc.) utiliza para realizar la limpieza?

Utilizamos rastrillos, carrucha que es la carretilla y bolsas de basura.

25. ¿Qué tipo de recursos (herramientas, indumentaria, personal, etc.) considera que puede ayudar a mejorar la labor de limpieza?

Buscar más personas, porque 3 en cada playa no es suficiente.

26. Si pudiera diseñar (sin costo ni restricción alguna) un equipo de limpieza de playa "ideal" ¿Qué características debería tener?

Pudiera ser un carrito, que lo empujes.

### **Información adicional suministrada por el encargado de la limpieza**

Nos indicó quien era el "presidente de la playa" y dónde podríamos encontrarlo para hacerle algunas preguntas.

Los bañistas normalmente comienzan a llegar como a las 7am y se van como a las 4 pm.

En una de las aceras aledañas a la playa se encuentran algunas vallas donde se indica que la Alcaldía del municipio adquirió algunos equipos mecánicos para la limpieza de las playas, sin embargo al preguntarle al encargado sobre estos equipos nos informó que en el tiempo que tenía trabajando allí nunca los ha visto.

### **Entrevista al “presidente de la playa”, el Sr. Franklin**

El señor Franklin es el presidente de la Cooperativa Brillo del Mar, pero es conocido como “el presidente de la playa”. Esta cooperativa está encargada de la administración y mantenimiento de las 3 playas que conforman el balneario de Camurí. Además es responsable de pagar a los encargados de la limpieza de las mismas desde el año 2004.

El señor Franklin comentó que algunas universidades han trabajado en dicho balneario, realizando campañas de concientización, entrega de bolsas a los bañistas para que dispongan de su basura y con la colocación de algunos carteles a lo largo de las playas; pero ninguna labor enfocada al proceso de limpieza.

Al preguntarle sobre las máquinas que se muestran en las vallas, mencionadas con anterioridad, afirmó que sí existen.

Indicó que la Alcaldía se reunió con las cooperativas encargadas de las playas del Estado Vargas para hablar sobre la posibilidad de comprar algunas máquinas para realizar la limpieza de las mismas. Se convocó a una empresa (cuyo nombre no recuerda, pero que está ubicada en Caracas), la cual vende este tipo de equipos, para explicar sus características, para que calculara la cantidad de equipos necesarios (se determinó que sólo se necesitaban 3 para todo el Estado), etc. Inicialmente la idea era que cada cooperativa fuese la encargada de operar las máquinas en el momento que le tocara realizar la

limpieza en su playa, pero finalmente se decidió que la Alcaldía fuese la encargada de realizar esta labor con su propio personal en las diferentes playas.

## **ENTREVISTA BALNEARIO MARINA GRANDE**

### **Entrevista a personal de limpieza de la playa**

La entrevista fue realizada al señor Fernando, una de las personas encargadas de la limpieza.

#### **Sobre el encargado de la limpieza**

1. ¿Quién se encarga de la recolección de basura?

Personal de limpieza del balneario.

2. ¿Vive cerca de la playa?

Más o menos, pero tan cerca no.

3. ¿Si es No, cuánto tiempo se tarda en llegar?

30 minutos, 20 minutos.

4. ¿Cuántas personas limpian la playa?

Aquí en la playa somos varias partes, varios módulos (división de la playa en tres zonas transversales) somos como 7 silleros.

5. ¿Cumple usted otra labor dentro de la playa?

Sillero y aseador.

6. ¿Cuánto tiempo tiene trabajando en la playa?

Trece años ahorita.

7. ¿Es trabajo voluntario o pago? ¿Recibe apoyo de alguna organización o autoridades?

Pago.

### **Sobre la playa y los visitantes**

8. ¿Por qué cree usted que la gente deja basura?

Costumbre de las personas, como te crían a ti, tú vas creando consciencia. Hay personas educadas que recogen su basura, pero hay otros que como nos ven pasando la dejan ahí. Hay gente que dice, igual que si estuviese en mi casa yo recojo lo que yo dejo. Hay gente que ve a los otros y dicen “oye este si es cochino, como lanza eso ahí, yo no quiero ser así” y recoge su basura y así van creando consciencia. Por eso es que cada vez que nosotros vamos por ahí y vemos un vasito nosotros lo recogemos para que la gente se vaya adaptando a esa idea. Vamos caminando y cualquier cosa que vemos la recogemos, porque siempre hay algo por ahí o hay que sacar la basura. Además es más fácil hacerlo a lo largo del día.

9. ¿Hay otra fuente de desechos además de los usuarios?

Cuando llueve y baja el agua de la quebrada y cae en la playa trae bastante basura, si llueve duro trae palitos, hojas, y hasta espinas, trae toda esa broma, desechos plásticos. Hay veces que hemos sacado más de 5 camionetas de esas cosas porque se pone fuerte, pero eso es por temporadas, depende de la marea también porque hay veces que llueve y la corriente se trae la basura para acá, por las quebradas que desembocan.

10. ¿Hay ventas de comida? ¿Cree que esto influye en la cantidad de basura?

Aquí hay como 3, los días más fuertes es que están los 3 abiertos. Los mismos mesoneros también se encargan de recoger lo que les llevan a las playas, bueno algunos, no todos. Claro que influye porque mientras más consumen..., pero lo que pasa es que cada uno trae su cava y puede traer su botella y todo eso, de hecho a veces traen más de lo que consumen aquí, nosotros lo que estamos pendiente de cuando se llena la bolsa sacarla para que tengan donde echar la basura.

11. ¿Cuántos potes de basura hay en la playa y cómo están distribuidos? ¿Considera que son suficientes? ¿Cada cuánto tiempo son vaciados? ¿Considera que esta frecuencia es adecuada?

En mi área hay 4, aquí hay 2, serían 6...como 10 pero en el área de la playa nada más (en otras zonas, como en las de servicio hay más). Para mí sí son suficientes, porque uno tiene que estar pendiente y si hay más entonces... (risas). Depende, porque cuando ya estén llenas uno las saca, pero hay veces que cuando la gente echa la basura no la mete bien y mi jefe lo ve y me hace sacarlas aunque no estén llenas.

12. ¿Se realiza algún tipo de acción preventiva? ¿Existe algún tipo de señalización sobre las zonas para el descarte de los desechos?

Nosotros no le decimos nada a la gente porque aquí como la gente en más "clásica" entonces uno no le dice nada por... en cambio uno en una playa pública si se tiene que concientizar. Lo que hacemos es que como uno siempre está recogiendo la basura ellos echan menos porque nos ven y se van adaptando y echan menos. No hay señalización, ya los potes están identificados, cualquier cosa ellos nos preguntan a nosotros y cuando uno lo ve con la bolsa les dices "ahí está el pote, para que no camines mucho" porque hay veces que están por allá abajo y vienen

para acá arriba (refiriéndose a la zona de servicios) y uno tiene que decirles que está ahí mismito.

13. ¿Hay algún personal de supervisión y cuidado en lo que a la limpieza de la playa se refiere?

Sí, los mismos jefes.

14. ¿En qué época del año se evidencia más basura?

En temporada, carnaval, semana santa y ahorita (refiriéndose a agosto-septiembre), y ahorita viene gente todos los días aunque los días más fuertes son los días de semana.

#### **Sobre la labor de limpieza**

15. ¿Cada cuánto tiempo se limpia la playa? ¿Hay algún calendario u horario en específico? De haber un calendario/horario, ¿Cómo se determinó?

Los lunes más que todo, y en el trascurso de la semana si le da chance a uno, ahorita no nos da mucho chance de mantenerla pero cuando no es temporada uno lo pasa casi 2 veces por semana. Nosotros lo tenemos cuadrado así porque a nosotros no los puso la compañía, pero yo a veces lo lunes le paso a un pedazo y el martes le paso al otro que me queda y siempre estamos limpiando. Además al final de la faena, nosotros de una vez, para que la gente se vaya culturizando, vamos recogiendo cualquier cosa que este por ahí, cuando la gente se va nosotros recogemos todo de una vez pero hay cosas que quedan tapadas con la arena cuando la gente las pisa y para eso es que pasamos la rastra.

Nosotros pasamos primero el rastrillo y cuando nos da chance pasamos la rastra, osea una persona va pasando el rastrillo para sacar primero lo

más grande y yo voy pasando la rastra. Esto más que todo se hace en la mañanita como a las 8, el encargado del final (el extremo este de la playa) si la limpia más temprano porque llega más temprano que yo.

16. ¿Limpia alguna zona en específico o toda la playa?

Como somos varios cada uno tiene un sector asignado pero uno también hace una limpieza general. Limpiamos todo, desde los toldos hasta donde esté seca porque la arena húmeda no se puede cernir, ayer se pasó rastra por este sector, por eso mandamos a poner más rastras porque hay 2 y hay que compartirla, entonces cuando uno la quiere pasar el otro tiene que esperar que termine, falta una, la que me falta a mí y cuando la quiero pasar tengo que buscar la de aquí (en un extremo de la playa) o la tengo que buscar allá (en el otro extremo de la playa), como yo siempre trabajo en el centro.

17. ¿Cuánto tiempo tarda aproximadamente limpiando esta zona?

Depende porque puede ser 2 horas, 3 horas, una parte (no toda la playa), una hora, dos horas, depende de lo que tú le quieras dar porque depende del sol (risas).

18. ¿Hay plantas o árboles en la zona de limpieza? De haber ¿Estos representan alguna dificultad para realizar la labor de limpieza?

No, porque uno los pasa por la hilera entre los toldos, pero primero se arrima la basura que está cerca de los postes hacia esa zona con el rastrillo y después se pasa la rastra sin problema entre los toldos. (Se hace transversalmente, así no hay que pasar entre toldo y toldo, solo entre las hileras)

19. ¿Qué tipos de objetos retira usted de la playa?

Lo que tratamos de recoger son las colillas de cigarro, chapas para que la arena siempre esté en buen estado.

20. ¿Considera usted que los siguientes objetos deben ser retirados de la playa?

Sí, todo eso se lleva para un solo sitio y allá después se recoge, que no vuelva a caer en el mar ni nada, aparte. Tratamos de dejar solo la arena. Esta playa no tiene muchas piedras.

21. ¿Se le ha presentado alguna dificultad para recolectar algún tipo de desechos en específico? ¿Si es así cómo lo hace?

En ningún momento porque siempre los rastrillamos y cuando, la otra vez por allá sacamos 2 camionetas cargadas de matas, de monte, de bambú y todas esas cosas de que vinieron de arriba, de la quebrada. Y nada de eso con las manos, siempre el rastrillo y la pala o una cesta para uno ir recogiendo, aquí lo que más se utiliza es la carretilla, el rastrillo para uno ir recogiendo.

22. ¿Ha tenido algún tipo de accidente al momento de recoger la basura?

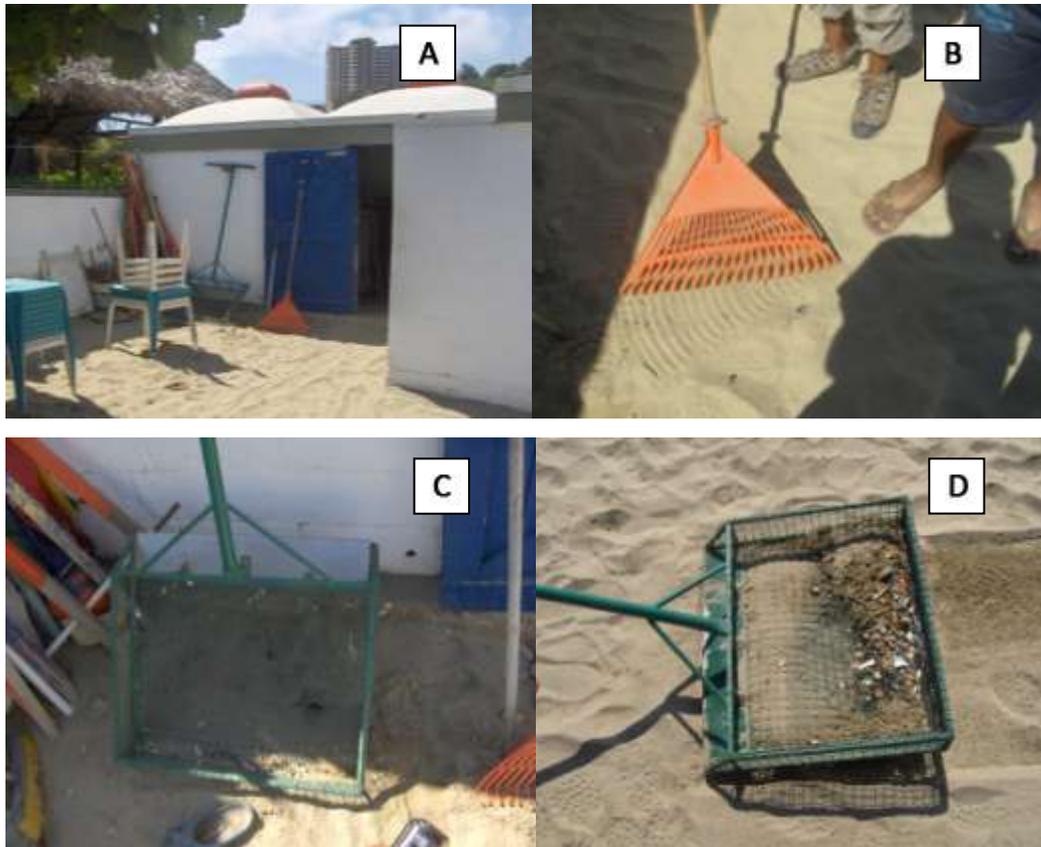
Lo que si te puede dar es un lumbago, algunas veces, hasta agarrando las mismas sillas. (En cuanto a los movimientos repetitivos como agacharse) eso no los dijeron a nosotros, para protección de nosotros mismos cómo teníamos que agarrar el peso y eso.

23. ¿Considera que esa limpieza es adecuada y suficiente?

Bastante.

24. ¿Qué tipo de recursos (herramientas, indumentaria, personal, etc.) utiliza para realizar la limpieza?

