

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

*Trabajo Estructurado de Manera Independiente, previo a la
obtención del Título de Ingeniero Mecánico*

TEMA:

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE LOS
DESECHOS SÓLIDOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN
RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”**

AUTOR: Mauro Bladimir Toalombo Rojas

TUTOR: Ing. Alex Mayorga

AMBATO - ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de tutor de investigación, bajo el tema: “ESTUDIO DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO”, desarrollado por el Sr. Mauro Bladimir Toalombo Rojas, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe ha sido revisado minuciosamente y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal examinador designado por el Consejo Directivo de esta Facultad.

Ambato, Octubre del 2012

Ing. Alex Mayorga

Tutor

AUTORÍA

Declaro que el contenido del trabajo de investigación: “Estudio del Proceso de Clasificación de los Desechos Sólidos para reducir la Contaminación Residual en el Mercado Mayorista de Ambato”, así como sus resultados, análisis, interpretación, conclusiones, recomendaciones y propuesta son auténticos y de exclusiva responsabilidad de mi persona en calidad de autor del presente proyecto.

Ambato, Octubre del 2012

Mauro Bladimir Toalombo Rojas

Autor

180422281-6

DEDICATORIA

A Dios por brindarme fortaleza en los momentos difíciles. A mis padres, hermanos y enamorada por ofrecerme su apoyo incondicional para alcanzar mis metas. A mis compañeros y amigos por impartirme sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la sabiduría y por guiarme adecuadamente durante la vida estudiantil. A mi familia por su confianza en mí, motivándome cada día en el cumplimiento de mis anhelos. Al Ing. Alex Mayorga tutor de tesis, por su colaboración y orientación durante la ejecución de la presente investigación. A mis maestros que contribuyeron en mi formación académica y personal, enseñándome que en la vida deben prevalecer los valores para un buen proceder. A mis compañeros y amigos que de una u otra manera cooperaron en el aprendizaje. A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato por ser la entidad que me dio la oportunidad de emprender mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
SIMBOLOGÍA	XVII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XX

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO	3
1.2.3 PROGNOSIS	3
1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES	4
1.2.6 DELIMITACIÓN	4
1.2.6.1 De Contenido.....	4
1.2.6.2 Espacial.....	4
1.2.6.3 Temporal.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	7
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	7
2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
2.4.1 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	9
2.4.2 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	11
2.4.3 TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS	12
2.4.3.1 ESCALA DE PRIORIDADES Y COMPOSTAJE	12
2.4.3.2 PROCESOS EN PLANTAS DE COMPOSTAJE.....	16
2.4.4 PROCESOS DE CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.....	18
2.4.4.1 MECANISMOS UNITARIOS DE SEPARACIÓN DE SÓLIDOS.....	18
2.4.4.2 PROCESOS UNITARIOS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES RESIDUALES.....	19
2.4.4.3 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS	25
2.4.5 CONTAMINACIÓN RESIDUAL	29
2.4.6 PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	30
2.5 HIPÓTESIS	32
2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	32
2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	32
2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	32
2.5.3 TÉRMINO DE RELACIÓN.....	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE.....	33
3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2.1 MODALIDAD.....	33
3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	34
3.3.1 POBLACIÓN	34
3.3.2 MUESTRA	35

3.3.3 TIPO DE MUESTRA.....	35
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	36
3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	37
3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	37
3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	38
3.6.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	38
3.6.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
4.1.1 Estudio del Número de Contenedores por Nave.....	40
4.1.2 Estudio del Tamaño de un Contenedor.....	42
4.1.3 Estudio del Tamaño Aproximado de Partícula de los Desechos Sólidos	42
4.1.4 Estudio del Volumen de los Desechos Generados.....	44
4.1.5 Estudio de las Densidades Unitarias de los Desechos Sólidos	46
4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
4.2.1 Tamaño de Partícula de los Desechos Sólidos.....	48
4.2.2 Densidades Unitarias de los Desechos Sólidos.....	53
4.2.3 Número de Contenedores por Nave.....	54
4.2.4 Volumen de los Desechos Sólidos Generados por Nave	54
4.2.5 Composición en Porcentaje Volumétrico de los Desechos Sólidos Generados por Contenedor	55
4.2.6 Composición en Porcentaje Volumétrico de los Desechos Sólidos Generados por Nave	56
4.2.7 Composición en Volumen de los Desechos Sólidos Generados por Nave	57
4.2.8 Composición en Porcentaje Volumétrico Promedio de los Desechos Generados por Nave	58
4.2.9 Composición en Volumen de los Desechos Sólidos Generados.....	58
4.2.10 Composición Volumétrica de los Desechos Sólidos Inorgánicos Generados	59
4.2.11 Densidades Voluminosas de los Desechos Sólidos	59
4.2.12 Masa de los Desechos Sólidos Generados por Nave	63

4.2.13 Composición en Porcentaje Másico de los Desechos Sólidos Generados por Contenedor	63
4.2.14 Composición en Porcentaje Másico de los Desechos Sólidos Generados por Nave.....	64
4.2.15 Composición en Masa de los Desechos Sólidos Generados por Nave	65
4.2.16 Composición en Porcentaje Másico Promedio de los Desechos Sólidos Generados por Nave	66
4.2.17 Composición en Masa de Desechos Sólidos Generados.....	66
4.2.18 Composición Másica de los Desechos Sólidos Inorgánicos Generados	67
4.2.19 Procesos Unitarios para la Separación de Desechos Sólidos	68
4.2.20 Contaminantes Residuales del Mercado Mayorista.....	69
4.2.21 Número de Contenedores Necesarios por Nave	74
4.2.22 Limpieza y Recolección Organizada de los Desechos Sólidos	75
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	78

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	80
5.2 RECOMENDACIONES.....	81

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS.....	83
6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	84
6.3 JUSTIFICACIÓN	85
6.4 OBJETIVOS	86
6.4.1 Objetivo General.....	86
6.4.1 Objetivos Específicos	86
6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	87
6.5.1 Factibilidad Técnica.....	87
6.5.2 Factibilidad Económico – Financiera	87
6.6 FUNDAMENTACIÓN.....	88
6.6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA BANDA DE SELECCIÓN..	88
6.6.1.1 Dimensiones de la banda de selección.....	88

6.6.1.2 Capacidad de carga de la banda.....	90
6.6.1.3 Velocidad de la banda	90
6.6.1.4 Espesor de los residuos sobre la banda.....	90
6.6.1.5 Masa y volumen sobre la banda	91
6.6.2 DISEÑO MECÁNICO DE LOS ELEMENTOS DE LA BANDA	92
6.6.2.1 Selección del tipo de banda de transporte.....	92
6.6.2.2 Cálculo de la potencia del motor y selección del reductor	96
6.6.2.3 Selección de las bandas de transmisión de potencia.....	98
6.6.2.4 Diseño del rodillo conductor	106
6.6.2.5 Diseño del rodillo conducido.....	115
6.6.2.6 Selección de los rodamientos de los rodillos.....	118
6.6.2.7 Diseño de la varilla roscada para la chumacera tensora.	120
6.6.2.8 Diseño de los contenedores laterales	125
6.6.2.9 Diseño del bastidor o mesa de deslizamiento de la banda.....	128
6.6.2.10 Diseño de la estructura	133
6.6.2.11 Diseño de la carga y descarga.....	138
6.6.2.12 Selección de los pernos.....	141
6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	147
6.7.1 Estructura.....	148
6.7.2 Bastidor.....	148
6.7.3 Rodillos.....	149
6.7.4 Chumaceras de pared y dispositivos tensores	150
6.7.5 Banda de transporte	150
6.7.6 Contenedores laterales	151
6.7.7 Carga y descarga.....	151
6.7.8 Motor y reductor	152
6.7.9 Protectores de las bandas en V	152
6.8 ADMINISTRACIÓN	153
6.8.1 Análisis de costos	153
6.8.2 Análisis económico.....	155
6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	160
6.9.1 Resultados de las Pruebas	160

6.9.2 Operación y mantenimiento.....	161
6.9.3 Conclusiones y Recomendaciones.....	162
6.9.3.1 Conclusiones.....	162
6.9.3.2 Recomendaciones	162

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA	163
2. ANEXOS	1656

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

FIGURA 2.1: Generación de Biomasa.	12
FIGURA 2.2: Métodos de gestión de los residuos de biomasa.	13
FIGURA 2.3: Componentes del compostaje.	14
FIGURA 2.4: Temperaturas para el Compostaje.	15
FIGURA 2.5: Esquema de una planta de compostaje.	16
FIGURA 2.6: Mecanismos de separación de partículas por tamaño.	18
FIGURA 2.7: Cintas transportadoras utilizadas para transportar residuos sólidos.	20
FIGURA 2.8: Sistema de clasificación neumática para separar residuos sólidos. .	22
FIGURA 2.9: Cribas utilizadas para la separación de residuos sólidos.	23
FIGURA 2.10: Separadores magnéticos típicos.	24
FIGURA 2.11: Efectos sobre la salud de algunos de los más típicos contaminantes.	30
FIGURA 4.1: Distribución de naves y contenedores en el mercado mayorista de Ambato.....	40
FIGURA 4.2: Vista de un contenedor del mercado mayorista.	42
FIGURA 4.3: Formas más comunes de los cuerpos sólidos.....	42
GRÁFICO 4.1: Tamaño promedio aproximado de los desechos sólidos orgánicos.	51
GRÁFICO 4.2: Tamaño promedio aproximado de los desechos sólidos inorgánicos.....	51
GRÁFICO 4.3: Distribución típica de partícula para la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos antes y después de la trituración, excluyendo residuos de jardín.....	52