Aquí lo que más se utiliza es el rastrillo y la rastra (Figura 62). Pero hay dos conceptos, lo que es la rastra gruesa y la rastra fina, pero nosotros pasamos nada más la gruesa. Pasándole primero la gruesa se recoge lo que es colilla y todo eso pero con la fina la arena queda como si nunca la hubiesen tocado. Aunque a veces también usamos palas y carretillas.



**Figura 62** – Equipos utilizados en las actividades de limpieza de la playa A) Cuarto de herramientas de la playa donde se observa una rastra y un rastrillo B) Rastrillo común C) Detalles de la rastra de limpieza D) Detalles de la rastra de limpieza

25. ¿Qué tipo de recursos (herramientas, indumentaria, personal, etc.) considera que puede ayudar a mejorar la labor de limpieza?

Como nosotros ya estamos adaptados a casi todo, así estamos bien, lo único que faltaría en para otro quinquenio es que haya otra formalidad como hacen en otras partes con un carrito que va limpiando, un carrito

que pase como especie de la rastra pero automático para que sea más cómodo. La cantidad de personal es suficiente.

26. Si pudiera diseñar (sin costo ni restricción alguna) un equipo de limpieza de playa “ideal” ¿Qué características debería tener?

Para eso sí me tengo que sentar, porque a uno se le ocurren cosas pero no las tiene registradas. La última vez iban a hacer la rastra de aluminio para que sea menos peso pero la cosa es que a veces el peso influye mucho para poder sacar bien las cosas de abajo, entonces depende todo el movimiento de la rastra. Yo digo que hay que implementar, no aquí, sino en otras playas que sean más públicas que la gente va más, que bota más cosas, tendría que haber más potes y con más letreros.

#### **Información adicional suministrada por el Sr. Fernando**

No tiene novedad ni información sobre las máquinas de la Alcaldía (Mencionadas en la sección del Balneario de Camurí Chico). Al comentarle que las mismas las pasan 2 veces al mes, comentó que él considera que la máquina debe ser pasada cada 8 días, no 2 veces al mes para que el proceso sea más efectivo.

El Sr. Fernando comentó que él forma parte del Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales (INPSASEL) y que, en conjunto con Venpres, se hicieron algunos análisis que llevaron a la modificación de la agarradera de la rastra para darle una forma más ergonómica. Cuando él comenzó a trabajar en este complejo ya la rastra estaba allí, por lo que no supo decirnos si la compraron o la mandaron a fabricar.

Indicó que cuando llueve no dejan de limpiar sino que no utilizan las rastras sino sólo los rastrillos. Al preguntarle sobre qué consideraciones tienen

respecto a la faunas presente en la arena, señaló que nunca ha tenido ningún problema con los cangrejos.

La zona de los toldos fue limpiada el día anterior a la visita.

Por último recomendó la utilización de pequeños depósitos en cada toldo para la disposición de las colillas de cigarro por parte de los visitantes fumadores con lo que él piensa se reduciría la cantidad de éstas que terminarían en la arena y los pequeños depósitos serían vaciados al final del día por el personal de limpieza.

#### **Entrevista a otro de los encargados de la limpieza de la zona arenosa**

Cuando llega temprano pasa la rastra, pero primero pasa el rastrillo. Al preguntarle si eso le parecía suficiente y que si no le parecía muy pesado nos dijo que “Ya uno está adaptado a eso, a lo mejor si lo ponen más liviano uno termina trabajando más”.

#### **Entrevista al gerente del balneario, el Sr. Carlos Montes**

Aunque los encargados de la limpieza generalmente trabajan en una playa específica (la de visitantes o la de asociados), en ocasiones se rotan entre las playas para que no sientan que hay preferencias, porque a la playa de visitantes siempre va más gente que a la de asociados y por tanto hay más que limpiar.

En temporada pueden llegar a visitar la playa unas 1200, 1500 personas, pero ahora tratan de no dejar pasar tanta gente para que no colapse la playa.

## **APÉNDICE 2**

**Totalidad de ideas generadas en la tormenta de ideas con sus respectivas explicaciones**

Las ideas generadas fueron las siguientes:

W: Wilfredo

E: Eduardo

P: Pedro

J: Julián

A: Andreina

B: Bolívar

H: Héctor

V: Víctor

Aspirado	W
Pinchos	P
Niñitos negritos	J
Rastrillo	E
Imán	W
Servicio Comunitario	J
Entrenar gaviotas	J
Grupo ambientalista	W

Tractor	E
No limpiar	J
Pala	B
Grupo nudista	H
Corta césped	E
Educar	J
Multas	W
Bombas	A
Cangrejo recolector	J
Papagayos	A
Muchos pipotes	J
Pipotes enterrados	P
Subir marea	H
Prohibir bañistas	J
Vender productos	H

biodegradables	
Muchos policías	W
Carteles	E
Golpes al que bote basura	J
Policía de limpieza	P
Carritos de golf	J
Brazo mecánico	B
Remuneración	P
Hazme un	H
Wall-E	J
Cerrar las playas	E
Detector de metales	A
Malla en el agua	P
Niñitos de escuelas	J

Basura retornable	P
Pesar a las personas	J
Trabajo forzoso	H
Presos	J
Pipotes en los toldos	E
Tornillo sin fin	B
Potes de reciclaje	E
Personas sin trabajo	W
No comer	A
Lupa gigante	H
Esculturas	J
Playa digestiva	P
Llevar zamuros	J
Multar empresas	W
No fumar	P

Envases biodegradables	J
Restaurantes	E
Comer basura	A
Basura comestible	E
Basura robótica	P
Castigo niños de escuela	J
Entrar sin nada	W
Soplar basura	B
Una bolsa a cada visitante	J
Detector de mentiras	W
Vaso de hielo	H
Salir con lo que entras	W
Prohibir bebidas	H
Supervisar	E

personal	
Convencer basura buena	A
Rodillo pegajoso	P
Botas basura pegajosa	A
Quitar arena	H
Quitar arena	P
Rodillo con puyas	J
Drenar arena	W
Malla bajo la arena	J
Máxima cantidad de cosas	A
Botar basura al espacio	H
No parrillas	J
Animales come basura	W

Chipos	J
Matar turistas	P
Recoge latas	P
Mosquitos	H
Malandros	H
No reggaetón	B
No vehículos	H
Cobrar entrada	B
Presidente limpia	W
Obligatorio bachillerato	W
Candidatos políticos	H
Quemar la playa	A
La piedrita	W
Tapar la basura	J
Yincana de limpieza	A
Todo incluido	E

Flotas de robots	P
Muelle	W
Turismo de montaña	A
Derecho de admisión	W
Clausurar	V
Basurero falso	E
Basurero con sonido	W
Gente pálida de moda	W
Hovercraft	J
Pena de muerte	H
Canción ambiente	W
Mandar a Greenpeace	J
Test mental	W
Licencia de entrada	A

Marihuana	W
Visitas máximas	A
Comer en casa	B
Playas virtuales	H
Fondo playero en Piscina	H
No propaganda en playa	A
Quitar buhoneros	W
Buhoneros a limpiar	J
Niños	J
Cuando caiga la basura pique	W
Cinta transportadora	B
Traje de baño con bolsa	W
No shorts con destapador	B

Cava con compartimiento	J
Tractor tamizado	H
Especialización UCV	W
Cambiar tema	J
Castillos de basura	E
Quemar venezolanos	J

Obligar tesis	E
No bañar con potes	B
Mallas	B
Destruir capa de ozono	H
Restringir número de veces	W
Entrenar perros	J

Inventar monstruos	A
Tiburones	W
Silbón y llorona	B
No actos lascivos	W

A continuación se presentan las entrevistas que se realizaron a los participantes para que explicaran sus ideas:

**Entrevista a**

**W: Wilfredo**

**Aspirado:** crear una máquina con una malla especial de modo que cuando se aspire la arena se quede la basura y

pase la arena hacia atrás de la máquina.

**Imán:** un imán gigante que pase por toda la playa por medio de un helicóptero y recoja todos los desperdicios metálicos.

**Grupo**

**ambientalista:**

personas fanáticas a las que les guste recoger la basura y les sea satisfactorio recogerla.

**Multas:** ponerle multas a las personas que boten la basura

en la arena de modo de que como les duele en el bolsillo no la boten.

**Muchos policías:** que se encarguen de supervisar qué hacen las personas y cuando boten la basura en la arena se encarguen de multarlas.

**Personas sin trabajo:** que limpiar la playa se convierta en un trabajo y que el gobierno se encargue de pagarlo.

**Multar empresas:** por cada papelito que se encuentre de esa empresa botado en la playa se le multe a la empresa de modo que se vean obligados a concientizar a las

personas que compren sus productos.

**Entrar sin nada:** entrar sólo con las cosas que no se puedan convertir en basura, solo la ropa, todos, sillas, etc.

**Detector de mentiras:** cada vez que salga una persona de la playa se le entreviste y si la persona miente diciendo que no botó la basura y no la puso en su lugar se le aplique una multa.

**Salir con lo que entras:** de modo que si yo entré con un pote de pepsicola tengo que salir con ese pote así esté vacío.

**Rodillo pegajoso:** un rodillo que cuando se pase sobre la basura ésta se le pegue.

**Drenar arena:** poner una malla gigante por debajo de la arena y levantar esa malla gigante con unos helicópteros y entonces hacer que la arena caiga y la basura queda en la malla.

**Animales come basura:** que por medio de manipulación genética le guste comer basura.

**Presidente limpia:** que como las personas adeptas al presidente ven al presidente limpiando

incentivadas a limpiar.

**Obligatorio**

**bachillerato:** que tengas que recoger unos 10 kilos de basura como requisito para poder graduarte de bachiller.

**La piedrita:** llevar a personas amenazantes que obliguen a las personas a cumplir su labor.

**Muelles:** un muelle gigante de modo que las personas nada más caigan al agua y lo demás no sea arena sino que sean mallas. Que boten la basura pero que la boten en un muelle.

**Derecho de**

**admisión:** una persona que se encargue de admitir a ciertas personas, que él considere.

**Basurero con**

**sonido:** ponerle efectos de sonido a los basureros, de tal manera de que cuando la gente la eche haga un sonido atractivo que haga que la gente se divierta echando basura y escuchándolo.

**Gente pálida de**

**moda:** como la gente a veces se mueve mucho con las modas, cuando esté de moda ser pálido la gente va dejar de ir a la playa y va a dejar de contaminar.

**Canción ambiente:**

cuando las personas ven a sus ídolos cantando acerca de un tema se sienten más incentivadas y bueno, quizás creen más conciencia.

**Test mental:** cada vez que una persona vaya a entrar a la playa se le entreviste y si esa persona es apta para no botar basura dentro de la playa se deje pasar.

**Marihuana:** para que las personas cuando estén drogadas no sientan la necesidad de comer, tomar, etc. etc. etc.

**Quitar buhoneros:**

como la gente consigue menos cosas que comprar, menos cosas que

consumir, menos  
basura que botar.

**Cuando caiga la**

**basura pique:** poner  
un aditivo de modo  
que cuando la basura  
caiga en la arena  
reaccione y te cause  
algo en la piel y te  
empiece a picar.

**Traje de baño con**

**bolsa:** como a la  
gente a veces le da  
flojera botar la  
basura, bueno que la  
bote en su basurero  
que tiene al ladito en  
el traje de baño.

**Especialización UCV:**

que se saque una  
rama de ingeniería o  
de cualquier otra  
carrera donde se  
trabaje con eso, en el  
limpiar

**Restringir número**

**de veces:** bueno  
como hay menos  
número de visitas,  
menos personas y  
menos  
contaminación.

**Tiburones:** para que

a la gente le de  
miedo ir a la playa y  
por lo tanto no  
contamine

**No actos lascivos:**

como las personas  
sienten menos  
incentivos para ir a la  
playa, porque  
muchas personas  
van a la playa es a  
reproducirse  
entonces se reduce  
la cantidad de gente.

**Entrevista a**

**P: Pedro**

**Pinchos:** Un palo con  
el que se pinche la

basura y se pueda ir  
recogiendo sin  
mucho esfuerzo  
mientras se camina  
por la playa

**Pipotes enterrados:**

poner muchos  
pipotes en la playa  
para que siempre se  
tenga un sitio cerca  
donde disponer de la  
basura y enterrarlos  
en la arena de  
manera que no  
estorben  
visualmente

**Policía de Limpieza:**

Que haya gente  
encargada de  
supervisar el  
comportamiento de  
los visitantes con  
respecto a la basura

**Remuneración:** que

se incentive  
monetariamente a la

gente a que limpie las playas.

**Malla en el Agua:**

una malla que barra el agua recogiendo desechos.

**Basura Retornable:**

que las empresas reciban la basura que generan sus productos

**Playa Digestiva:** la

playa de alguna manera procese la basura directamente en la arena

**No fumar:** esto para disminuir la cantidad de colillas en la arena

**Basura Robótica:**

que la basura pueda moverse por sí sólo hacia los sitios adecuados para su remoción o disposición final.

**Rodillo Pegajoso:** un

rodillo al que se le vaya pegando la basura mientras se pasa sobre la arena

**Quitar Arena:** quitar

toda la arena de un sector y sustituirla por otra limpia.

**Matar Turistas:** lo

dije en broma por lo de los chipos.

**Recoge Latas:** que se

les de trabajo a los recoge latas limpiando las playas / está también asociado a lo de darle un valor al servicio de limpiar las playas

**Flota de robots:**

sistemas automatizados de robots, grandes o pequeños, que pasen

escaneando las playas identificando la basura y recogéndola.

**Entrevista a**

**J: Julián**

**Niños negritos:** Se

puede contratar a niños que estén sin oficio para la limpieza de la playa, de esta manera los niños podrán conocer desde pequeños el valor del trabajo y del dinero y además cumplen con el objetivo de la limpiezas de la playa. No obligatoriamente tienen que ser negritos, de todos los colores, razas y sexos estarían igual de capacitados, pero en los pueblos adyacentes a las

playas de nuestro país la mayoría son niños morenos.

### **Servicio**

**comunitario:** Se podrían crear proyectos de servicio comunitario tanto en instituciones de educación media como superior, que consistan en la limpieza de las playas como servicio a la comunidad.