GRÁFICO 4.4: Distribución típica del tamaño de los componentes encontrados en los residuos sólidos urbanos domésticos.....	52
GRÁFICO 4.5: Densidades unitarias de los desechos sólidos orgánicos.....	53
GRÁFICO 4.6: Densidades unitarias de los desechos sólidos inorgánicos.....	53
GRÁFICO 4.7: Número de contenedores por nave.....	54
GRÁFICO 4.8: Volumen de desechos generados por nave.	55
GRÁFICO 4.9: Porcentaje volumétrico de desechos por contenedor.	56
GRÁFICO 4.10: Porcentaje volumétrico de desechos por nave.	56
GRÁFICO 4.11: Volumen de desechos orgánicos e inorgánicos por nave.....	57
GRÁFICO 4.12: Volumen de desechos orgánicos en relación a los desechos sólidos generados por nave.	57
GRÁFICO 4.13: Porcentaje volumétrico de desechos sólidos generados por nave.	58
GRÁFICO 4.14: Composición en volumen de desechos sólidos generados.....	58
GRÁFICO 4.15: Volumen de desechos sólidos inorgánicos generados.	59
GRÁFICO 4.16: Masa de desechos generados por nave.....	63
GRÁFICO 4.17: Porcentaje másico de desechos por contenedor.	64
GRÁFICO 4.18: Porcentaje másico de desechos por nave.	64
GRÁFICO 4.19: Composición en masa de desechos sólidos por nave.	65
GRÁFICO 4.20: Masa de desechos orgánicos en relación a los desechos sólidos por nave.....	65
GRÁFICO 4.21: Porcentaje másico promedio de desechos sólidos generados por nave.	66
GRÁFICO 4.22: Masa de desechos sólidos generados.	66
GRÁFICO 4.23: Masa de desechos sólidos inorgánicos generados.....	67
FIGURA 4.4: Desborde de los desechos fuera de los contenedores.	70
FIGURA 4.5: Arrojo de los desechos en las esquinas o rincones de piso.....	71
FIGURA 4.6: Depósito de los desechos fuera de los contenedores.	71
FIGURA 4.7: Presencia de líquidos lixiviados en las periferias de los contenedores.....	72
FIGURA 4.8: Deficiente recolección de los desechos y escasa limpieza de contenedores.....	72
FIGURA 4.9: Deterioro de los contenedores y daño del suelo cercano a ellos.....	73
GRÁFICO 4.24: Número de contenedores necesarios por nave.	75

FIGURA 4.10: Distribución de los contenedores necesarios para el mercado mayorista.....	76
GRÁFICO 4.25: Masa de los desechos sólidos por zona.....	77
FIGURA 4.11: Orden de recolección recomendada para el mercado mayorista....	77
FIGURA 6.1: Esquema de la planta de tratamiento de los desechos sólidos orgánicos.....	84
FIGURA 6.2: Espacios verticales y horizontales antropométricos en un banco de trabajo.....	88
FIGURA 6.3: Espacios horizontales antropométricos mínimos en un banco de trabajo.....	89
FIGURA 6.4: Esquema de la carga que actúa sobre la banda.	93
GRÁFICO 6.1: Diagrama de selección de la sección de la banda en V.....	100
GRÁFICO 6.2: Potencias nominales para bandas de sección B con diámetros de 3 pulg.....	103
FIGURA 6.5: Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conductor.	106
FIGURA 6.6: Fuerzas de la banda en V sobre la polea del rodillo conductor.	107
FIGURA 6.7: Diagramas del rodillo conductor en el plano xz.	108
FIGURA 6.8: Diagramas del rodillo conductor en el plano xy.	109
FIGURA 6.9: Sección transversal del tubo del rodillo conductor.....	109
GRÁFICO 6.3: Sensibilidad a la ranura para flexión y carga axial.	113
GRÁFICO 6.4: Barra de sección circular en flexión con estrechamiento y entalle.	114
FIGURA 6.10: Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conducido.	116
FIGURA 6.11: Diagramas del rodillo conducido.....	117
FIGURA 6.12: Dispositivo tensor y diagrama de cuerpo libre de la varilla roscada.	120
FIGURA 6.13: Diagrama de cuerpo libre del contenedor lateral.....	127
FIGURA 6.14: Fuerzas que actúan sobre el bastidor.	128
FIGURA 6.15: Diagramas de la correa del bastidor.....	130
FIGURA 6.16: Fuerzas que actúan sobre el canal del bastidor.	131
FIGURA 6.17: Diagrama de cuerpo libre del canal del bastidor.....	131
FIGURA 6.18: Esquemas real y simplificado de la estructura.....	134
FIGURA 6.19: Diagramas de momentos independientes para cada fuerza de la estructura.....	135

FIGURA 6.20: Diagramas de momentos de la reacción B_y y de la estructura.	136
FIGURA 6.21: Diagrama de cuerpo libre de los desechos sobre la carga / descarga.	138
FIGURA 6.22: Diagrama de cuerpo libre de la viga transversal de la carga / descarga.....	140
FIGURA 6.23: Fuerzas y momentos que la banda B39 transmite a la base del reductor.	142
FIGURA 6.24: Fuerzas cortantes que actúan sobre los pernos del reductor.	143
FIGURA 6.25: Vista de la estructura.	148
FIGURA 6.26: Vista del bastidor.	148
FIGURA 6.27: Vista de los rodillos.	149
FIGURA 6.28: Vista de la chumacera de pared y del dispositivo tensor.	150
FIGURA 6.29: Vista de la banda de transporte.	150
FIGURA 6.30: Vista de los contenedores laterales.	151
FIGURA 6.31: Vista de la carga y descarga.....	151
FIGURA 6.32: Vista del motor y reductor.	152
FIGURA 6.33: Vista de los protectores de las bandas en V.....	152

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Estados Típicos de la Biomasa.....	13
TABLA 2.2: Tasas de selección de materiales no seleccionados a partir de cintas móviles.....	21
TABLA 4.1: Contenido de las naves del mercado mayorista.....	41
TABLA 4.2: Dimensiones aproximadas de los desechos sólidos orgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.	43
TABLA 4.3: Dimensiones aproximadas de los desechos sólidos inorgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.	44
TABLA 4.4: Volumen aproximado de los desechos según los contenedores.	45
TABLA 4.5: Volumen aproximado de los desechos según las naves.	46
TABLA 4.6: Densidad unitaria de los desechos sólidos orgánicos más frecuentes del mercado mayorista.	47
TABLA 4.7: Densidad unitaria de los desechos sólidos inorgánicos más frecuentes del mercado mayorista.	48

TABLA 4.8: Tamaño de partícula aproximado de los desechos sólidos orgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.	49
TABLA 4.9: Tamaño de partícula aproximado de los desechos sólidos inorgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.	50
TABLA 4.10: Densidades voluminosas de los desechos sólidos del mercado mayorista.....	60
TABLA 4.11: Densidades voluminosas de los desechos sólidos del mercado mayorista.....	61
TABLA 4.12: Masa aproximada de los desechos según los contenedores.	61
TABLA 4.13: Masa aproximada de los desechos según las naves.....	62
TABLA 4.14: Naturaleza de los residuos sólidos en Ecuador.	67
TABLA 4.15: Composición física típica de los residuos sólidos urbanos, excluyendo materiales reciclados y residuos de comida desechados con las aguas residuales (1990).....	68
TABLA 4.16: Análisis de los procesos unitarios para la separación de los desechos sólidos.	69
TABLA 4.17: Análisis de los contenedores existentes y necesarios por nave.	74
TABLA 4.18: Análisis de los desechos sólidos según las zonas.....	76
TABLA 6.1: Datos generales de la propuesta.	83
TABLA 6.2: Anchos de bandas recomendados para materiales de distintos tamaños.	89
TABLA 6.3: Anchos de bandas normalizadas.	89
TABLA 6.4: Características de la banda E 8/2 U0/V/U20.....	92
TABLA 6.5: Coeficientes de fricción estática para diferentes recubrimientos.	94
TABLA 6.6: Factor C_1	94
TABLA 6.7: Elongaciones de servicio máximas.	95
TABLA 6.8: Factor C_3	96
TABLA 6.9: Características del reductor de velocidad REM090 ($i=100$).	97
TABLA 6.10: Dimensiones del reductor de velocidad REM090 ($i=100$).....	98
TABLA 6.11: Datos eléctricos del motor WEG 001180S1P56.	98
TABLA 6.12: Factor de corrección del ángulo de contacto para bandas en V.	99
TABLA 6.13: Dimensiones de corrección de longitud (ΔL) para bandas en V. ...	100
TABLA 6.14: Factor de corrección de longitud (k_2) para la banda A24.....	101
TABLA 6.15: Potencias nominales para la banda de sección A.	102

TABLA 6.16: Factor de corrección de longitud (k_2) para la banda B51.	103
TABLA 6.17: Potencias nominales para la banda de sección B con diámetros de 3 pulg.	103
TABLA 6.18: Factor de fuerza centrífuga (k_c) para bandas en V.	105
TABLA 6.19: Especificaciones generales del tubo del rodillo conductor.	110
TABLA 6.20: Factores de acabado de superficies.	112
TABLA 6.21: Factores de confiabilidad k_e correspondiente a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.	113
TABLA 6.22: Características generales del rodamiento 6005.	119
TABLA 6.23: Características de roscas unificadas UNC y UNF.	122
TABLA 6.24: Longitudes efectivas de columnas.	122
TABLA 6.25: Especificaciones SAE para pernos de acero.	123
TABLA 6.26: Requerimientos mecánicos para pernos de acero.	123
TABLA 6.27: Dimensiones de tuercas hexagonales.	124
TABLA 6.28: Dimensiones de tuercas hexagonales livianas.	124
TABLA 6.29: Especificaciones generales de la correa G del contenedor lateral.	126
TABLA 6.30: Especificaciones generales del canal U del bastidor.	132
TABLA 6.31: Especificaciones generales del tubo cuadrado de la estructura.	137
TABLA 6.32: Especificaciones generales del ángulo de la carga y descarga.	139
TABLA 6.33: Características de roscas unificadas UNC y UNF.	141
TABLA 6.34: Especificaciones SAE para pernos de acero.	141
TABLA 6.35: Dimensiones de pernos de cabeza cuadrada y hexagonal.	142
TABLA 6.36: Dimensiones de tuercas hexagonales.	142
TABLA 6.37: Egresos por concepto de materiales.	153
TABLA 6.38: Egresos varios.	154
TABLA 6.39: Egresos totales.	155
TABLA 6.40: Componentes de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.	156
TABLA 6.41: Depreciación y valor en libros de la máquina.	157
TABLA 6.42: Ingresos anuales de la planta de tratamiento.	157
TABLA 6.43: Egresos anuales de la planta de tratamiento.	158
TABLA 6.44: Estado de resultados equivalente al proceso de clasificación.	159

SIMBOLOGÍA

ALFABÉTICA

- a_B** Ancho de la banda textil [m].
- A** Superficie de transporte de la banda [m²].
- A_t** Área de la sección transversal de un elemento [m²].
- C** Capacidad de carga del rodamiento [N]; distancia entre centros de las poleas [m]; relación de rigideces [adimensional]; factores de la selección de la banda textil.
- C_c** Relación de esbeltez crítica o límite [adimensional].
- d** Diámetro menor o interior de un elemento [m].
- D** Diámetro mayor o exterior de un elemento [m]; depreciación de la máquina [\$].
- e** Espesor medio de los desechos sólidos sobre la banda [m].
- E** Módulo de elasticidad del material [GPa].
- f** Coeficiente de fricción [adimensional]; tasa de inflación [%].
- F** Fuerzas, cargas o tensiones que actúan sobre un elemento cualquiera [N].
- g** Aceleración de la gravedad [9,81 m/s²].
- h_B** Altura de la zona de separación de la banda [h].
- i** Relación de transmisión ductor [adimensional]; tasa de interés [%].
- I** Momento de inercia de área [m⁴].
- k** Factores que modifican el límite de fatiga, factores de corrección para bandas en V; factor de longitud efectiva o factor de servicio en bandas [adimensional].
- k_{1%}** Fuerza de tracción con 1% de elongación después de la relajación [N/mm].
- $\frac{k^*l}{r}$ Relación de esbeltez [adimensional].

- l_B** Largo o longitud de la banda para el transporte o longitud de un elemento [m].
- L_{10h}** Duración nominal del rodamiento [h].
- m** Masa de uno o varios elementos [kg].
- \dot{m}** Capacidad de carga o flujo másico de uno o varios elementos [ton/día].
- M** Momento flexionante máximo de un elemento [$N \cdot m$].
- n** Velocidad angular o de rotación de un elemento giratorio [rpm]; factor de diseño [adimensional]; período de recuperación de la inversión [años]; muestra [contenedores].
- n** Factor de seguridad [adimensional].
- N** Fuerza normal [N]; población [contenedores].
- p_v** Paso de la varilla roscada [m].
- P** Potencia de un elemento [W o hp]; carga equivalente de rodamientos [N]; carga crítica permisible de una columna [N]; valor inicial del activo a depreciar [\$].
- q** Carga por unidad de longitud de una viga [N/m].
- r** Radio de giro de una columna, o distancia radial [m].
- S_a** Esfuerzo alternante [MPa].
- S_e** Límite de fatiga de un elemento de máquina [MPa].
- S_e'** Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria [MPa].
- S_p** Esfuerzo permisible o límite de prueba [MPa].
- S_y** Límite de fluencia de los materiales [MPa].
- S_{ut}** Resistencia a la tracción (límite de rotura) de los materiales [MPa].
- S_0** Factor de seguridad estático [adimensional].
- t** Tiempo que cada desecho orgánico se encuentra en la banda [s]; tiempo de análisis de un proyecto [años].

- T** Torque o momento torsor en un elemento [N*m].
- TIR** Tasa interna de retorno [%].
- TMAR** Tasa mínima aceptable de rendimiento [%].
- V** Volumen de los desechos sobre la banda [m³].
- VAN** Valor actual neto [%].
- VS** Valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil [\$].
- W** Peso que soporta un elemento [N]; módulo resistente de una sección [m³].
- y** Deflexión máxima [m].

GRIEGA

- α** Ángulo de inclinación de la carga y descarga [°].
- δ_s** Densidad voluminosa de los desechos sólidos [kg/m³].
- ΔL** Variación de longitud entre las circunferencias de la banda en V [m].
- $\epsilon_{MÁX}$** Elongación de servicio máxima [adimensional].
- η** Rendimiento estático o dinámico del reductor sinfín corona [adimensional].
- θ** Ángulo de contacto entre la banda en V y la polea [°].
- μ** Coeficiente de fricción estática [adimensional].
- σ** Esfuerzo fluctuante o normal por flexión, compresión o tensión [MPa].
- τ** Esfuerzo cortante por fuerza cortante o torsión [MPa].
- v** Velocidad lineal de la banda transportadora o de la banda en V [m/s].
- ω** Velocidad angular o de rotación de un elemento giratorio [rad/s].
- #** Cantidad existente o necesaria de un elemento [adimensional].

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo consiste en la realización del estudio de los desechos sólidos que son generados en el interior del Mercado Mayorista de Ambato, con el objetivo de reducir la contaminación residual que existe en su interior, además tiene como finalidad la adecuada clasificación de los desechos sólidos para producir abono orgánico en una planta de tratamiento.

La investigación se inicia con un estudio de campo de los desechos sólidos que se generan en el mercado mayorista mediante el empleo de la apreciación visual y ciertos equipos de laboratorio de la facultad, de donde se obtienen datos como: tamaño de partícula de los desechos; masa y volumen de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos; densidades unitarias y voluminosas de los residuos y composiciones másicas y volumétricas de los desechos sólidos, con el propósito de determinar mediante un análisis el proceso unitario (máquina) más óptimo de separación de la materia orgánica de la inorgánica.

También se efectúa la investigación de los contaminantes residuales que existe en el mercado mayorista, así como el tipo de limpieza, recolección y disposición final que en la actualidad se aplica a los desechos sólidos provenientes de dicho centro de acopio, con el objetivo de dar alternativas para su mejoramiento y de esta manera reducir en parte la contaminación residual.

De los estudios realizados se establecen conclusiones y recomendaciones, de donde se determina que para esta aplicación el proceso adecuado para la clasificación de los desechos orgánicos de lo inorgánicos es el de separación manual.

Finalmente se diseña y construye una *banda transportadora de selección manual* basándose en parámetros fundamentales como generación diaria de desechos, velocidad lineal recomendada de la banda para una buena separación, análisis antropométrico de los trabajadores, espesor de los desechos sobre la banda, entre otros.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

ESTUDIO DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN RESIDUAL EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 CONTEXTUALIZACIÓN

A nivel mundial el problema del manejo de los residuos sólidos adquiere mayor relevancia con la aparición de concentraciones y asentamientos importantes de población, llegando hoy día a reconocerse como un aspecto crítico en todas las ciudades, particularmente en aquellas cuyo devenir histórico desembocó en la configuración de áreas metropolitanas extensas en superficie y albergando varios millones de habitantes. Este fenómeno urbano, propio de los países latinoamericanos y en vías de desarrollo en general, se ve hoy agudizado por las características del modelo económico y la adaptación cultural de la sociedad del consumo. En 1995 la agencia europea del medio ambiente estipuló que uno de los problemas ambientales de mayor importancia era el tratamiento de la basura, por ende es primordial que se provoque un cambio positivo en la creación, fabricación y desecho de los objetos. La Organización Panamericana de la Salud reporta que en la región de América Latina habitan en los centros alrededor de 350 millones de personas, quienes generan unas 275000 toneladas de basura diariamente, de las cuales solo se recolecta un promedio de 70% y solo el 35% se posee rellenos sanitarios. [1]

En el Ecuador la falta de infraestructura y la carencia de servicios eficientes para el manejo de los residuos sólidos son el motivo fundamental para que se registren coberturas deficientes en cuanto a la disposición final de estos residuos. Esta debilidad en la materia de servicios se ha traducido en un deterioro generalizado del entorno ambiental tanto en localidades urbanas como en los asentamientos rurales, generando también importantes efectos sobre la salud pública y comprometiendo el bienestar de la comunidad. Únicamente las ciudades de Loja y Cuenca han iniciado procesos de investigación en este campo, como son: recogida selectiva, recuperación de papel y plástico y tratamiento de residuos orgánicos mediante el compostaje, en porcentajes del 30%. Se calcula una generación a nivel nacional de 7423 ton/día de basura, estimándose que se recolecta formalmente el 49% y que se confina convenientemente un 30%. Cada persona produce una cantidad promedio de 350 kg de residuos municipales cada año. [2]

En la ciudad de Ambato, la tendencia del Municipio ha sido la de dar el tratamiento a la basura en el relleno sanitario que ocupa una superficie de 18 hectáreas y comenzó a operar en el año 2004, actualmente es controlado el porcentaje de contaminación¹ ambiental que está dado por la afectación del suelo y el agua como consecuencia de la lixiviación de sustancias tóxicas que se producen en su interior, liberadas en aguas superficiales y subterráneas. El relleno sanitario recibe los desechos que se generan en cantón Ambato, los cuales representan un total de 210 t/día, a pesar de las falencias encontradas la construcción y operación del mismo, es satisfactoria y éste se sitúa entre las mejores instalaciones existentes en el país para la disposición de los desechos. En Ambato ya se ha hablado en torno a los desechos sólidos que produce la ciudad todos los días y en forma abundante, conforme informes de la oficina de higiene que controla esta actividad de recolección en calles, plazas y mercados y el transporte a su destino final. Se ha tratado sobre la transformación de los desechos en abono orgánico para fertilizar los campos, aunque no ha habido resultados al respecto, pese a la importancia del tema y a los posibles resultados que podrían ser positivos. [3]

¹ Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente. [26]

1.2.2 ANÁLISIS CRÍTICO

El presente proyecto de estudio del proceso de clasificación de los desechos sólidos² en el mercado mayorista está orientado a brindar una fuente alternativa de disminución la contaminación residual, tomando como base el tratamiento y aprovechamiento de los residuos orgánicos para producir abono orgánico.

Este proyecto es beneficioso debido a que mediante ciertos procesos precedidos por el de clasificación, se puede generar el compost o abono orgánico. Además se puede reducir el espacio que ocupan los desechos, por la razón que al clasificar, disminuye la cantidad de basura no útil y así facilita su almacenamiento en el relleno sanitario³. La planta deberá estar instalada en un lugar donde no se produzca significativamente contaminación ambiental y no cause incomodidad a la ciudadanía.

Al ejecutar el proyecto las autoridades de la zona central podrán apreciar sus beneficios y mostrar interés sobre el de tratamiento de la basura y pueden dar acogida a nuevas alternativas para combatir el problema que causa su acumulación.