**Entrenar gaviotas:** Si se puede entrenar a pulgas para que participen en un circo, ¿por qué no podrían entrenar a una cuadrilla de gaviotas que se encarguen de recoger la basura de la playa y colocarla en recipientes de

basura convenientemente situados en zonas de fácil acceso para el camión de la basura?

**No limpiar:** No soluciona el problema pero se ahorra dinero y mucho tiempo de planificación y de logística. A la final para la gran mayoría de los usuarios de las playas del país el problema de la basura no les importa, por lo que no es realmente un problema para éstos, por lo tanto, que se sigan bañando en su propia basura.

**Educación:** Hacer campañas para educar a las personas desde muy

pequeños a no tirar basura ni en las playas ni en ningún lado.

### **Cangrejo recolector:**

Entrenar a los cangrejos que no hacen nada con sus vidas y se la pasan holgazaneando entre la arena, para que recolecten la basura y la sitúen en recipientes de basura. Hay que tener cuidado que su labor no entre en conflicto con el trabajo de las gaviotas porque podrían (o no podrían) tener guerra de pandillas que podría (o no podría) terminar en graves heridas y hasta bajas en alguno de los

bandos, traduciéndose en tiempo y dinero perdido por los entrenadores de los animales.

**Muchos pipotes:** Al tener muchos pipotes de basura, habría más capacidad de almacenamiento, por lo tanto no sucedería lo que generalmente sucede que es un pipote con el triple de basura de lo que puede almacenar, con lo cual gran parte de esa basura termina volándose por culpa del viento, o simplemente obligando a las personas que quieren deshacerse de sus desperdicios a colocarlos en el piso

cerca de los pipotes llenos de basura con lo cual animales terrestres como perros, ratas, etc. terminen desplazándola de su lugar.

**Prohibir bañistas:** Simple, los bañistas son los que llevan la basura a las playas, no bañistas significará no basura, por lo tanto no basura se traducirá en no limpieza de las playas, por lo tanto no existe el problema.

**Golpes al que bote la basura:** Simple, el humano es un animal que perfectamente puede aprender por medio de

condicionamiento básico.

**Carritos de golf:** Se puede utilizar este medio de transporte para que a los encargados de la limpieza se les facilite su trabajo, también se puede adaptar algún dispositivo de recolección de basura.

**Wall-E:** diseñar un robot similar a dicha estrella que se encargue de la recolección y almacenamiento de la basura de la playa.

**Niños de escuelas:** Lo repito y lo repetiré mil veces si es necesario, es la mejor opción, todos ganan y todos son

felices, a excepción tal vez de los padres que luego tienen que limpiar la ropa llena de basura de sus hijos, pero vamos a estar claros, peores cosas han limpiado provenientes de sus hijos.

**Pesar a las personas:**

Pesar a las personas y a sus equipajes antes y después de su tiempo en las playas, y multarlas por cada gramo que hayan perdido, lo que se traduce en basura que hayan dejado dentro de éstas.

**Presos:** Obligar a los presos a limpiar las playas como parte del servicio que le tienen que retribuir a

la sociedad por sus actos.

**Esculturas:** En vez de deshacerse de la basura, embellecer las playas con esculturas hechas con la misma basura.

**Llevar zamuros:** Los zamuros comen basura, por lo tanto invadir las playas de muchos zamuros para que se deshagan de los desperdicios.

**Envases**

**biodegradables:** Si no puedes contra ellos, úneteles. Si todos los envases de los productos que se consumen en la playa fuesen biodegradables no habría problema con simplemente

dejarlos en la playa ya que no la contaminarían.

**Castigo a niños de**

**escuela:** Esta es una variación a las (geniales) propuestas anteriores. Como castigo por mala conducta se puede obligar a los niños a limpiar las playas; claramente esto aplica a niños de mayor edad, ya que los niños de preescolar no sufrirían del castigo sino que disfrutarían la manipulación de basura en la playa.

**Una bolsa a cada**

**visitante:** Que al entrar a la playa se le suministre una bolsa a los bañistas para que no tengan

excusas de no saber o no tener el medio para deshacerse de la basura. Al final de la jornada se multará al visitante que no regrese la bolsa debidamente llena de sus desperdicios.

**Rodillo con puyas:** un rodillo que de alguna manera se rueda por la playa, tenga puyas y estas pinchen y recojan la basura.

**Malla bajo la arena:** Colocar un grupo de mallas debajo de la arena que permitan el paso de la arena más no de la basura, al final de cada jornada elevar dichas mallas para filtrar la arena y botar la basura recolectada.

**No parrillas:** Las parrillas en la playa son, a mi parecer, una de las actividades con mayor generación de basura en las playas.

**Chipos:** ¿Chipos?... Debió ser en broma.

**Tapar la basura:** Si se tapa la basura con una capa de arena, se puede esquivar el problema ya que los usuarios no verían la basura por lo tanto no exigirían la limpieza de las playas.

**Hovercraft:** Estos medios de transporte son idóneos para su uso en la playa, ya que funcionan perfectamente tanto en la arena seca,

mojada e incluso en el agua. Se les podría adaptar algún sistema de recolección de basura como una red o unos rastrillos.

**Mandar a Greenpeace:** Estos hipócritas no tienen nada que hacer con sus vidas, y exageran todo hasta los puntos más imaginablemente absurdos, por lo tanto se le podría poner la limpieza de todas las playas del país en sus manos y si tenemos suerte lo harían después de un buen show mediático.

**Buhoneros a limpiar:** Que se necesite algún permiso de

trabajo para los buhoneros que trabajan en las playas, y que dicho permiso se les conceda y se les renueve con la condición de tener que limpiar sus áreas de trabajo (la playa).

**Niños:** Fue el primero que expliqué, pero me pareció tan buena idea contratar a los niñitos que lo dije de nuevo. Además, se podría proponer a las escuelas preescolares de las zonas aledañas a las playas, que hagan actividades de limpieza con los niños, a los niños les encanta hacer básicamente cualquier cosa, se

divierten con cajas, latas y cualquier porquería que vean en el suelo, por lo tanto no es tan descabellado explotar sus intereses por la basura. Es una situación ganar-ganar, los niños se divierten con la basura y las playas terminan limpias; la solución perfecta.

#### **Cava con**

#### **compartimiento:**

Sería genial que las cavas trajeran un pequeño compartimiento para guardar la basura el cual sea fácilmente lavable, los usuarios de las playas que usen dichas cavas no tendrían excusas de llevarse la basura de

regreso ya que no tendrían ni que pararse de sus puestos.

#### **Cambiar tema:**

Olvidarse del problema de la basura y cambiar el tema de la tesis, esto no soluciona el problema de la basura pero si se encuentra un tema más fácil de solucionar, entonces se solucionaría este último obstáculo académico para obtener el título.

#### **Quemar**

**venezolanos:** Es simple, los que botan la basura en las playas de nuestro país son venezolanos, por lo tanto si se eliminan a

éstos directamente se elimina el problema de la basura.

**Entrenar perros:** En muchas playas del país deambulan perros que siempre terminan buscando comida en la basura, se podría aprovechar de sus servicios entrenándolos para que muevan la basura que no se puedan comer a algún depósito (probablemente controlado por cangrejos o gaviotas) y luego premiarlos con comida un poco más sana por hacer su labor.

**Entrevista a**

**E: Eduardo**

**Rastrillo:** Utilizar un rastrillo para juntar y recoger la basura.

**Tractor:** utilizar un tractor para movilizarse por la playa y con la pala (del tractor) se puede limpiar de una vez.

**Corta césped:** utilizar algo estilo un corta césped, que uno empuje y que vaya recogiendo la basura.

**Carteles:** colocar carteles en diferentes lugares de la playa para tratar de concientizar a la gente a que no debe dejar la basura en la playa.

**Cerrar las playas:** si no va gente no hay

quien eche basura. Además si no va gente no hay por qué limpiar la playa.

**Pipotes en los toldos:** que cada toldo tenga su propio pipote, así la gente no tiene la excusa de que los pipotes están muy lejos o de que no hay.

**Potes de reciclaje:** para que la gente que sí lleva la basura a los pipotes o los mismos encargados de la limpieza separen la basura. Y hasta se puede vender y así se paga a los trabajadores.

**Restaurantes:** que la gente de los restaurantes sean las encargadas de limpiar la playa, ya

que ellos venden mucha de las cosas que terminan siendo basura en la playa, como vasos, cubiertos, pitillos, etc.

**Basura comestible:** que los empaques de chuchería, potes y demás basura sea comestible así la gente se la coma en vez de echarla en la playa.

**Supervisar personal:** supervisar que el personal de limpieza, si es que lo hay, limpie bien. También supervisar a los trabajadores de restaurantes y si estos no recogen la basura que venden se les castigue de alguna manera.

**Todo incluido:** que cuando se entre a la playa se pague una entrada y eso incluya todo, hasta la comida. Así la gente no lleva basura a la playa sino que los restaurantes se encargan de limpiar y de dar vasos y platos retornables.

**Basurero falso:** como la gente está acostumbrada a echar la basura en la arena se pueden colocar basureros que luzcan como arena.

**Castillos de basura:** en vez de recoger la basura se pueden hacer castillos, en vez de arena, de basura u otras cosas.

**Obligar tesis:** obligar a que la gente haga su tesis sobre este tema.

## **Entrevista a**

**B: Bolívar**

**Pala:** Una pala se utilizaría como herramienta para recoger basura sin distinción de tamaño.

**Brazo mecánico:** Dispositivo para recoger basura, pero sin recoger la arena.

**Tornillo sin fin:** distribuido en la playa de tal manera que lleve los desperdicios de un sitio a otro.

**Soplar basura:** Un soplador lleva la basura a un depósito

sin necesidad de recogerla o barrerla.

**No reggaetón:** Este tipo de música provoca desenfreno y desinhibiciones, llegando al punto de que la gente bote la basura sin darse cuenta o sin importarle.

**Cobrar entrada:** al cobrar entrada se acumula dinero para invertir en el mantenimiento y limpieza de la playa.

**Comer en casa:** Si comemos en casa no llevamos comida a la playa, y por lo tanto evitamos el uso de los empaques de alimentos, los cuales pueden ser arrojados a la arena.

**Cinta transportadora:** una cinta transportadora alrededor de toda la playa en donde la gente eche la basura y la cinta la lleve a otro lugar, a un depósito general.

**No shorts con destapador:** El hecho que vendan shorts con destapador incita al consumo de bebidas en la playa.

**No bañarse con potes:** Cuando la gente se baña con potes, por lo general son arrojados al mar y llevados a la playa por el oleaje.

**Mallas:** Una malla al fondo de una bahía o una playa cerrada, evita el paso de desperdicios que son

arrojados al mar y llevados por la corriente.

**Silbón y llorona:** Creando el mito del silbón y la llorona en la playa, la gente se abstendría de visitarlas (al menos de noche).

**Entrevista a**

**A: Andreina**

**Bombas:** Colocarle globos de helio a la basura para que flote y se la lleve el viento a otro lugar.

**Papagayos:** La misma idea de las bombas pero con papagayos.

**Detector de metales:** utilizar un detector de metales para localizar las chapas y

otros objetos metálicos escondidos bajo la arena.

**No comer:** No permitir que la gente coma en las playas ya que la mayoría de la basura encontrada en la playa está relacionada con esta actividad.

**Comer basura:** ya que si la gente se come la basura no la deja en la arena.

**Convencer basura buena:** si se convence a la gente de que la basura es buena se puede dejar en la playa sin el miedo de que la gente se queje y exija su limpieza.

**Botas basura pegajosa:** que de

alguna manera la basura sea pegajosa y al caminar sobre ella con botas (o con cualquier otro calzado) esta quede pegada en las mismas. O visto de otra manera utilizar botas pegajosas para que la basura se pegue a ellas.

**Máxima cantidad cosas:** sólo permitir una cantidad de cosas desechables por persona, de esta manera se disminuye la basura potencial que podría quedar en la playa.

**Quemar la playa:** para así incinerar la basura.

**Yincana de limpieza:** ya que es una actividad

generalmente divertida y con la que se puede lograr que más gente se involucre en las labores de limpieza. Puede hacerse todos los fines de semana y quizás dar algún tipo de premio como incentivo.

**Turismo de montaña:** promover el turismo de montaña, ya que el destino por excelencia en Venezuela es la playa. Así que quizás reduciendo la cantidad de visitantes se reduzca la cantidad de desechos.

**Licencia de entrada:** hacer una especie de evaluación a las

personas y determinar si son aptas o no para entrar a la playa, por lo menos en términos de limpieza. A las personas aptas se les otorga una licencia para poder ingresar a las playas.

**Visitas máximas:** cada persona puede visitar una o las playas del país en general una cantidad máxima de veces al año, así se reduce la cantidad de visitantes cada día.

**No propaganda en playa:** prohibir que productos como cervezas y cigarrillos hagan publicidad ambientada en playas ya que esto

incita a la gente a ir a “divertirse” en las playas como lo hace la gente que aparece en los comerciales. Quizás se pueda reducir el número de turistas.

**Inventar monstruos:** tipo el silbón y la sayona pero que aparezcan en las playas. De esa manera la gente supersticiosa y miedosa iría menos a la playa.

**Entrevista a**

**H: Héctor**

**Grupo nudista:** Los grupos nudistas están per se muy ligados a la naturaleza, por lo tanto sería bueno

que ellos limpiaran la playa

**Subir marea:** La marea sube y se lleva todos los desperdicios de la arena.

**Vender productos**

**biodegradables:** Que los envases de los productos que se vendan en la playa sean biodegradables, así no los dejan en la arena representan mayor problema.

**Hazme un:**

dispositivo de limpieza de playas arenosas (como tema de la competencia de diseño y construcción que se organiza en la escuela básica de la

facultad de ingeniería).

**Trabajo Forzoso:**

Que los reos limpien playas como parte de pago de sus condenas.

**Lupa gigante:** Que derrita todos los desperdicios.

**Vaso de hielo:** que el contenedor de las bebidas sea un vaso de hielo, por lo tanto no deja residuos.

**Prohibir bebidas:**

Que no se puedan llevar bebidas (por lo tanto contenedores) a la playa.

**Quitar arena:** Así la basura se podría barrer fácilmente. Quizás se puede sustituir la arena por

cemento u otro piso “duro”.