1.2.3 PROGNOSIS

Si no se realiza el estudio del proceso de clasificación de los desechos sólidos en el mercado mayorista, permanecerá la desorganización en el depósito de los desechos sólidos y con esto se mantendrá la contaminación ambiental, además de no dar ningún tipo de reutilización o tratamiento a los residuos orgánicos debido a que la basura proveniente del mercado se almacenará en el relleno sanitario. La carencia de este estudio también ocasionará la inconformidad de la ciudadanía que realiza sus actividades en este centro de comercialización al no contar con un ambiente agradable de trabajo por la existencia de malos olores y de la contaminación visual.

² Se entiende por desecho sólido a todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. [26]

³ Es una técnica para la disposición de los desechos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestia o peligro para la salud y seguridad pública. [26]

1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Mediante el estudio del proceso de clasificación de desechos sólidos, se podrá reducir la contaminación residual en el mercado mayorista de Ambato?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Qué tipos de desechos sólidos se producen en el mercado mayorista?
- ¿Qué porcentaje de desechos sólidos orgánicos genera el mercado mayorista?
- ¿Cuáles serán factores incidentes para la selección del proceso unitario de clasificación de desechos?
- ¿Cuáles son las causas de la contaminación residual en el mercado mayorista?

1.2.6 DELIMITACIÓN

1.2.6.1 De Contenido

El presente investigación se basa en la asignatura métodos de tratamiento de los desechos sólidos.

1.2.6.2 Espacial

El espacio geográfico al que va destinado el presente proyecto es el mercado mayorista, ubicado al sureste de la ciudad de Ambato.

1.2.6.3 Temporal

El presente estudio se realizará en el período: de septiembre del 2011 hasta abril del 2012.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La actual gestión de los residuos orgánicos generados en el mercado mayorista y depositados en el relleno sanitario sin ningún tratamiento, incide en la

contaminación ambiental y disminuyen su vida útil. No se cuenta con un estudio sobre los desechos sólidos producidos en el mercado mayorista, lo que ha llevado al deterioro medio ambiental.

Se puede dar utilidad a los desechos sólidos con el estudio del proceso de clasificación mediante el aprovechamiento de sus posibilidades económicas como materia prima, creando una cultura del trabajo acorde con las necesidades económicas y sociales del país, en este caso en la determinación de la cantidad de residuos orgánicos que produce el mercado mayorista y su aprovechamiento como abono.

Al llevar a cabo este proyecto, los principales beneficiarios serán: los comerciantes que laboran en el lugar y la ciudadanía que transita por sus alrededores. La ejecución del presente estudio será factible debido a que el mercado mayorista facilitará la información necesaria.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar un proceso aplicable de clasificación de desechos sólidos para reducir la contaminación residual en el mercado mayorista de Ambato.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los desechos sólidos que se producen en el mercado mayorista para estudiar sus propiedades.
- Establecer el porcentaje de desechos orgánicos que genera el mercado mayorista para conocer la cantidad de materia prima útil para abono.
- Determinar los factores incidentes para la selección del proceso unitario de clasificación de desechos.
- Evaluar las causas de la contaminación residual del mercado mayorista para proponer alternativas que la reduzcan.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En Ecuador no existen centros oficiales de recuperación de residuos sólidos. Se constata la falta de personal calificado en el sector de residuos sólidos. En primer lugar, las universidades y centros de formación técnica no ofertan cursos o carreras técnicas afines. En segundo lugar, la industria ecuatoriana muestra un incipiente desarrollo para ofertar equipos y herramientas para el manejo de residuos sólidos. La mayoría de empresas ecuatorianas se constituyen en intermediarios de firmas extranjeras que procuran posicionarse en el mercado nacional. Esta actitud pasiva de la industria ecuatoriana es consecuencia directa de las escasas inversiones asignadas al sector de residuos sólidos.

Los residuos del mercado mayorista de Ambato son transportados al relleno sanitario conjuntamente con los residuos sólidos urbanos de la ciudad, sin ningún tratamiento ni valoración, disminuyendo la vida útil del relleno sanitario, y contaminando el suelo y el agua por lixiviados⁴ y el aire por la emanación de gas metano. La gestión de residuos en el campo de tratamiento de residuos orgánicos es variable y compleja que debe ser adaptada en base al origen, clasificación y evolución de los residuos sólidos.

En el mercado mayorista no existe lugares de recuperación de residuos sólidos, por lo tanto tampoco existe un proceso de clasificación de desechos sólidos. En la actualidad se realizan procesos de recuperación en pequeña escala de cierto tipo de residuos mediante personas de escasos niveles económicos (pepenadores).

⁴ Líquido que percola a través de los residuos sólidos, compuesto por el agua proveniente de precipitaciones pluviales, escorrentías, la humedad de la basura y la descomposición de la materia orgánica que arrastra materiales disueltos y suspendidos. [26]

En cuanto a investigaciones referentes al tema, en la Universidad Técnica de Ambato se ha realizado un seminario sobre los residuos sólidos con cuatro expositores y una tesis sobre la gestión de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato, en base a dichos estudios, se busca implementar un proceso completo de tratamiento de desechos sólidos para la generación de abono orgánico, para lo cual es necesario el proceso de clasificación de desechos sólidos.

2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La razón que fundamenta la ejecución de un proyecto de esta naturaleza radica en la necesidad de encontrar una forma de reducir la contaminación residual que existe en el mercado mayorista de Ambato, utilizando los mecanismos adecuados para poder reutilizar los desechos orgánicos. Con esto se reducirá en pequeña escala la cantidad de basura que se deposita en el relleno sanitario, aumentando su vida útil. Además de preservar la salud de las personas que transitan por el mercado y de reducir su nivel de contaminación, dando una buena imagen del mismo para que se pueda tomar como ejemplo para otros mercados de la ciudad y país.

2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto de investigación se basará en las siguientes normas y/o leyes:

- 1.- Constitución Política de la República del Ecuador.
- 2.- Ley de Gestión Ambiental.
- 3.- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundario (TULAS).

1. Constitución Política de la República

Registro Oficial No. 449 del 20 de Octubre de 2008.

Art.14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la

prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art.32.- La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustenten el buen vivir.

Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley:

Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

Art. 267.- Los gobiernos parroquiales rurales ejercerán las siguientes competencias, sin perjuicio de las adicionales que determine la ley:

Incentivar el desarrollo de actividades productivas comunitarias, la preservación de la biodiversidad y la protección del ambiente.

2. Ley de Gestión Ambiental. Capítulo II

De la Evaluación de Impacto Ambiental y de Control Ambiental.

Art. 19.- Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que pueden causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución por los organismos descentralizados de control, conforme al Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

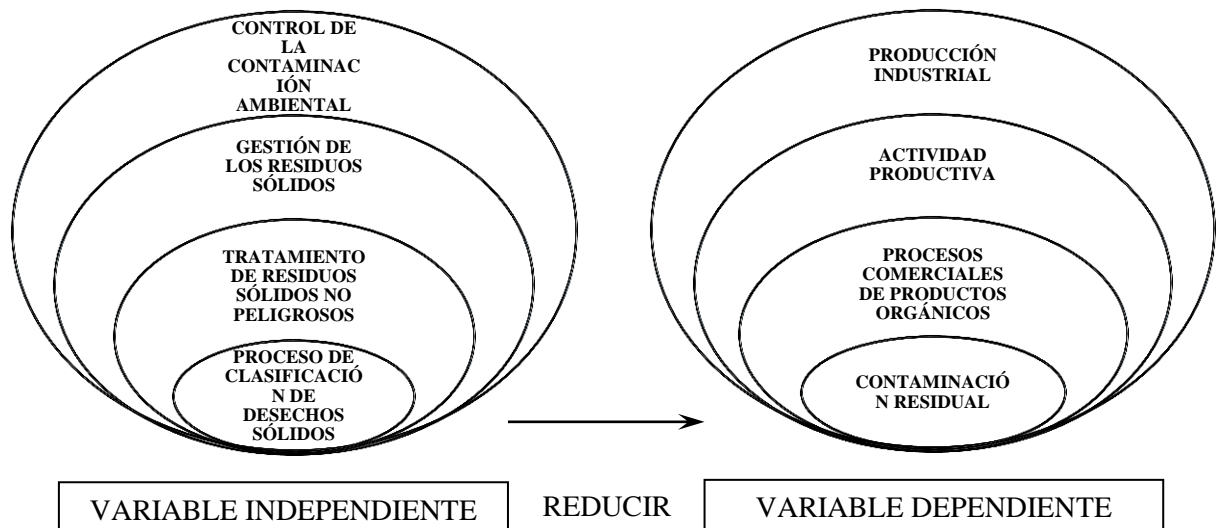
Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

3. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundario (TULAS)

Publicado en la Edición Especial No. 2 del Registro oficial del 31 de Marzo del 2003.

Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos (Libro VI Anexo 6)

2.4 RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.4.1 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Los efectos producidos por el calentamiento global han sido catastróficos y han cobrado muchas vidas en todo el mundo. A causa del brusco cambio de temperatura se han producido desastres naturales de magnitudes jamás vistas antes desde tsunamis, terremotos hasta sequías de ríos y derretimiento de hielos polares. Por otra parte, conocemos que la diversidad biológica del mundo se encuentra en los países tercermundistas o en vías de desarrollo que sufren una mayor presión financiera derivada de la dificultad para pagar el peso de la deuda externa. Es así que, mediante los intercambios de la deuda por naturaleza donde agentes del sector privado, compran parte de estas deudas a menor precio y las retiran a cambio de lograr esfuerzos de preservación ambiental por parte del país que se encuentra en deuda. El único objetivo que persigue el mecanismo del canje de deuda por naturaleza es conseguir fondos adicionales para llevar a cabo actividades de conservación en un país. El elemento diferenciador en este mecanismo consiste en que no existe transferencia de propiedad o repatriación de capital a un inversor extranjero. Este tipo de intercambio ya se ha dado con gran

éxito desde hace dos décadas en muchos países, como Filipinas, Colombia, México, Uganda, Belice, etc. Los mecanismos de canje de la deuda por naturaleza se presentan como una alternativa para preservación del medio ambiente y a la vez, ofrecen la oportunidad de involucrar a instituciones que hasta entonces no han tenido participación en las iniciativas de conservación. Es por ello, que se debe exigir a los gobernantes acuerdos de este tipo, ya que solucionan en parte uno de los principales problemas económicos (deuda externa) que sirve como instrumento para la preservación de nuestro planeta. [4]

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el ambiente de cualquier agente (físico, químico o biológico) o bien de una combinación de varios agentes en lugares, formas y concentraciones tales que sean o puedan ser nocivos para la salud, la seguridad o para el bienestar de la población, o bien, que puedan ser perjudiciales para la vida vegetal o animal, o impidan el uso normal de las propiedades y lugares de recreación y goce de los mismos. La contaminación ambiental es también la incorporación a los cuerpos receptores de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, o mezclas de ellas, siempre que alteren desfavorablemente las condiciones naturales del mismo, o que puedan afectar la salud, la higiene o el bienestar de la población.