**Botar basura al espacio:** toda la basura mandarla al espacio.

**Mosquitos:** si hay muchos mosquitos en la playa mucha gente no iría.

**Malandros:** pagarle a los malandros para que limpien la playa o quizás para que estén en la playa así la gente evita ir.

**No vehículos:** Así los turistas solo se llevarían la comida/bebidas necesarias.

**Candidatos políticos:** que los candidatos políticos limpien como parte de sus campañas políticas.

**Pena de muerte:**

condenar a toda persona a la que se encuentre dejando basura en la arena premeditadamente.

**Playas virtuales:** Que las playas para los turistas sean hologramas y así no se ensucia el medioambiente.

**Fondos playeros en piscinas:**

hacer que el fondo de las piscinas se asemeje al de la playa, ya sea con arena, fotos, etc. Así se logra que menos gente vaya a la playa y se quede en las piscinas.

**Tractor tamizado:**

Un tractor que tamice la arena

**Destruir capa de ozono:** así no habrá más turistas.

**Entrevista a**

**V: Víctor**

Mientras se organizaba la información obtenida en la tormenta de ideas surgieron las siguientes:

**Retener cédula:** Que a toda persona que entre (o por lo menos a un representante de cada grupo) se le retenga la cédula y que ésta le sea devuelta a la salida pero que primero una persona vaya a supervisar que hayan dejado la zona en la que se encontraban limpia. Si no es así, deben limpiar para recuperar su cédula.

**Fuente de los**

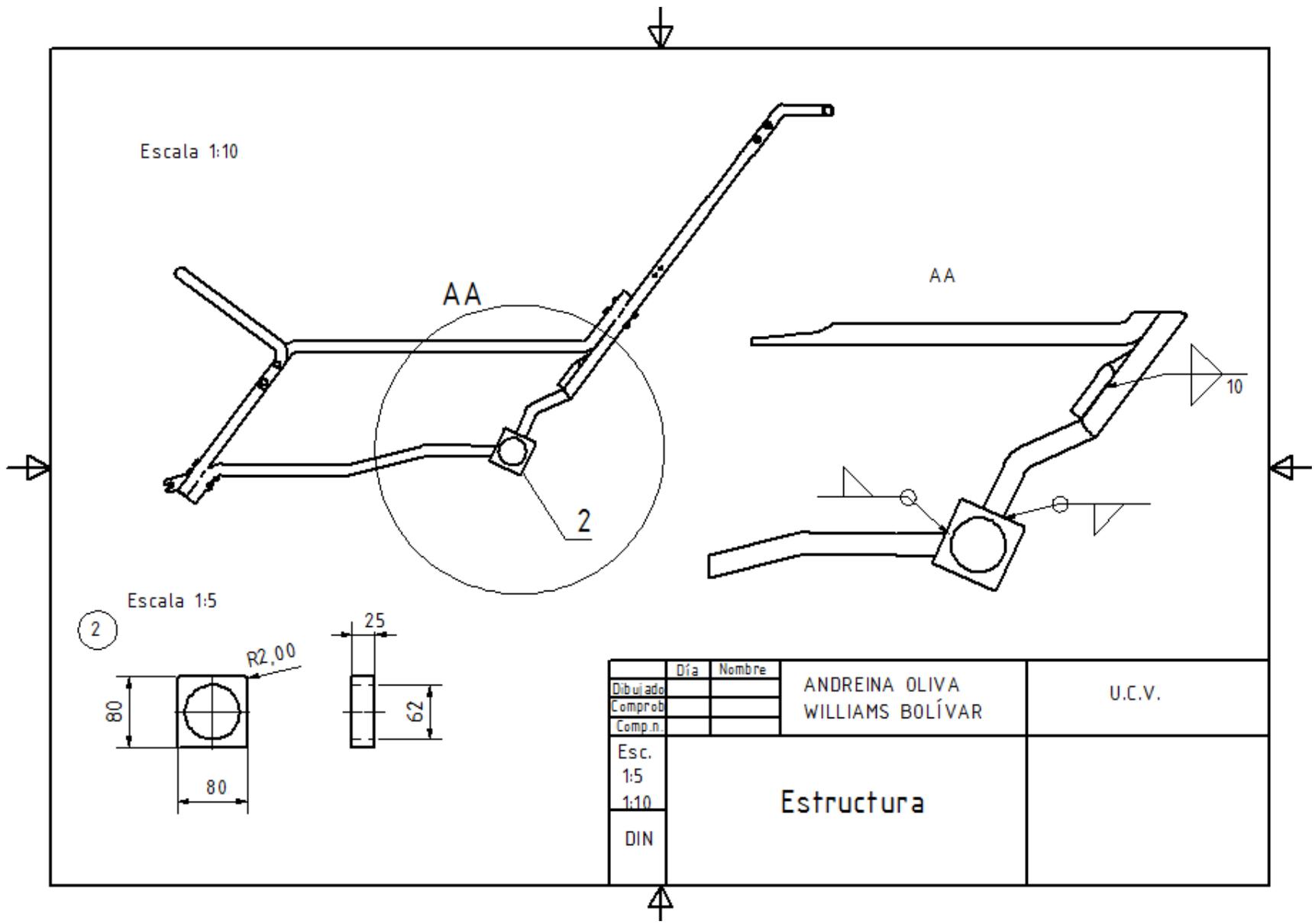
**deseos:** que la gente

**Clausurar:** Clausurar las playas para que no vaya la gente, ya que la mayor fuente de basura en las

playas son los visitantes.

## **APÉNDICE 3**

### **Planos**



Escala 1:10

AA

AA

2

10

Escala 1:5

2

R2,00

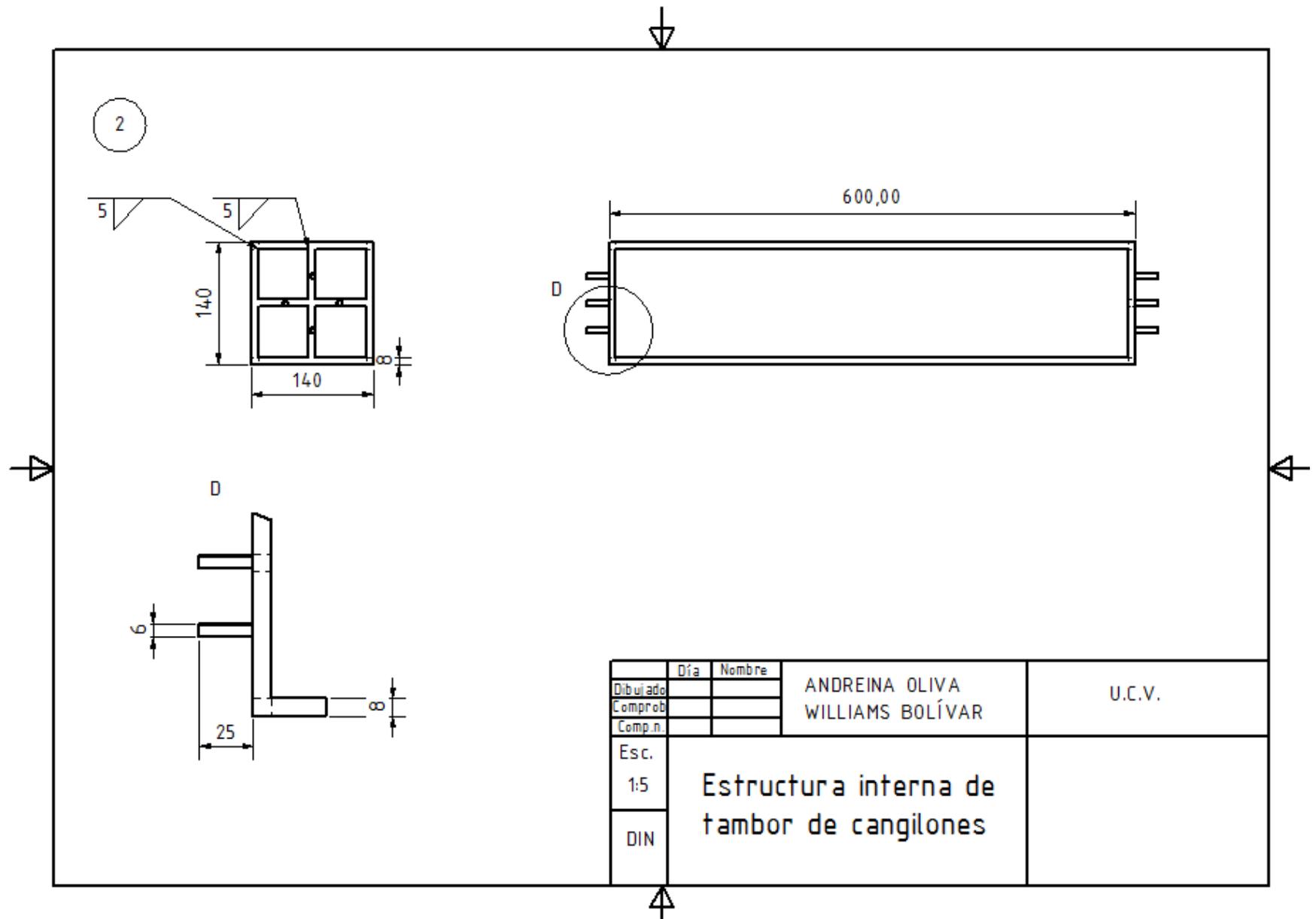
80

80

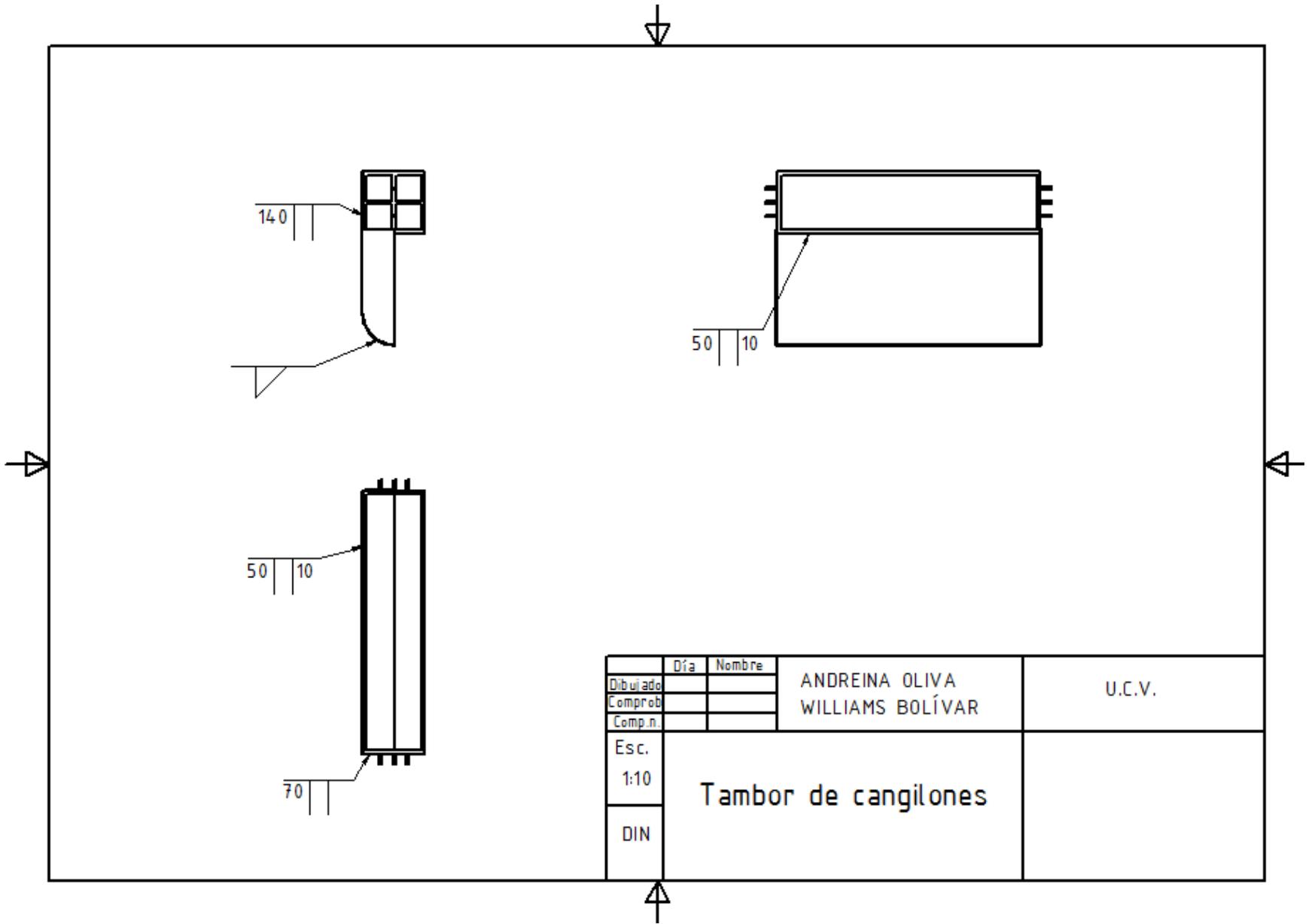
25

62

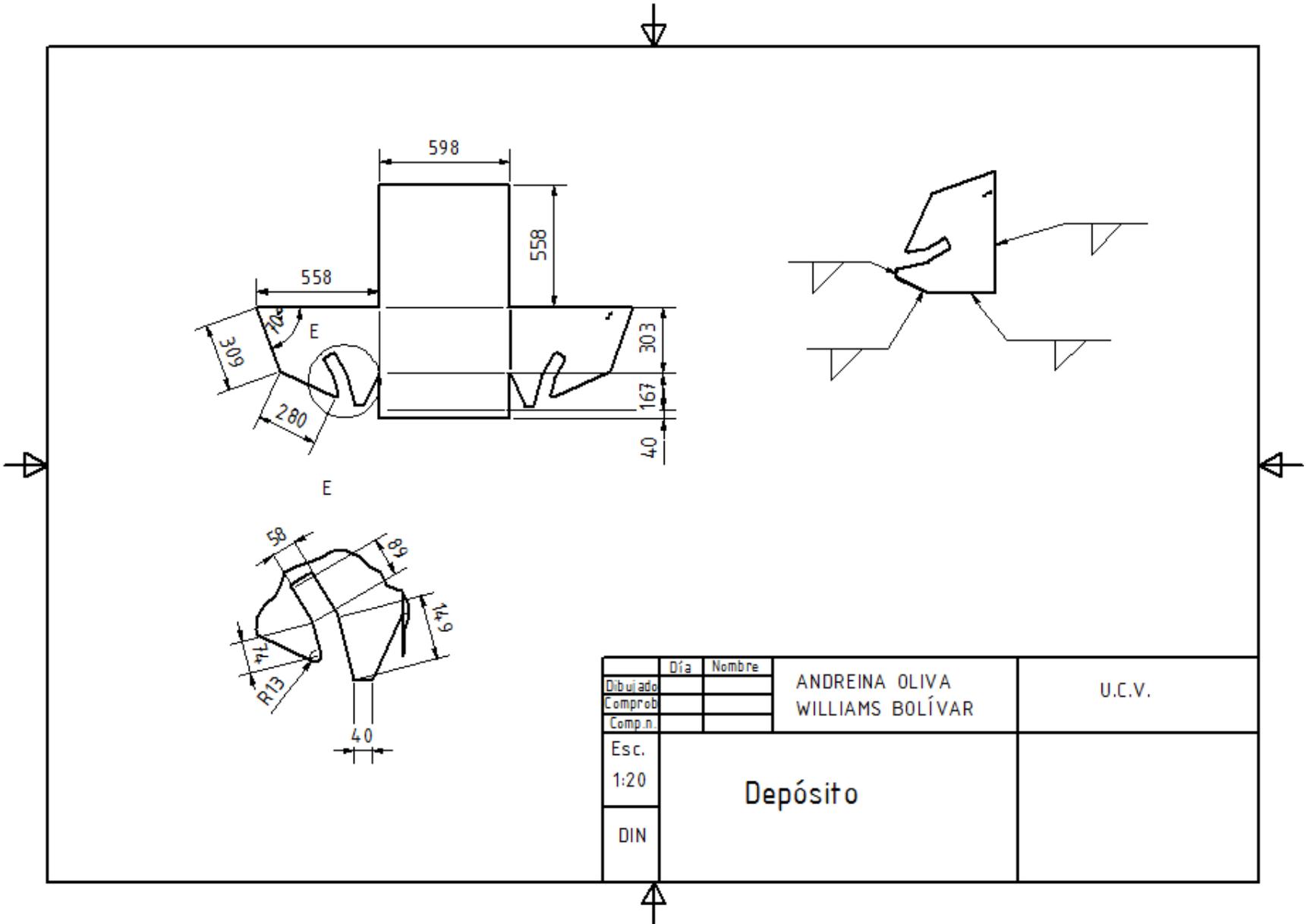
	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprob				
Comp.n				
Esc. 1:5 1:10	Estructura			
DIN				



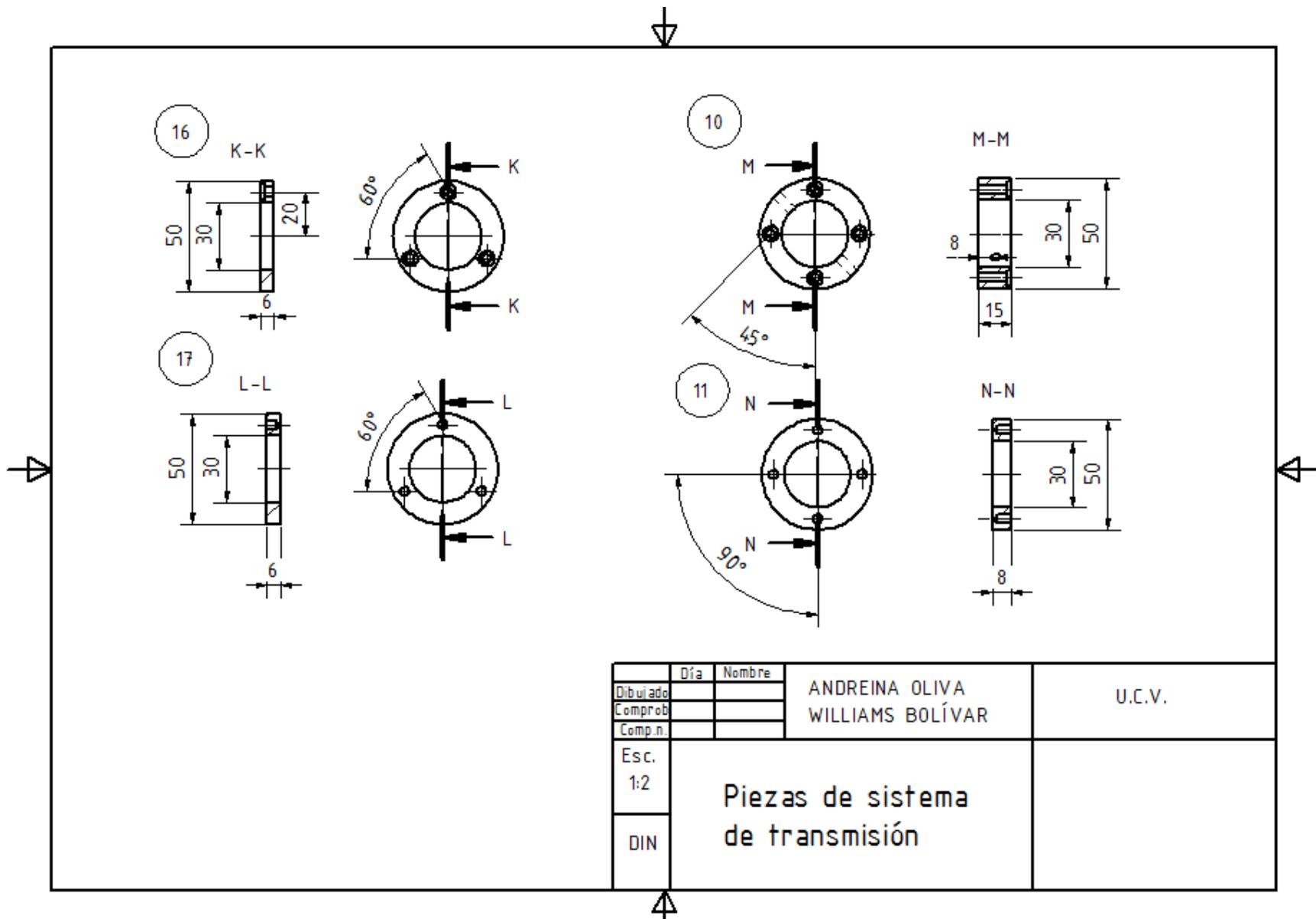
	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprob				
Comp.n				
Esc.	1:5	Estructura interna de tambor de cangilones		
DIN				



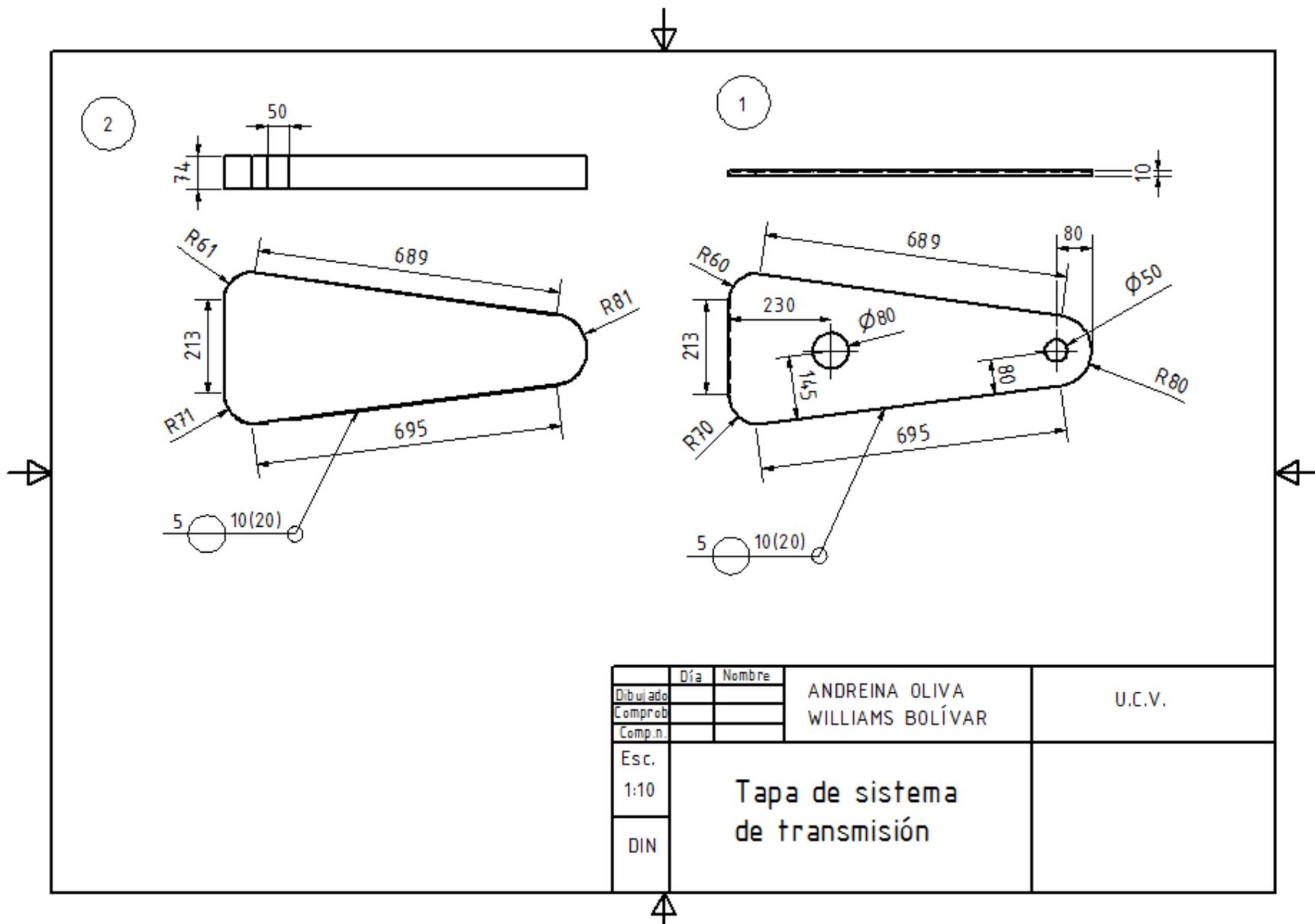
	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA	U.C.V.
Dibujado			WILLIAMS BOLÍVAR	
Comprob				
Comp.n.				
Esc.	Tambor de cangilones			
1:10				
DIN				



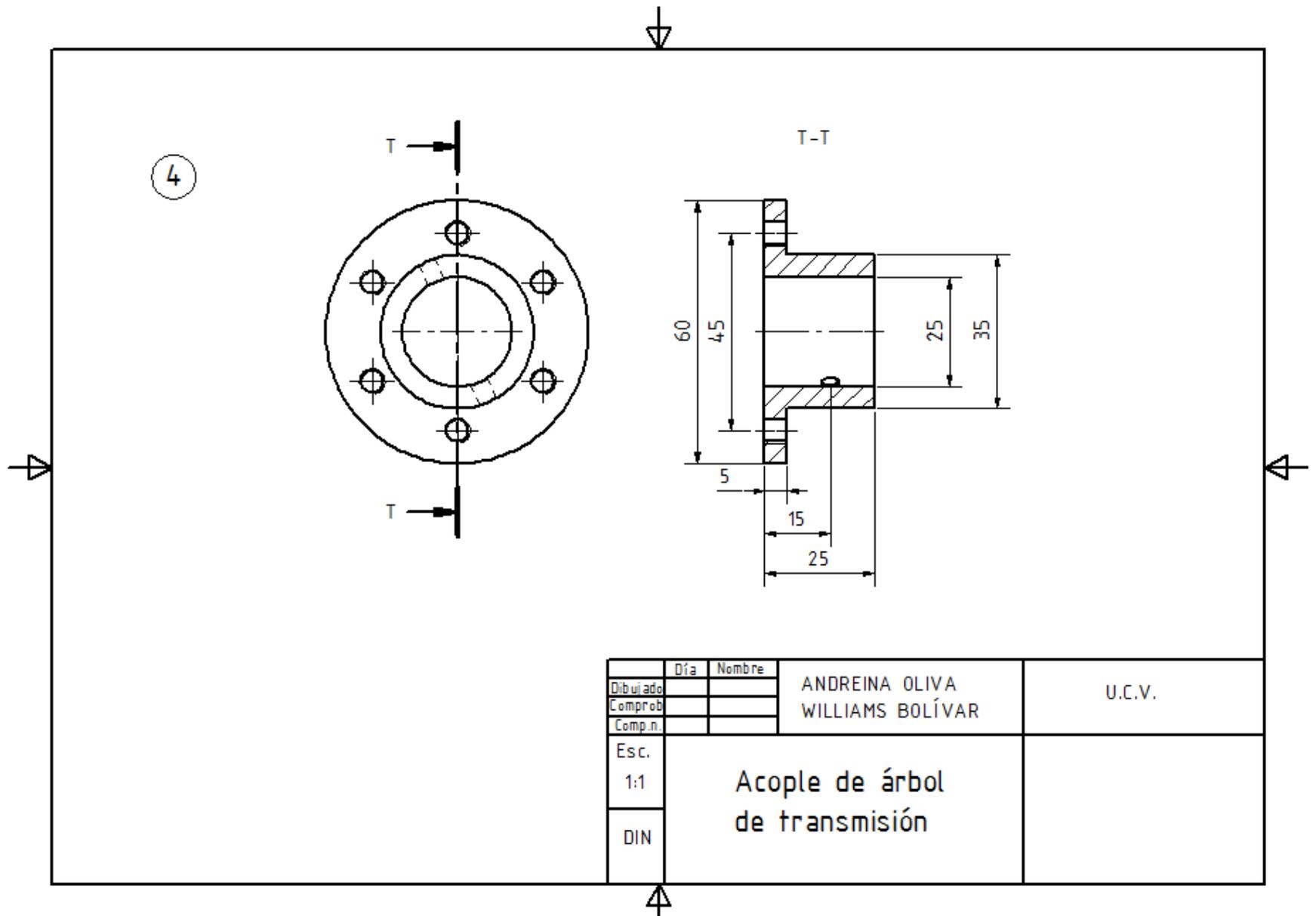
	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprob				
Comp.n.				
Esc.	Depósito			
1:20				
DIN				