A medida que aumenta el poder del hombre sobre la naturaleza y aparecen nuevas necesidades como consecuencia de la vida en sociedad, el medio ambiente que lo rodea se deteriora cada vez más. El comportamiento social del hombre, que lo condujo a comunicarse por medio del lenguaje, que posteriormente formó la cultura humana, le permitió diferenciarse de los demás seres vivos. Pero mientras ellos se adaptan al medio ambiente para sobrevivir, el hombre adapta y modifica ese mismo medio según sus necesidades. El progreso tecnológico, por una parte y el acelerado crecimiento demográfico, por otra, producen la alteración del medio, llegando en algunos casos a tentar contra el equilibrio biológico de la Tierra. No es que exista una incompatibilidad absoluta entre el desarrollo tecnológico, el avance de la civilización y el mantenimiento del equilibrio ecológico, pero es importante que el hombre sepa armonizarlos. Para ello es necesario que proteja los recursos renovables y no renovables y que tome conciencia de que el saneamiento

del ambiente es fundamental para la vida sobre el planeta. La contaminación es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro mundo y surge cuando se produce un desequilibrio, como resultado de la adicción de cualquier sustancia al medio ambiente, en cantidad tal, que cause efectos adversos en los seres vivos o materiales expuestos a dosis que sobrepasen los niveles aceptables en la naturaleza. [5]

2.4.2 GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La gestión integrada de residuos, existe cuando la interrelación entre acciones normativas, operacionales, financieras y de planificación de actividades del sistema de aseo urbano, es cercana. [6]

La política pública en materia ambiental surge como una necesidad y como una estrategia alrededor de las implicaciones que se establecen en el marco de la relación individuo – entorno natural, lo cual se traduce en la búsqueda de manejos que permitan la regulación y administración adecuada de procesos conducentes a la armonización del ser humano con su medio. Las autoridades públicas deben saber lo relevante de estos procesos para la vida de la especie humana en general, ya que su adecuada gestión permite la garantía de su manutención y calidad. [7]

Las máximas autoridades que intervienen en la gestión pública para el manejo de dichos residuos, consideran que la utilización de estos por vías de reutilización carece de beneficio y es poco rentable para los intereses de las comunidades. Por lo tanto, la disposición de residuos sólidos ha dificultado la convivencia de diferentes actores sociales, por la búsqueda de un espacio armónico donde pueda ser ejercida una habitabilidad pacífica basada en el respeto hacia los demás y hacia al entorno mismo. [8]

Residuos sólidos son todos los que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inútiles o no queridos. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un recurso en otro marco. Gestión integral de residuos sólidos es el término aplicado a todas las actividades

asociadas con la gestión de los residuos dentro de la sociedad. La meta básica de la gestión integral de residuos sólidos es gestionar los residuos de la sociedad de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales y la salud pública, y con los deseos del público respecto a la reutilización y el reciclaje de materiales residuales. [9]

2.4.3 TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS

2.4.3.1 ESCALA DE PRIORIDADES Y COMPOSTAJE

La escala de prioridades en el tratamiento de los residuos sólidos no peligrosos es:

1. Reducción en origen

Consiste en reducir la cantidad de sustancias contaminantes presentes en cualquier flujo de residuos, actuando en el mismo proceso que los origina.

2. Reutilización

Es el empleo de un producto usado para el mismo fin para el que fue diseñado originariamente.

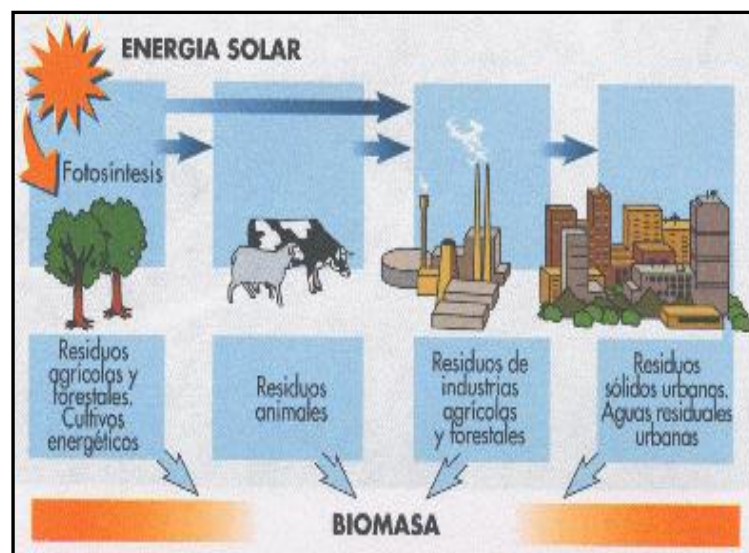


FIGURA 2.1: Generación de Biomasa.

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

3. Reciclado

Es la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial u otros fines. Incluye el compostaje o la biometanización, no incluye la incineración con recuperación de energía.

4. Valorización

Es el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos, sin poner en peligro la salud humana o el medio ambiente. Puede lograrse a través de la recuperación de materias primas o mediante su utilización como fuente de energía.

TABLA 2.1: Estados Típicos de la Biomasa.

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

ESTADOS TÍPICOS DE LA BIOMASA		
Recursos de Biomasa	Tipo de Residuo	Características Físicas
Residuos Forestales	- Residuos de aserrín. - Restos de ebanistería. - Restos de plantaciones.	Polvo sólido, HR ² >50% Polvo sólido, HR: 30-45% Sólido, HR > 55%
Residuos Agropecuarios	- Cáscara y pulpa de frutas y vegetales. - Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café). - Estiércol. - Residuos de cosechas.	Sólido, alto contenido humedad Polvo, HR < 25% Sólido, alto contenido humedad Sólido HR > 55%
Residuos Industriales	- Pulpa y cáscara de frutas y vegetales. - Residuos de procesamiento de carnes - Aguas de lavado de carnes y vegetales. - Grasas y aceites vegetales.	Sólido, humedad moderada Sólido, alto contenido humedad Líquido Líquido graso
Residuos Urbanos	- Aguas negras. - Desechos domésticos orgánicos (vegetales). - Basura orgánica (madera).	Líquido Sólido, alto contenido humedad Sólido, alto contenido humedad

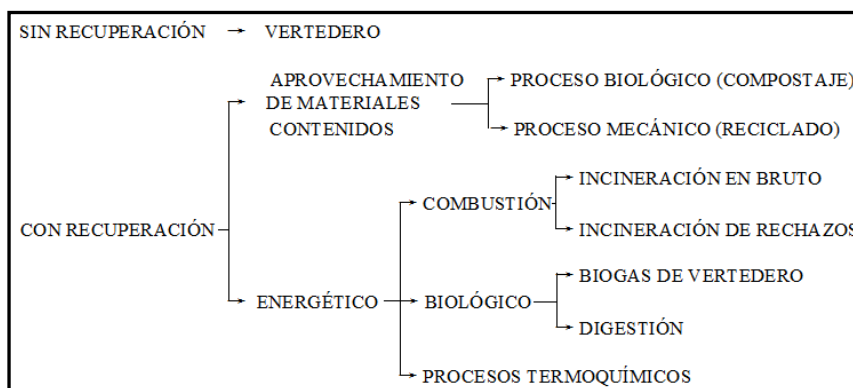


FIGURA 2.2: Métodos de gestión de los residuos de biomasa.

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

5. Vertido

Depósito de los residuos que carecen de valor, por lo general se lo realiza en rellenos sanitarios. [10]

Compostaje

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas, transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato. Es decir, el compostaje es:

- Una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables.
- Una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica.
- El resultado de una actividad biológica compleja.

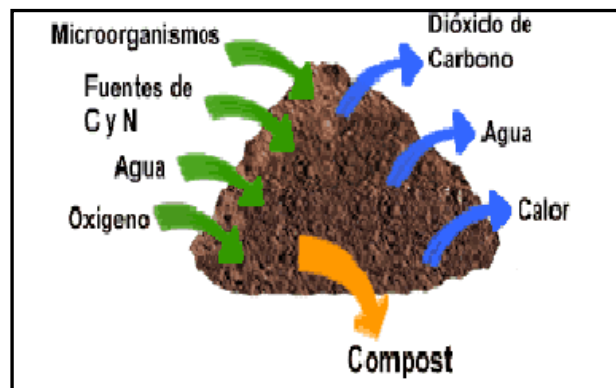


FIGURA 2.3: Componentes del compostaje.

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

Ventajas y desventajas del uso del compostaje

Ventajas:

- Acondicionamiento del suelo.
- Mejora las propiedades físicas del suelo.
- Mejora las propiedades químicas.
- Mejora la actividad biológica del suelo.
- Facilita el manejo de estiércoles.

Desventajas:

- De tipo económico.
- De disponibilidad del terreno.
- De tipo climatológico.
- De tipo medioambiental.
- De valor fertilizante.

- Disminuye el riesgo de contaminación.
- Destruye los patógenos.
- Producto comercializable.

Materias primas

Son las materias orgánicas procedentes de: restos de cosechas, siegas de césped, ramas de poda de los frutales, hojas, residuos sólidos urbanos biodegradables, lodos de depuradora, estiércol animal, complementos minerales, plantas marinas.