	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA	U.C.V.
Dibujado			WILLIAMS BOLÍVAR	
Comprob				
Comp.n				
Esc. 1:2	Piezas de sistema de transmisión			
DIN				

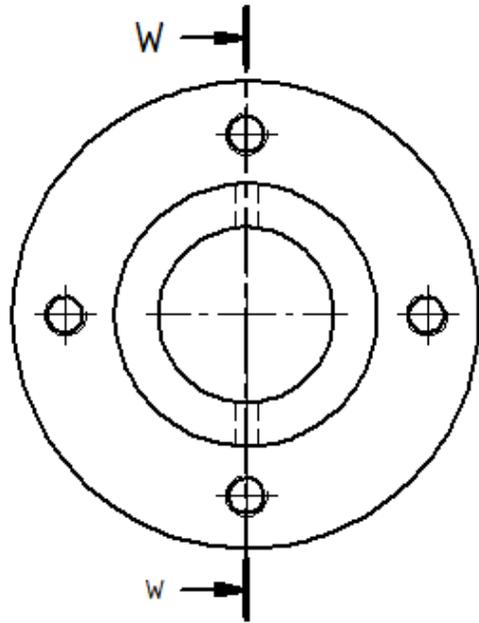


	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprob				
Comp.n				
Esc.	Tapa de sistema de transmisión			
1:10				
DIN				

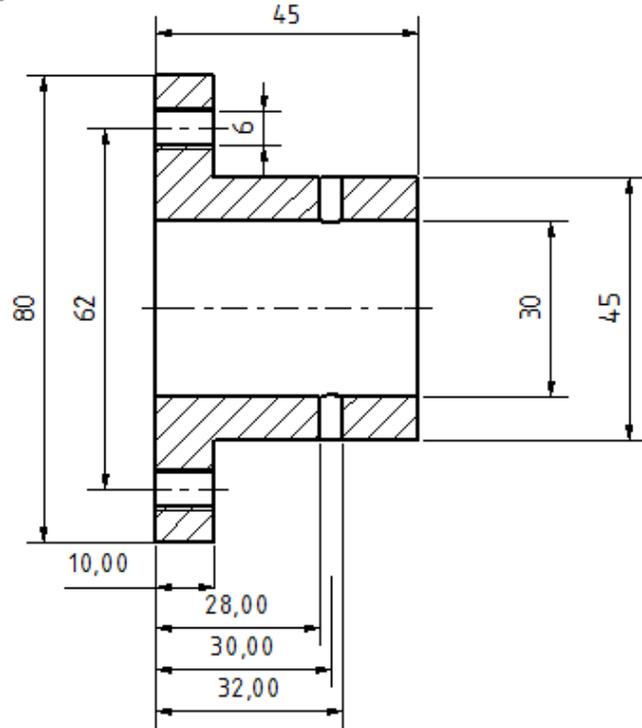


	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprob				
Comp.n				
Esc.	Acople de árbol de transmisión			
1:1				
DIN				

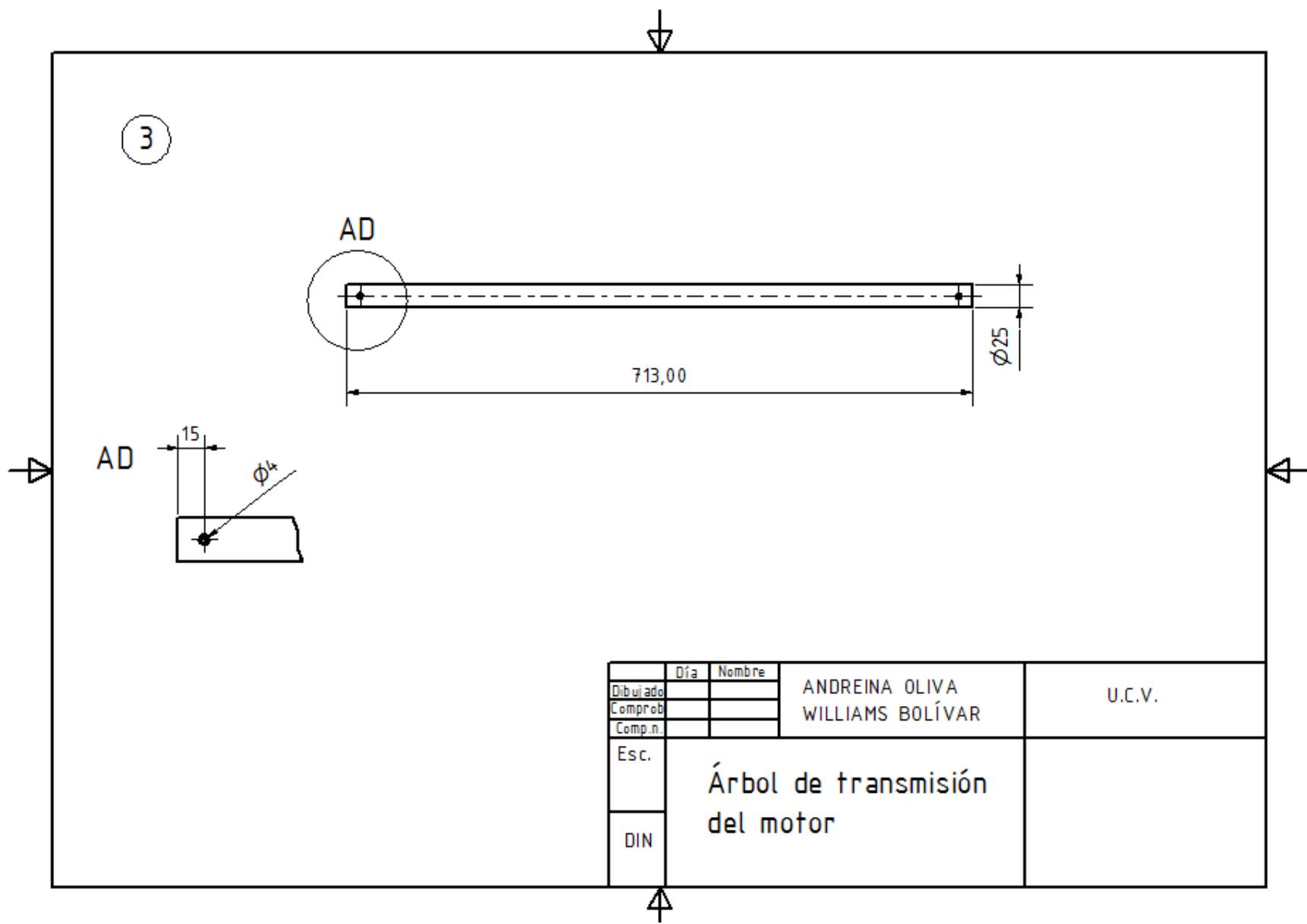
5



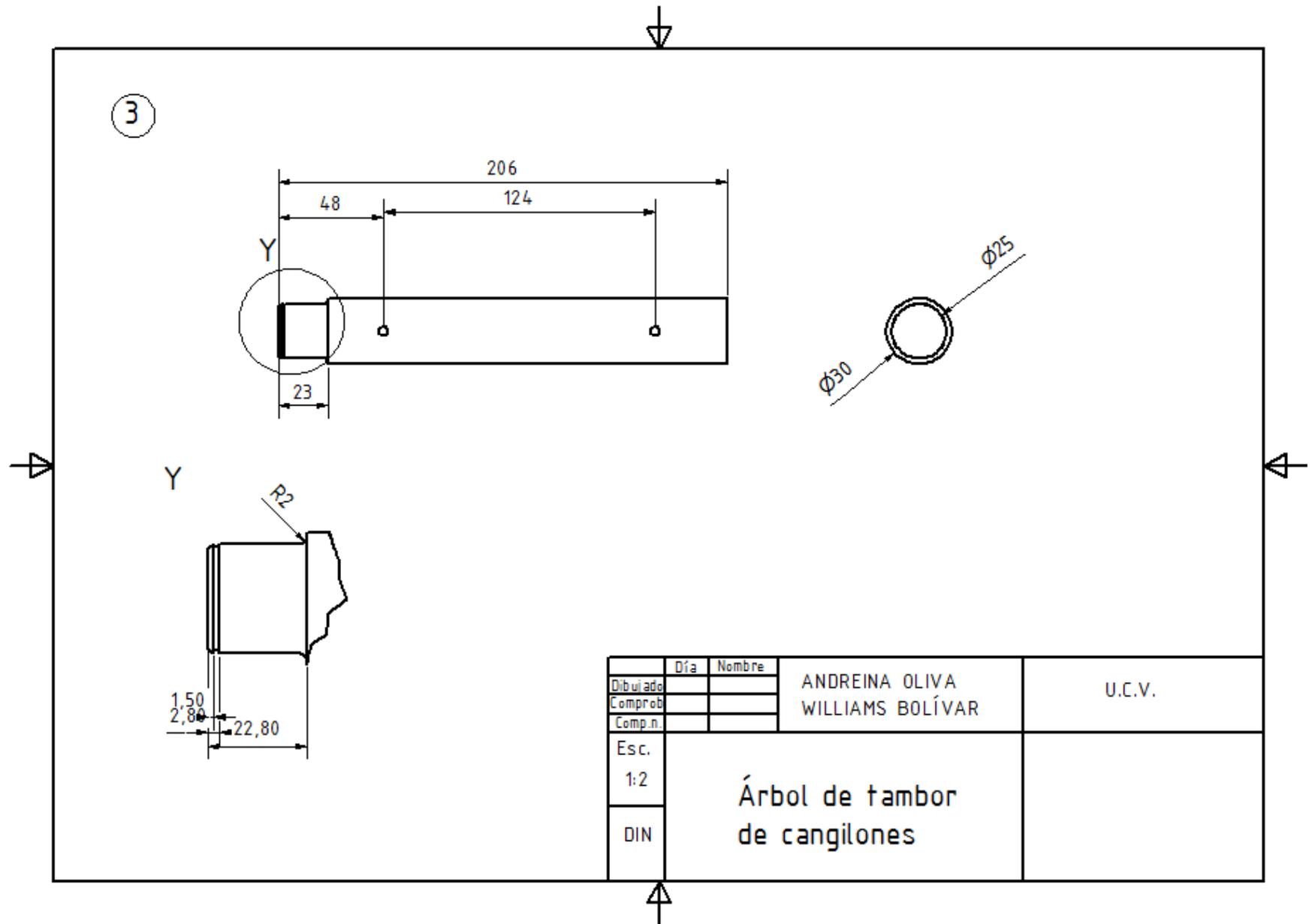
W-W

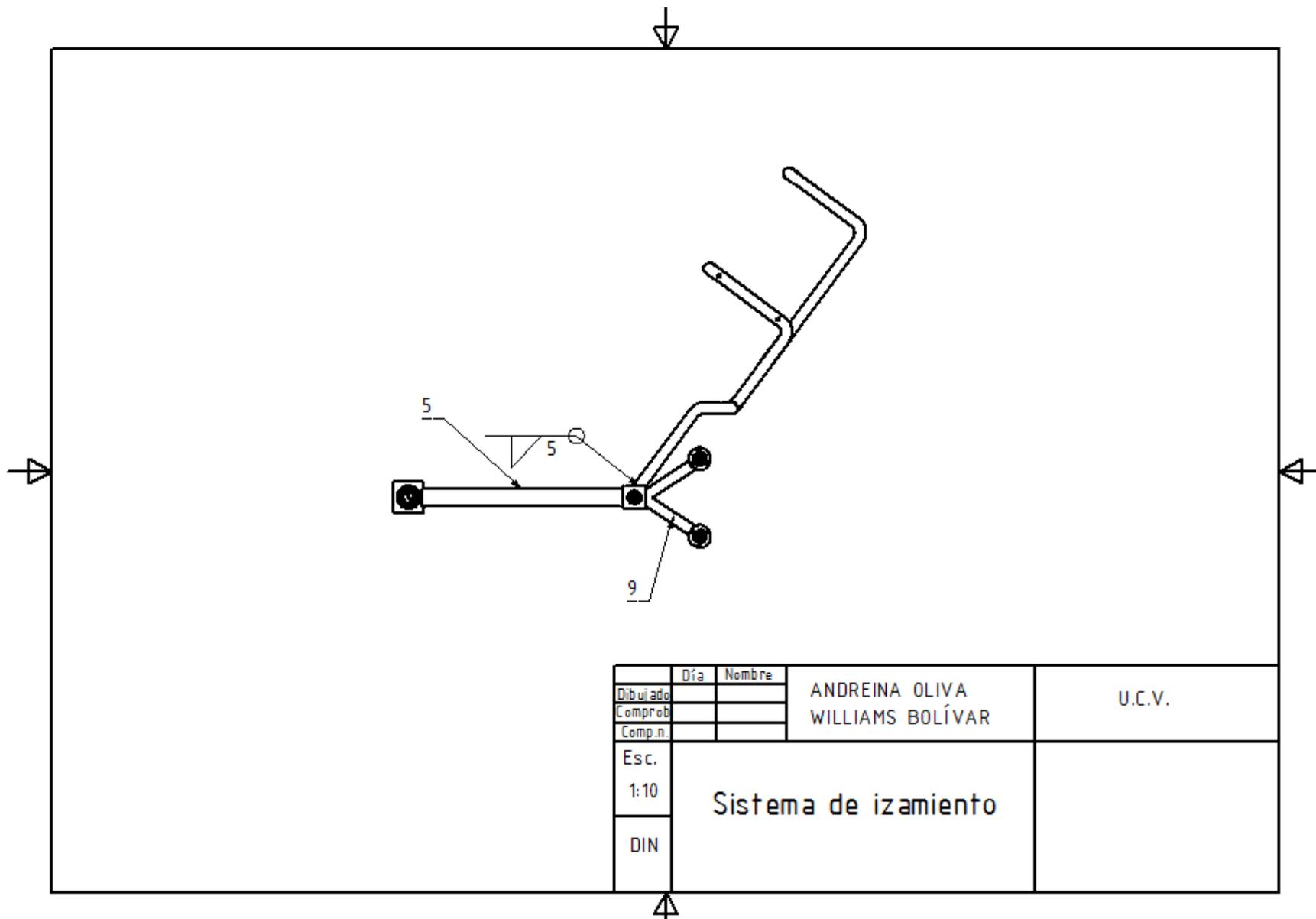


	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA WILLIAMS BOLÍVAR	U.C.V.
Dibujado				
Comprab				
Comp.n				
Esc. 1:1	Acople de tambor de cangilones			
DIN				

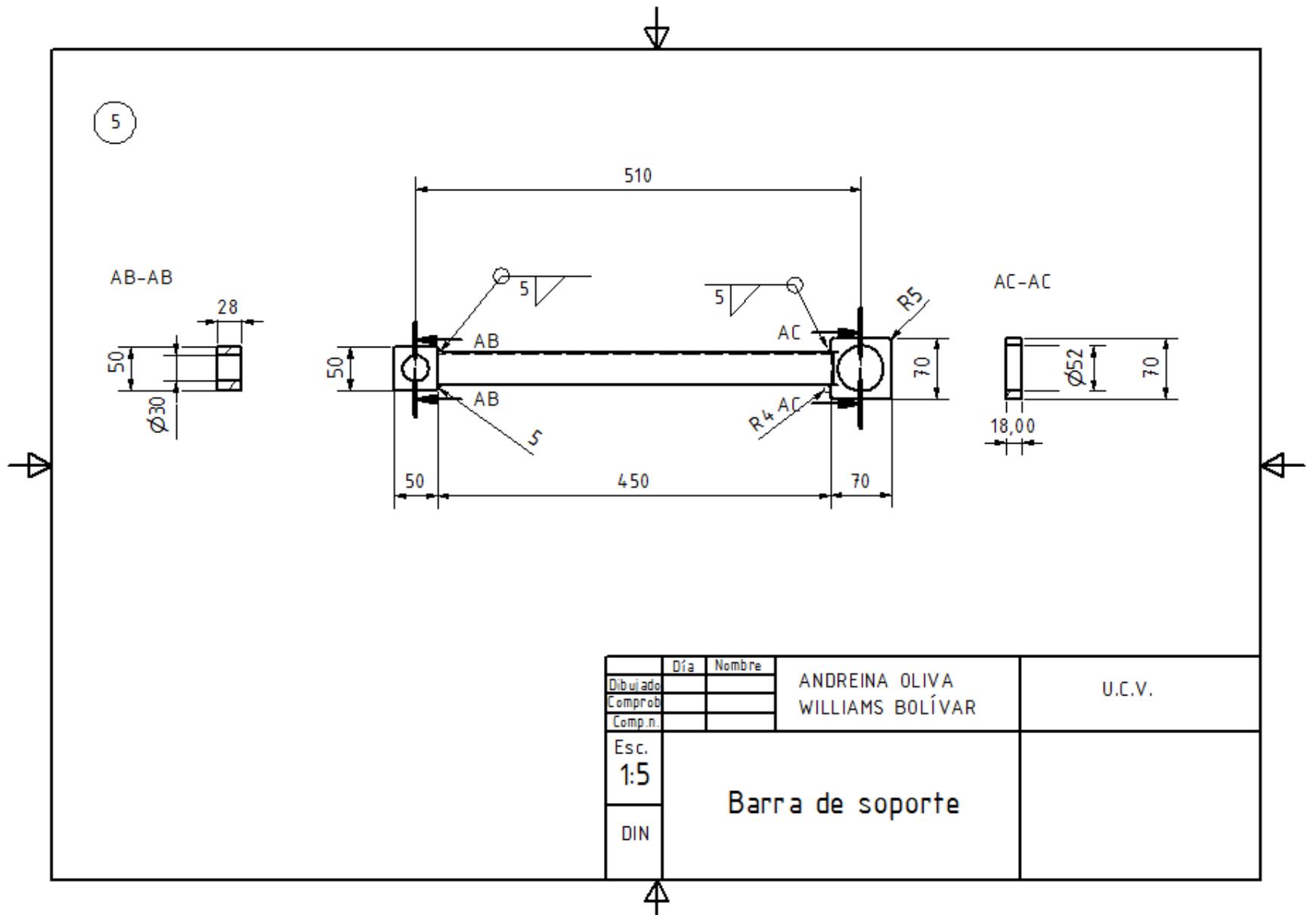


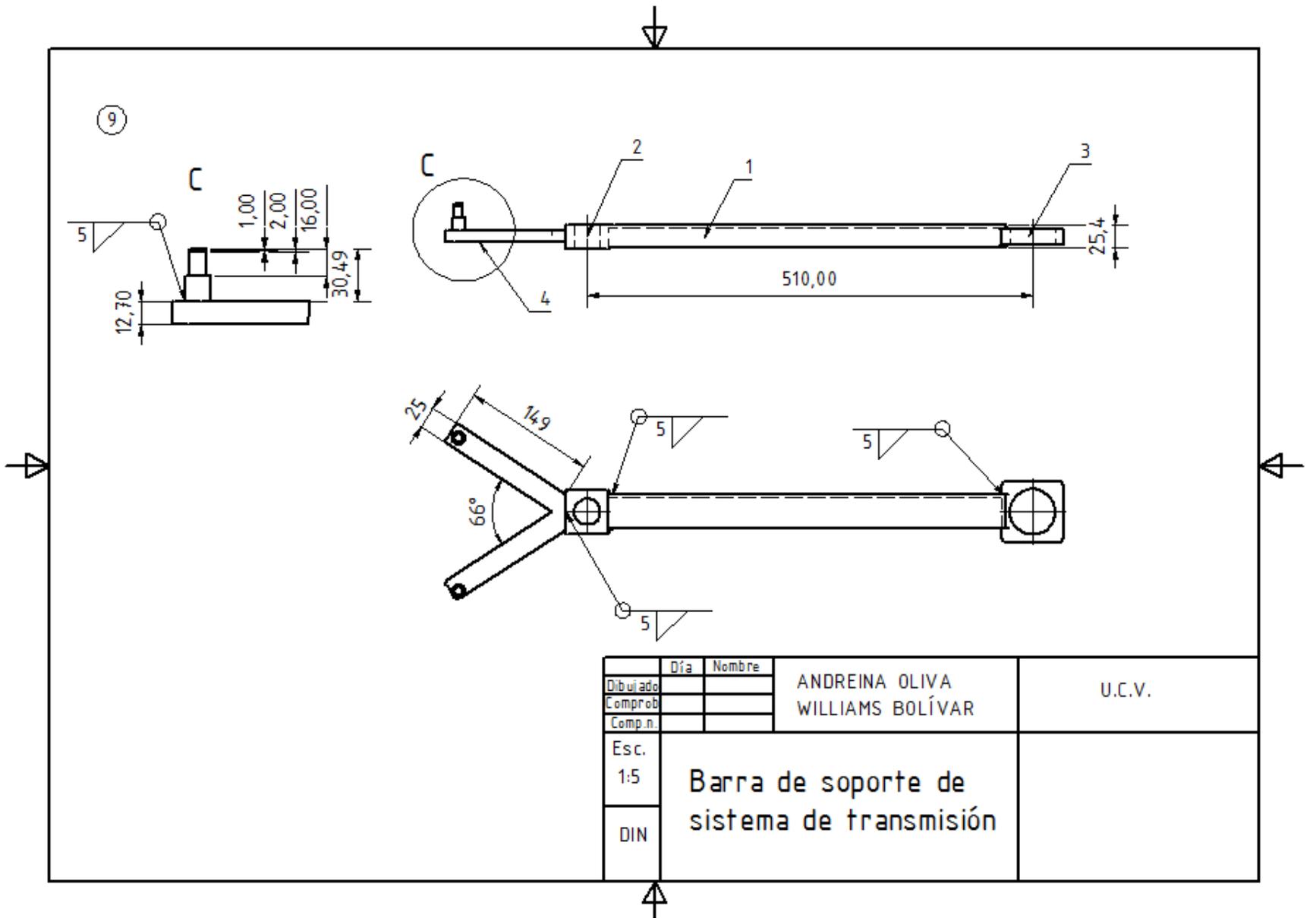
	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA	U.C.V.
Dibujado			WILLIAMS BOLÍVAR	
Comprob				
Comp.n.				
Esc.	Árbol de transmisión del motor			
DIN				





	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA	U.C.V.
Dibujado			WILLIAMS BOLÍVAR	
Comprob				
Comp.n.				
Esc.	Sistema de izamiento			
1:10				
DIN				





	Día	Nombre	ANDREINA OLIVA	U.C.V.
Dibujado			WILLIAMS BOLÍVAR	
Comprob				
Comp.n				
Esc.	1:5	Barra de soporte de sistema de transmisión		
DIN				

**R3**  
**T4**

escala 1:1

Agujeros redondos alternos a 60° - coeficiente de perforación 51%  
diámetro 3 mm - distancia entre centros 4 mm

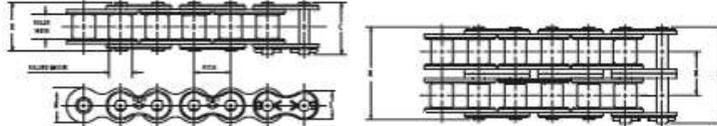
Materiales	Chapas (mm)	Gruesos (mm)
Hierro	2000 x 1000	0,8 - 1 - 2



# DIAMOND®



Diamond Standard series chains are built to ASME/ANSI B29.1 standards for dimensions, interoperability, and sprocket fit, and exceed the established standards for tensile strength.



Dimensions in inches

ASME/ANSI Number	Pitch Inches	Roller Width	Roller Diameter	Pin Diameter	Link Plate Thickness	C	R	K	Pounds Per Foot	Average Tensile Strength	E**	H**
25	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.37	0.34	....	0.08	875	0.205	0.238
25-2	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.63	0.59	0.252	0.16	1750	0.205	0.238
25-3	1/4	1/8	*.130	.090	.030	0.88	0.84	0.252	0.25	2625	0.205	0.238
35	3/8	3/16	*.200	.141	.050	0.56	0.50	....	0.21	2100	0.308	0.356
35-2	3/8	3/16	*.200	.141	.050	0.96	0.90	0.399	0.45	4200	0.308	0.356
35-3	3/8	3/16	*.200	.141	.050	1.36	1.31	0.399	0.68	6300	0.308	0.356
35-4	3/8	3/16	*.200	.141	.050	1.76	1.70	0.399	0.91	8400	0.308	0.356
35-5	3/8	3/16	*.200	.141	.050	2.16	2.11	0.399	1.14	10500	0.308	0.356
35-6	3/8	3/16	*.200	.141	.050	2.57	2.51	0.399	1.37	12600	0.308	0.356
40	1/2	5/16	.312	.156	.060	0.72	0.67	....	0.41	4000	0.410	0.475
40-2	1/2	5/16	.312	.156	.060	1.29	1.24	0.566	0.80	8000	0.410	0.475
40-3	1/2	5/16	.312	.156	.060	1.85	1.80	0.566	1.20	12000	0.410	0.475
40-4	1/2	5/16	.312	.156	.060	2.42	2.37	0.566	1.60	16000	0.410	0.475
40-6	1/2	5/16	.312	.156	.060	3.96	3.51	0.566	2.42	24000	0.410	0.475
41	1/2	1/4	.306	.141	.050	0.65	0.57	....	0.26	2400	0.310	0.383
50	5/8	3/8	.400	.200	.080	0.89	0.83	....	0.70	6600	0.512	0.594
50-2	5/8	3/8	.400	.200	.080	1.60	1.55	0.713	1.40	13200	0.512	0.594
50-3	5/8	3/8	.400	.200	.080	2.31	2.26	0.713	2.09	19800	0.512	0.594
50-4	5/8	3/8	.400	.200	.080	3.03	2.97	0.713	2.78	26400	0.512	0.594
50-5	5/8	3/8	.400	.200	.080	3.75	3.69	0.713	3.47	33000	0.512	0.594
50-6	5/8	3/8	.400	.200	.080	4.46	4.40	0.713	4.17	39600	0.512	0.594
50-8	5/8	3/8	.400	.200	.080	5.89	5.83	0.713	5.56	52800	0.512	0.594
50-10	5/8	3/8	.400	.200	.080	7.32	7.26	0.713	6.93	66000	0.512	0.594
60	3/4	1/2	.469	.234	.094	1.11	1.04	....	0.99	8500	0.615	0.713
60-2	3/4	1/2	.469	.234	.094	2.01	1.94	0.887	1.95	17000	0.615	0.713
60-3	3/4	1/2	.469	.234	.094	2.91	2.84	0.887	2.88	25500	0.615	0.713
60-4	3/4	1/2	.469	.234	.094	3.81	3.74	0.887	3.90	34000	0.615	0.713
60-5	3/4	1/2	.469	.234	.094	4.71	4.64	0.887	4.97	42500	0.615	0.713
60-6	3/4	1/2	.469	.234	.094	5.60	5.53	0.887	5.96	51000	0.615	0.713
60-8	3/4	1/2	.469	.234	.094	7.40	7.33	0.887	7.94	69000	0.615	0.713
60-10	3/4	1/2	.469	.234	.094	9.19	9.12	0.887	9.92	89000	0.615	0.713
80	1	5/8	.625	.312	.125	1.44	1.32	....	1.73	14500	0.820	0.950
80-2	1	5/8	.625	.312	.125	2.59	2.47	1.153	3.37	29000	0.820	0.950

\* Chains are rollerless — dimension shown is bushing diameter. ASME/ANSI 60 and larger chains are available as either an either or riveted type design.  
 Multiple strand chains are available with slip-fit (standard) or press-fit center plates.

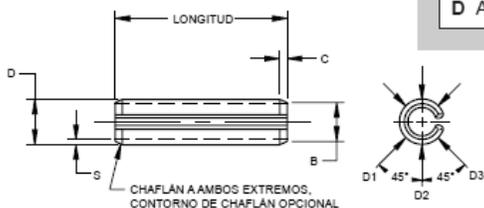
Chart continues on next page

\*\* Maximum values are shown.