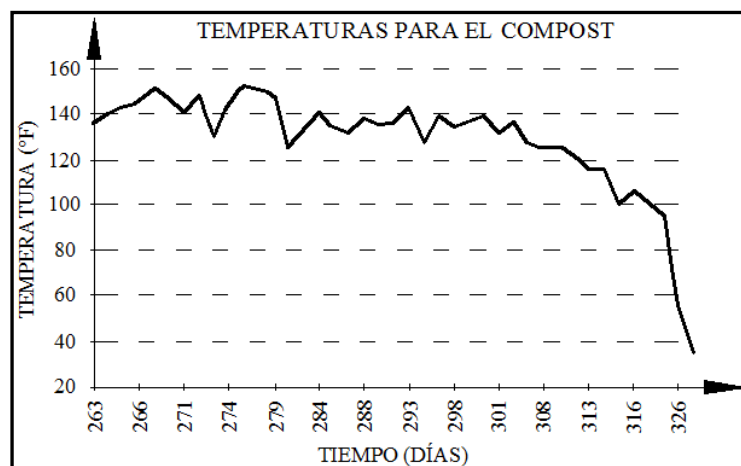


FIGURA 2.4: *Temperaturas para el Compostaje.*

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

Factores que condicionan el proceso de compostaje

- Temperatura
- Humedad
- PH
- Oxígeno
- Relación C/N
- Tamaño de partícula
- Población microbiana [10]

2.4.3.2 PROCESOS EN PLANTAS DE COMPOSTAJE

1. Recepción de la fracción orgánica de la basura

La fracción orgánica procedente de la recogida selectiva se tamiza para eliminar las pocas impurezas que aún contenga.

2. Clasificación por tamaño

Una máquina con una gran criba cilíndrica rueda y separa la materia orgánica del desecho basto.

3. Cabina de selección manual

Este desecho pasa por un último control que se realiza manualmente. Después, un electroimán elimina los residuos metálicos que pueda haber.

4. Recepción de la fracción vegetal y trituración

Residuos vegetales procedentes de la jardinería, la limpieza de bosques son triturados.

5. Mezcla y homogenización

Se mezclan las dos fracciones en las proporciones siguientes: 65-75% de la fracción orgánica sin impurezas y 25-35 % de la fracción vegetal triturada. La mezcla resultante se somete a un proceso de compostaje.

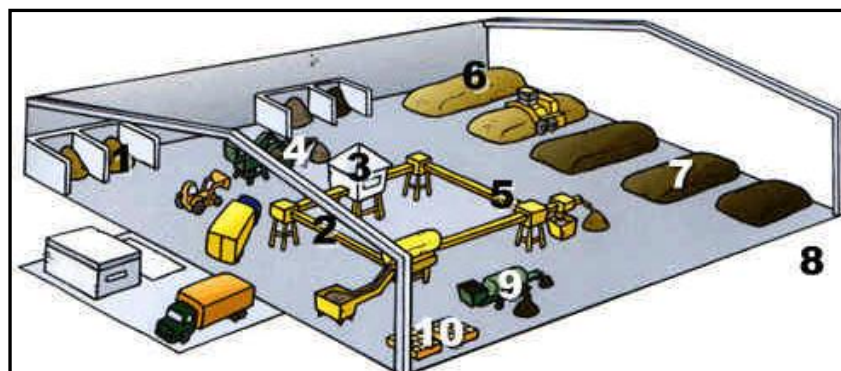


FIGURA 2.5: Esquema de una planta de compostaje.

Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

6. Disposición en pilas

La mezcla se dispone con una pala mecánica formando pilas, dentro de un cobertizo sin paredes y encima de un pavimento adecuado para la recogida de lixiviados.

7. Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso

Para que los microorganismos puedan descomponer adecuadamente la materia orgánica, hay que mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y la concentración de oxígeno suficiente. La humedad se mantiene regando periódicamente las pilas y la oxigenación removiendo totalmente las pilas con una máquina volteadora.

8. Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales

Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje se recogen y sirven para continuar regando las pilas. El área de la planta debe ser pavimentada de manera que las aguas pluviales puedan recogerse y aprovecharse para el riego del compost.

9. Cribado del compost maduro

Al cabo de 12 a 14 semanas, el compost maduro se tamiza para obtener un producto final homogéneo y fino. El desecho vegetal que pueda quedar se retorna al principio del proceso.

10. Compost

Finalmente, se obtiene un compost maduro y estable que puede ser comercializado como abono. [10]

2.4.4 PROCESOS DE CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

2.4.4.1 MECANISMOS UNITARIOS DE SEPARACIÓN DE SÓLIDOS

1. Separación Sólido – Sólido

Existen varios tipos de mallas usadas para la separación de partículas:

- Malla reciprocante
- Malla vibratoria
- Malla oscilante
- Malla giratoria

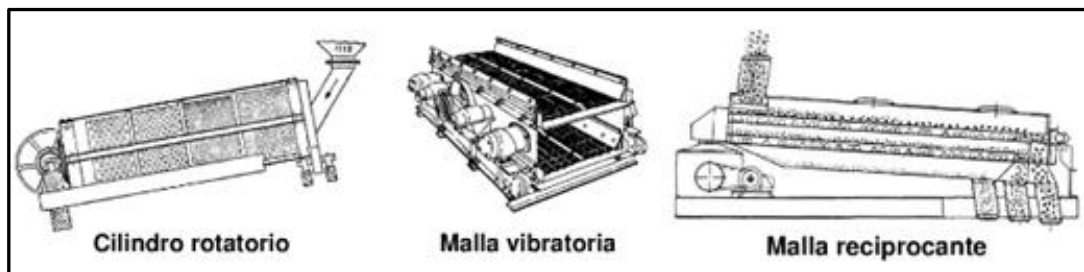


FIGURA 2.6: Mecanismos de separación de partículas por tamaño.

Fuente: <http://www.slideshare.net/nestorbalcazar/ingeniera-de-procesos-447590>.

Los factores de diseño a considerar son:

- Tasa de flujo
- Rango de tamaño de partículas
- Características del material
- Riesgos (inflamabilidad, toxicidad, peligros de explosión)
- Clasificación por vía seca o vía húmeda

2. Separación Líquido – Sólido

Usados para la separación de partículas en el rango de 5 a 10 μm . Tamaños comerciales 10 mm hasta 30 mm de diámetro. La separación es función del tamaño de partículas y su densidad, así como de la densidad y viscosidad del medio líquido.

- **Hidroseparadores.** La clasificación depende de la diferencia de velocidades alcanzadas por las partículas de diferente tamaño en el agua.
- **Jigs hidráulicos.** El material es sumergido en agua y pulsos de agua a través del lecho del material provocan la estratificación del material más liviano.
- **Tablas.** Son usadas por vía seca o vía húmeda. La tabla es activada con fuertes movimientos en direcciones opuestas. La acción combinada de la vibración, el flujo de agua y la resistencia al flujo provocan la separación de partículas de diferentes rangos de tamaños.
- **Separadores de medio denso.** Los sólidos de diferente densidad pueden ser separados por inmersión en un fluido de densidad intermedia. Los sólidos más pesados van hacia el fondo, en tanto que los más livianos emergen a la superficie.
- **Flotación.** Se usan para la separación de sólidos finalmente divididos. La separación se basa en la diferencia de las propiedades superficiales del material. Las partículas son suspendidas en un líquido aireado (agua) y las burbujas del aire se adhieren a unas u otras partículas dependiendo de dichas propiedades.
- **Separadores magnéticos.** Pueden ser usados para separar materiales que estén en interacción con campos magnéticos.
- **Separadores electrostáticos.** Las separaciones se basan en las diferencias de las propiedades eléctricas de los materiales a separar.
- **Separadores centrífugos.** La separación depende de la diferencia de densidades entre la fase sólida y la fase líquida. [11]

2.4.4.2 PROCESOS UNITARIOS DE SEPARACIÓN DE MATERIALES RESIDUALES

El proceso unitario de separación es diferente a los otros procesos unitarios ya que puede hacerse manual o mecánicamente, o con una combinación de ambos.

Separación Manual (Bandas)

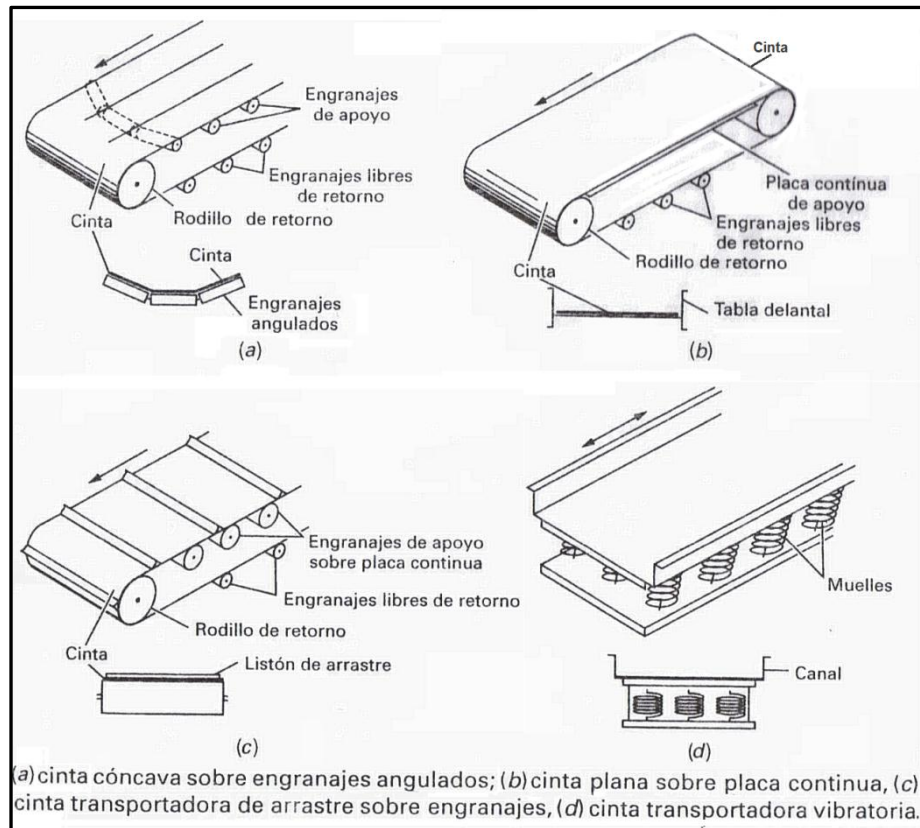


FIGURA 2.7: Cintas transportadoras utilizadas para transportar residuos sólidos.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Los elementos voluminosos (artefactos, muebles, etc.) y otros elementos específicos (por ejemplo residuos peligrosos) se remueven manualmente de los residuos antes del procesamiento. Con pocas excepciones, una separación completamente manual más allá de esta separación inicial se reserva para operaciones pequeñas menores de 20 toneladas por día. Sin embargo, también puede ser aplicable a la remoción de contaminantes de los recursos recogidos por separado.