STANDARD SERIES CHAIN

ANEXO [3]

**ISO 8752  
EN 28752**



**DUREZA Y MATERIALES DE LOS PERNOS**

**ACABADOS DE LOS PERNOS**

<b>B</b> Acero al carbono	HV 420-520	<b>K</b> Liso*
<b>C</b> Acero inoxidable al cromo	HV 440-560	<b>P</b> Pasivado
<b>D</b> Acero inoxidable al níquel	Endurecido	

\* Los pernos de acero al carbono liso tienen un acabado de aceite protector.

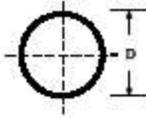
**B** ES INFERIOR AL DIÁMETRO DEL PERNO NOMINAL

**ESPECIFICACIONES en mm**

Diámetro del perno nominal	Diámetro del perno D		Longitud del chaflán C Nominal	Espesor de pared S Nominal	Tamaño de orificio recomendado		Acero inoxidable al cromo y al carbono de doble resistencia al corte Minimum kN
	Min. <sup>1</sup>	Máx. <sup>2</sup>			Min.	Máx.	
1.5	1.7	1.8	0.25	0.3	1.5	1.60	1.58
2	2.3	2.4	0.35	0.4	2.0	2.10	2.82
2.5	2.8	2.9	0.40	0.5	2.5	2.60	4.38
3	3.3	3.5	0.50	0.6	3.0	3.10	6.32
3.5	3.8	4.0	0.60	0.75	3.5	3.62	9.09
4	4.4	4.6	0.65	0.8	4.0	4.12	11.24
4.5*	4.9	5.1	0.80	1.0	4.5	4.62	15.36
5	5.4	5.6	0.90	1.0	5.0	5.12	17.54
6	6.4	6.7	1.20	1.2	6.0	6.12	26.04
8	8.5	8.8	2.00	1.5	8.0	8.15	42.76
10	10.5	10.8	2.00	2.0	10.0	10.15	70.16
12	12.5	12.8	2.00	2.5	12.0	12.18	104.1
14*	14.5	14.8	2.00	3.0	14.0	14.18	144.7 <sup>3</sup>
16	16.5	16.8	2.00	3.0	16.0	16.18	171.0 <sup>3</sup>
18*	18.5	18.9	2.00	3.5	18.0	18.18	222.5 <sup>3</sup>
20	20.5	20.9	3.00	4.0	20.0	20.21	280.6 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> El diámetro mínimo es el promedio de D1, D2 y D3. <sup>2</sup> Máximo medido con calibrador anular de tolerancia mínima. <sup>3</sup> Solamente, Acero al Carbon.

## Tubería Mecánica Redonda



**Metal Base:** Acero al Carbono Laminado en Frío y en Caliente.

**Normas:** Tubería Mecánica COVENIN 3376  
ASTM A-366 (Espesores de 0,90 mm a 1,40 mm)  
ASTM A-619 (Espesores de 1,50 mm a 2,00 mm)

**Proceso de Soldadura:** Resistencia Eléctrica (ERW)

**Aplicación:** Ind. Metalmeccánica, Bicicletas, Muebles tubulares,  
Partes automotrices, Estructuras metálicas.

**Propiedades Físicas (Metal Base):**

Límite de Fluencia (Y.S): 25000 psi mínimo

Resistencia a la tracción (UTS): 45000 psi mínimo

Elongación en 2": 30% mínimo

**Ensayos Realizados:**

Abocardado: Según norma COVENIN 585

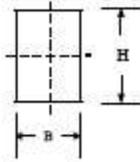
Doblado a 90°: Según norma COVENIN 586

Apiastamiento: según norma COVENIN 1366

Diámetros	Espesor mm	Largo m	Piezas x Atado	kg / Pz kg
5/8"	0,90	6,00	217	2,164
	1,10	6,00	217	2,605
	1,20	6,00	217	2,842
	1,40	6,00	217	3,282
	1,50	6,00	217	3,511
	1,90	6,00	217	4,330
3/4"	0,90	6,00	217	2,595
	1,10	6,00	217	3,145
	1,20	6,00	217	3,459
	1,40	6,00	217	3,935
	1,50	6,00	217	4,218
	1,90	6,00	217	4,860
7/8"	0,90	6,00	169	3,000
	1,10	6,00	169	3,671
	1,20	6,00	169	4,005
	1,40	6,00	169	4,614
	1,50	6,00	169	4,875
	1,90	6,00	169	5,700
1"	0,90	6,00	102	3,445
	1,10	6,00	102	4,184
	1,20	6,00	102	4,564
	1,40	6,00	102	5,282
	1,50	6,00	102	5,625
	1,90	6,00	102	7,035
1 1/8"	0,90	6,00	102	3,917
	1,10	6,00	102	4,761
	1,20	6,00	102	5,194
	1,40	6,00	102	6,008
	1,50	6,00	102	6,419
	1,90	6,00	102	8,152
1 1/4"	0,90	6,00	102	4,285
	1,10	6,00	102	5,211
	1,20	6,00	102	5,732
	1,40	6,00	102	6,565
	1,50	6,00	102	7,025
	1,90	6,00	102	8,400
1 1/2"	0,90	6,50	102	5,528
	1,10	6,50	102	6,703
	1,20	6,50	102	7,325
	1,40	6,50	102	8,546
	1,50	6,50	102	9,156
	1,90	6,50	102	11,090

Diámetros	Espesor mm	Largo m	Piezas x Atado	kg / Pz kg
1 3/8"	0,90	6,50	102	5,941
	1,10	6,50	102	7,085
	1,20	6,50	102	7,621
	1,40	6,50	102	9,467
	1,50	6,50	102	10,129
	1,90	6,50	102	12,435
1 3/4"	0,90	6,50	61	6,408
	1,10	6,50	61	7,891
	1,20	6,50	61	8,576
	1,40	6,50	61	9,970
	1,50	6,50	61	10,663
	1,90	6,50	61	13,000
1 7/8"	0,90	6,50	61	13,600
	1,10	6,50	61	8,325
	1,20	6,50	61	9,082
	1,40	6,50	61	10,657
	1,50	6,50	61	11,411
	1,90	6,50	61	13,910
2"	0,90	6,50	61	7,348
	1,10	6,50	61	8,972
	1,20	6,50	61	9,969
	1,40	6,50	61	11,377
	1,50	6,50	61	12,17
	1,90	6,50	61	15,353
2 1/4"	0,90	6,50	61	16,566
	1,10	6,50	61	9,572
	1,20	6,50	61	10,636
	1,40	6,50	61	12,815
	1,50	6,50	61	13,711
	1,90	6,50	61	17,274
2 1/2"	0,90	6,50	61	18,445
	1,10	6,50	44	10,588
	1,20	6,50	44	11,764
	1,40	6,50	44	14,174
	1,50	6,50	44	15,241
	1,90	6,50	44	19,207
2"	0,90	6,50	44	20,724
	1,40	6,00	24	15,760
	1,50	6,00	24	16,911
	1,90	6,00	24	21,275
2"	1,50	6,00	24	21,275
	1,90	6,00	24	24,868

## Tubería Mecánica Rectangular



**Metal Base:** Acero al Carbono Laminado en Frio y en Caliente  
**Normas:** Tubería Mecánica COVENIN 3376  
 ASTM A-366 ( Espesores de 0,90 mm a 1,40 mm)  
 ASTM A-619 ( Espesores de 1,50 mm a 1,90 mm)

**Aplicaciones:** Ind. Metalmeccánica, Herrería.

**Proceso de Soldadura:** Resistencia Eléctrica (ERW)

**Propiedades Físicas (Metal Base):**  
 Resistencia a la tracción ( UTS ) : 45000 psi mínimo  
 Elongación en 2" : 30% mínimo

Diámetros	Espesor mm	Largo m	Piezas x Atado	kg / Pz kg
1/2 X 1"	0,80	6,00	200	2,870
	0,90	6,00	200	3,228
	1,10	6,00	200	3,901
	1,20	6,00	200	4,227
	1,40	6,00	200	4,865
	1,50	6,00	200	5,168
	1,90	6,00	200	6,796
1/2 x 1 1/2"	0,90	6,00	130	4,285
	1,10	6,00	130	5,211
	1,20	6,00	130	5,641
	1,40	6,00	130	6,557
	1,50	6,00	130	7,016
1 x 1 1/2"	0,90	6,00	130	5,672
	1,10	6,00	130	6,933
	1,20	6,00	130	7,335
	1,40	6,00	130	8,768
	1,50	6,00	130	9,369
	1,90	6,00	130	11,765
2,00	6,00	130	12,047	
2 X 1"	0,80	6,00	110	5,880
	0,90	6,00	110	6,384
	1,00	6,00	110	6,880
	1,10	6,00	110	7,766
	1,20	6,00	110	8,264
	1,40	6,00	110	9,863
	1,50	6,00	110	10,553
	1,90	6,00	110	13,251
2,00	6,00	110	13,933	

Diámetros	Espesor mm	Largo m	Piezas x Atado	kg / Pz kg
2 x 1 1/2"	1,00	6,00	80	8,476
	1,10	6,00	80	9,324
	1,20	6,00	80	10,157
	1,40	6,00	80	11,816
	1,50	6,00	80	12,642
	1,90	6,00	80	18,066
	2,00	6,00	80	19,016
2 1/2 x 1"	1,00	6,00	88	8,476
	1,10	6,00	88	9,324
	1,20	6,00	88	10,157
	1,40	6,00	88	11,816
	1,50	6,00	88	12,642
1,90	6,00	88	18,066	
3 x 1"	1,00	6,00	66	9,420
	1,10	6,00	66	10,369
	1,20	6,00	66	11,298
	1,40	6,00	66	13,147
	1,50	6,00	66	14,069
	1,90	6,00	66	17,729
3 x 1 1/2"	1,00	6,00	50	10,740
	1,10	6,00	50	11,820
	1,20	6,00	50	12,800
	1,40	6,00	50	14,933
	2,00	6,00	50	21,053
2 1/2 X 1 1/2"	1,00	6,00	56	9,420
	1,10	6,00	56	10,629



**Table 8-11**

Metric Mechanical Property Classes for Steel Bolts, Screws, and Studs\*

Property Class	Size Range, Inclusive	Minimum Proof Strength, <sup>†</sup> MPa	Minimum Tensile Strength, <sup>†</sup> MPa	Minimum Yield Strength, <sup>†</sup> MPa	Material	Head Marking
4.6	M5-M36	225	400	240	Low or medium carbon	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Low or medium carbon	
5.8	M5-M24	380	520	420	Low or medium carbon	
8.8	M1.6-M36	600	830	660	Medium carbon, Q&T	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Medium carbon, Q&T	
10.9	M5-M36	830	1040	940	Low-carbon martensite, Q&T	
12.9	M1.6-M36	970	1220	1100	Alloy, Q&T	

## ANEXO [8]

<b>Máquina / Equipos</b>	<b>Sistema de propulsión</b>	<b>Potencia (Hp)</b>	<b>Ancho de limpieza (mm)</b>	<b>Profundidad de limpieza máxima (mm)</b>	<b>Capacidad de la tolva (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Rendimiento máximo (m<sup>2</sup>/h)</b>	<b>Principio de funcionamiento</b>
<b>Cherrington Model 4600XL Beach Cleaner</b>	Remolcada	60	1854	150	1,53	2966	36422	Espátulas en cadena giratoria/criba fija
<b>Cherrington Model 4500 Series Beach Cleaner</b>	Remolcada	45	2490	150	0,88	2336	28328	Espátulas en cadena giratoria/criba fija
<b>Cherrington Model 800 Beach Cleaner</b>	Remolcada	15	1270	80	0,2	429	4047	Espátulas en cadena giratoria/criba fija
<b>Cherrington Model 700 Series Beach Cleaner</b>	Remolcada	30	1630	100	0,38	785	8094	Espátulas en cadena giratoria/criba fija
<b>BeachTech 3000</b>	Remolcada	80	2500	150	4,7	3200	30000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>BeachTech 2800</b>	Remolcada	80	2500	150	2,8	2500	30000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>BeachTech 2000</b>	Remolcada	80	1800	150	1,5	1800	20000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>BeachTech 3000</b>	Remolcada	80	2500	150	4,7	3200	30000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria

## ANEXO [9]

<b>BeachTech 2800</b>	Remolcada	80	2500	150	2,8	2500	30000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>BeachTech 2000</b>	Remolcada	80	1800	150	1,5	1800	20000	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>The Boss Beach Cleaner</b>	Remolcada	50	1000	150	1,12	2000	25200	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Unicorn Kangur 1.2</b>	Remolcada	30	1150	120	0,13	140	5600	Sacudida/criba vibratoria
<b>Resort Q</b>	Remolcada	15	1250	70	0,25	385	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Resort ST</b>	Remolcada	35	1250	70	0,25	470	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Kangur 1.9</b>	Remolcada	80	1900	200	0,5	635	7500	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Kangur 1.4 B</b>	Remolcada	60	1400	150	0,35	430	7200	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Magnum Evolution</b>	Remolcada	100	2500	300	2	2950	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Magnum GTM-M</b>	Remolcada	100	2300	300	2,5	2480	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria

## ANEXO [10]

<b>Runner Evolution</b>	Remolcada	90	1850	300	1,5	2300	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Runner GTM/M</b>	Remolcada	80	1800	300	2	2300	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>Rapid 300</b>	Remolcada	60	1800	ND	2	ND	ND	Rastrillado/cribado/banda transportadora vibratoria
<b>PFG Cernia</b>	Remolcada	16	1200	120	ND	110	7500	Sacudida/criba vibratoria
<b>PFG Manta</b>	Remolcada	30	1600	120	ND	280	12000	Espátulas en cadena giratoria/criba vibratoria
<b>PFG Orca</b>	Remolcada	50	1600	150	ND	520	15000	Espátulas en cadena giratoria/criba vibratoria
<b>PFG Balena</b>	Remolcada	60	1600	150	ND	740	20000	Espátulas en cadena giratoria/criba vibratoria
<b>PFG Squalo</b>	Remolcada	60	1500	150	ND	580	15000	Espátulas en cadena giratoria/criba vibratoria