El equipo usado en la remoción manual generalmente es una banda seleccionadora en la cual los residuos pasan por delante de los trabajadores (clasificadores) colocados en uno o ambos lados de la banda. Las tolvas u otros receptáculos para recibir los elementos removidos se colocan al alcance de los clasificadores.

El diseño de los procesos que dependen de la separación manual requiere una buena comprensión de los principios básicos que tratan sobre el tiempo y movimiento así como la comodidad y seguridad de los trabajadores. Hasta ahora, estas consideraciones han sido obviadas en varias instalaciones especialmente en aquellas situadas en países en vías de desarrollo económico. [12]

TABLA 2.2: Tasas de selección de materiales no seleccionados a partir de cintas móviles.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Tasas de selección de materiales no seleccionados a partir de cintas móviles			
Tipo de material	Residuos seleccionados, t/persona · hora		Observaciones
	Rango	Típico	
RSU no seleccionados			
Domésticos y comerciales	0,3-4	2,5	} Relativamente baja eficacia de recuperación por tonelada de alimentación en las tasas de selección más altas
Comerciales	0,4-6	3,0	
Materiales no seleccionados separados en origen			
Papel mezclado	0,5-4	2,5	
Papel y cartón	0,5-3	1,5	Dos productos
Plásticos mezclados	0,1-0,4	0,2	PET y PE-HD
Vidrio y plástico mezclado	0,2-0,6	0,5	Dos productos: vidrio mezclado y plástico mezclado
Vidrio	0,2-0,8	0,4	Blanco, verde, ámbar
Plásticos, vidrios, latas de hojalata y aluminio	0,1-0,5	0,3	Cuatro productos

Los factores críticos en el diseño de una banda de selección son: la anchura de la cinta, la velocidad de la cinta y el espesor medio de los materiales residuales sobre la cinta. En la tabla 2.2 se presentan datos sobre la cantidad de residuos que pueden ser seleccionados por trabajador. [9]

Separación Mecánica

La separación mecánica incluye el uso de varios procesos unitarios, cinco de los cuales son la reducción de tamaños, cribación, clasificación neumática, separación magnética y separación de aluminio. La secuencia de los procesos varía, aún si la reducción de tamaños o tamizado preliminar (trómel) sea el primer paso.

Separación Neumática (Separación por Peso)

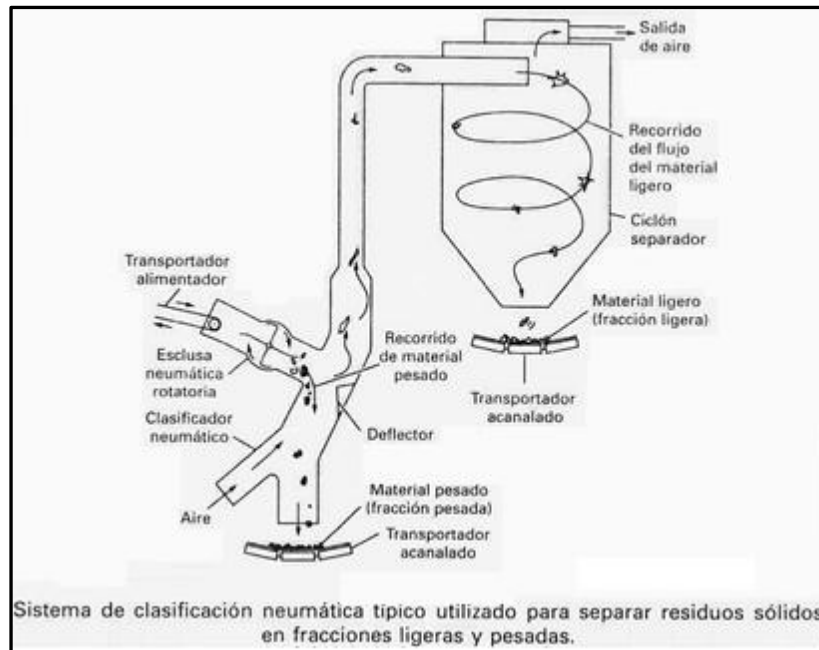


FIGURA 2.8: Sistema de clasificación neumática para separar residuos sólidos.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

La clasificación neumática es un proceso unitario utilizado para separar materiales ligeros, como papel y plástico, de materiales más pesados, como metal férreo, basándose en la diferencia del peso del material en una corriente de aire. Si se introducen materiales de pesos distintos en una corriente de aire que se mueve con suficiente velocidad, se llevará los materiales ligeros, mientras los materiales pesados caen en sentido contracorriente. Se ha utilizado la clasificación neumática durante algunos años en operaciones industriales para la separación de algunos componentes a partir de mezclas secas.

En las instalaciones para la recuperación de materiales, se utiliza la clasificación neumática para separar el material orgánico o como más frecuente se conoce fracción ligera, a partir del material inorgánico más pesado, llamado fracción pesada. Este tipo de clasificación también se ha utilizado para la separación de plásticos y vidrios no seleccionados.

Cribación (Separación por Tamaño)

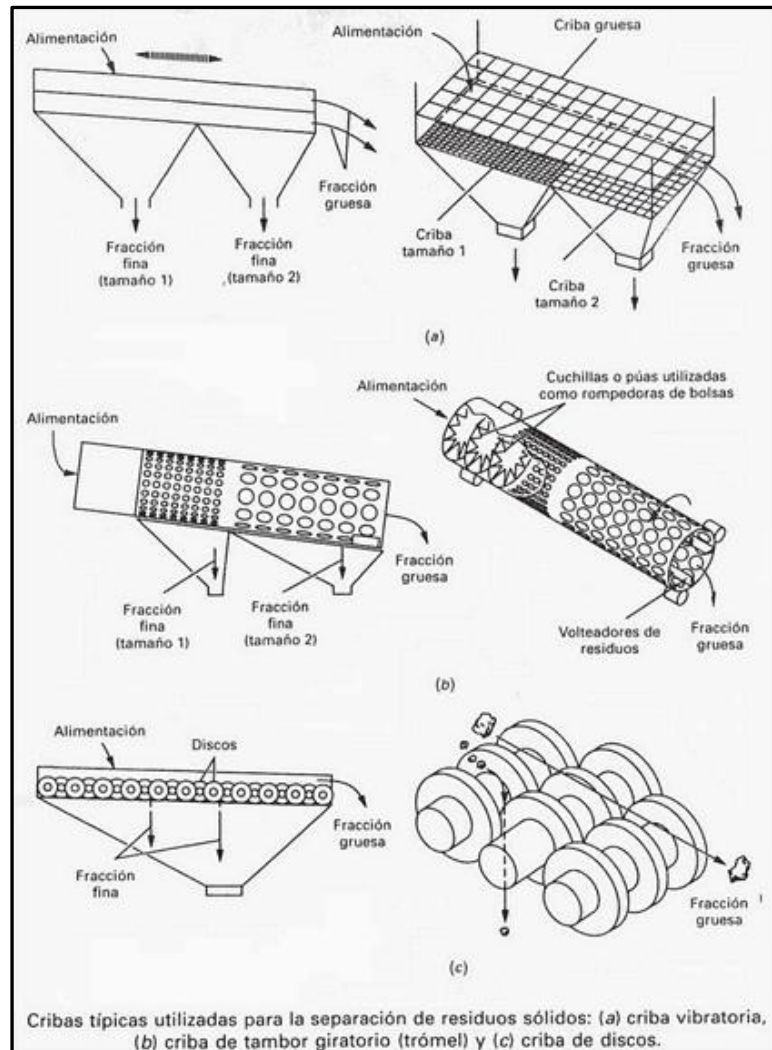


FIGURA 2.9: Cribas utilizadas para la separación de residuos sólidos.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

La cribación es un proceso unitario utilizado para separar mezclas de materiales de tamaños distintos en dos o más fracciones de tamaño mediante una o más superficies de cribado. Se puede llevar a cabo un cribado seco o húmedo, el primero es el más común en los sistemas de procesamiento de residuos sólidos. Las aplicaciones principales de los aparatos de cribado en el procesamiento de residuos sólidos urbanos incluyen: 1) separación de materiales grandes; 2) separación de materiales pequeños; 3) separación de residuos en combustibles ligeros y combustibles pesados; 4) recuperación de papel, plásticos, y otros materiales ligeros a partir de vidrio y metal; 5) separación de vidrio, arenisca y

arena a partir de materiales combustibles; 6) separación de rocas y otros escombros grandes a partir de tierra excavada en lugares de construcción; y 7) separación de materiales gruesos a partir de ceniza de incineración. Los tipos de cribas más frecuentemente utilizados se ilustran en la figura 2.9.

Separación Magnética

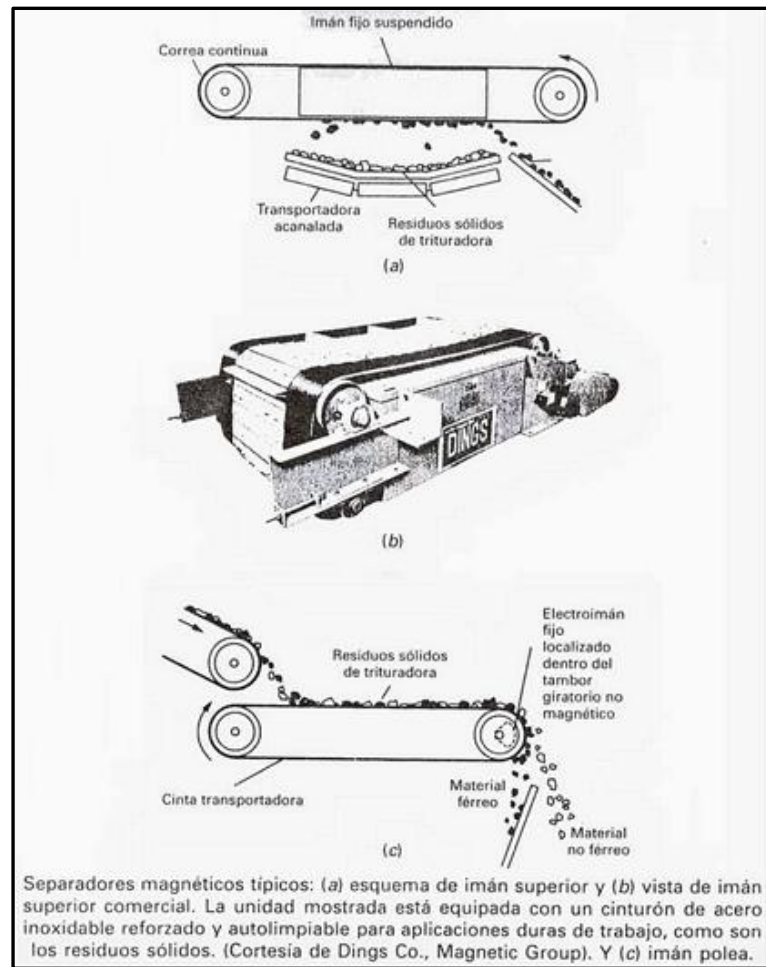


FIGURA 2.10: Separadores magnéticos típicos.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

La separación magnética es un proceso unitario mediante el cual se separan los metales férreos de otros materiales residuales utilizando sus propiedades magnéticas. Se utiliza la separación magnética para recuperar materiales férreos a partir de los residuos sólidos urbanos separados en origen, no seleccionados y triturados. Frecuentemente se utiliza la separación magnética para separar latas de aluminio de latas de hojalata en residuos separados en origen donde los dos tipos

de metales están mezclados. Usualmente se recuperan los metales férreos después de la trituración y antes de la clasificación neumática. En algunas instalaciones grandes se han utilizado sistemas magnéticos superiores para recuperar materiales férreos antes de la trituración.

Los lugares específicos donde se recuperan los materiales férreos dependerán de los objetivos que haya que lograr, tales como la reducción del desgaste sobre el equipamiento de procesamiento y separación, grado de pureza del producto que haya que conseguir y eficacia de recuperación requerida. [9]

2.4.4.3 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

La separación previa en el lugar de generación y depósito en el contenedor apropiado es el inicio de la clasificación de los residuos.

La clasificación es el primer tratamiento que deben sufrir los residuos para facilitar su recuperación ya que la correcta separación de los materiales permite un mayor y más rentable aprovechamiento de los mismos. Pero la clasificación no es un proceso puntual si no que se desarrolla en varias etapas que permiten finalmente obtener materiales libres de impurezas.

De esta manera, la primera clasificación que sufren los residuos debe ocurrir en los propios domicilios, donde se debe separar el papel y cartón del vidrio, envases y otros materiales. Posteriormente tanto el vidrio como el papel serán clasificados en las plantas donde serán reciclados, asegurando así la separación de materiales extraños que pudieran entorpecer el proceso o empobrecer el material resultante (grapas, pequeños plásticos, tapones, etiquetas...), separando además cada tipo de material de acuerdo a sus características, por ejemplo en el vidrio algunas veces por colores.

Debido a que en la práctica no sucede aquello, estos residuos deben pasar antes de llegar a los recicladores, por una etapa previa de separación. Esta separación se lleva a cabo en las Plantas de Clasificación, a las que entrarán las bolsas con los productos mezclados y de las que saldrán ya clasificados cada uno de los materiales. Algunas Plantas de Clasificación tratan solo los residuos procedentes

de uno de estos contenedores⁵, pero en ocasiones cuentan con varias líneas que les permiten tratar por separado los residuos depositados en ambos contenedores. En cualquier caso el proceso de separación es básicamente similar en ambos casos y se centra en la automatización del mayor número posible de etapas.

Proceso de separación en plantas clasificadoras de residuos

No todas las plantas presentan todos los sistemas que se describen a continuación, y muchas presentan variaciones o modificaciones de los procesos descritos, modificando el orden de los tratamientos o incluso repitiendo procesos en diferentes etapas de la clasificación.

1. Descarga de camiones

Los camiones procedentes de la recolección de basura depositan el contenido de su caja en fosos especialmente diseñados para ello o en grandes superficies llamadas playas. Los fosos son especialmente comunes para depositar los residuos del contenedor de restos ya que reducen la emisión de olores (en parte por el propio diseño del foso y en parte porque muchos presentan sistemas de depresión que introducen aire del exterior succionando del foso el aire con olores). Las playas sin embargo no tienen ningún sistema de anulación de olores, ya que son grandes explanadas de hormigón cubiertas en las que se depositan los residuos directamente.

2. Alimentación

Los residuos ya depositados deben ser introducidos en el sistema de clasificación. En el caso de que se encuentren depositados en las fosas la alimentación se hace a través de grandes grúas que cuelgan sobre las mismas y recogen el material de éste elevándolo posteriormente hasta la zona de alimentación. En caso de que el material se encuentre almacenado en playas de almacenamiento la alimentación se realiza mediante palas cargadoras convencionales. En ambos casos la alimentación del sistema es manual, depende de un operario que esté continuamente cargando material al sistema.

⁵ Recipiente de gran capacidad, de material apropiado utilizado para el almacenamiento de desechos sólidos no peligrosos, generados en centros de gran concentración o lugares que presentan difícil. [26]

Una vez depositado el material en la cinta transportadora que lo introducirá en la planta, es frecuente que exista un desgarrador o abrebolsas, sistema que permite romper las bolsas en que se encuentra el material para permitir su correcta clasificación. La apertura de las bolsas de basura es un proceso fundamental, ya que si no se desarrolla adecuadamente entorpece todo el sistema de clasificación posterior y muchas plantas presentan varios abrebolsas en las primeras etapas de la clasificación.

Por ello en muchos países de Europa y en algunas regiones de España se intenta que los ciudadanos depositen los residuos de envases en contenedores especiales que solo aceptan los envases uno a uno, igual que sucede con los iglús del vidrio.

3. Triage primario

Tras la alimentación la mayoría de las plantas cuenta con una primera fase de triaje en la que los operarios separan aquellos elementos que pueden entorpecer los procesos posteriores de clasificación. Generalmente se trata de residuos de gran tamaño o de aquellos que por sus características pueden atascar la maquinaria, como grandes cartones, cables, palos de escobas.

4. Trómel

Tras la clasificación primaria los residuos entran en un trómel para su clasificación automática por tamaño. Estos trómeles son enormes cilindros dispuestos en horizontal y ligeramente inclinados para favorecer el desplazamiento de los residuos en su interior. Dentro del cilindro existe otro algo menor y perforado que rota para facilitar la clasificación. El diámetro de las perforaciones de este cilindro interno varía y se puede elegir según necesidad.

De esta manera el material que sea menor de 100 mm pasará a través de las perforaciones y se depositará en una cinta transportadora diferente de la que recoge el material mayor de 100 mm que sale del trómel. Esta clasificación permite fundamentalmente separar la materia orgánica y pequeños residuos del resto. Actualmente existen muchos tipos de trómeles diferentes o con adaptaciones interesantes.

De cualquier manera a partir de este punto nos encontramos con dos flujos de residuos diferentes. Por un lado se encuentra el material que separó el trómel, generalmente inferior a 100 mm, y por otro el material de mayor tamaño. Ambas fracciones sufrirán procesos de clasificación diferentes aunque muy similares.

5. Separación de plástico de baja densidad

Este tipo de plástico se separa gracias a la diferencia de densidad que presenta con el resto de plásticos. Normalmente la separación se realiza mediante procesos de succión, que separan el plástico film de la corriente principal de residuos. El punto en el que se sitúa el mecanismo de succión (normalmente un ciclón) varía de una planta a otra, de manera que es frecuente encontrarlo a la entrada o salida del trómel, tras la separación de metales o incluso al final mismo del proceso.

6. Separación de metales

El material separado por el trómel, es depositado en dos cintas transportadoras distintas de acuerdo a su tamaño sobre las que se suelen situar un gran electroimán que atrae los metales férricos separándolos de la corriente principal. Estos residuos férricos son almacenados separadamente para su posterior prensado y venta a recicladores. Además del electroimán los residuos de tamaño mayor pasan por una corriente de Foucault que separa los metales no férreos (aluminio de las latas y de los briks fundamentalmente) y los deposita en una criba vibrante.

7. Triaje secundario

Una vez separados los metales, el flujo de residuos menor de 100mm (el que se considera materia orgánica) suele ser llevado a una planta de compostaje sin sufrir ningún proceso adicional de clasificación.. Por su parte la fracción de mayor tamaño es conducida a una segunda cabina de triaje donde los operarios clasifican los diferentes tipos de plásticos que encontramos en los envases, los cuales una vez separados son almacenados y compactados por separado para su posterior venta a recicladores. El producto que resta tras la separación de todos los materiales se considera el rechazo de la planta y es llevado directamente a vertedero. [13]

2.4.5 CONTAMINACIÓN RESIDUAL

La contaminación⁶ ha sido dividida en tres grandes ramas: La contaminación del aire, contaminación del agua y contaminación del suelo.

La contaminación atmosférica es cualquier cambio en el equilibrio de los componentes agua y suelo, lo cual altera las propiedades físicas y químicas del aire", de acuerdo con el Dr. Omar Romero Hernández, profesor del ITAM.

En el mundo la contaminación atmosférica aparece con más frecuencia en las zonas de alta densidad demográfica o industrial. La contaminación producida por los desechos que se encuentran en los botaderos también juega un papel importante.

Sin el agua los seres vivos no podríamos existir. Pero el ser humano se ha empeñado en contaminarla. Las sustancias como los residuos químicos, gasolinas o petróleos pueden contaminar el agua de la superficie y el suelo cuando se mezclan en alguna de las etapas del ciclo del agua.

Los principales contaminantes del agua son los desechos industriales, el uso de plaguicidas y fertilizantes agrícolas, y el uso doméstico. Según investigaciones de Discovery Channel no sólo estos contaminantes afectan el agua sino que tienen efectos tóxicos sobre el organismo.

La contaminación del suelo es el desequilibrio físico, químico o biológico del suelo, debido principalmente al inadecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, de acuerdo con Vanessa Joaquín Bolaños, autora del texto "Análisis de Suelos". La contaminación de los suelos se produce por sustancias químicas y basura. Las sustancias químicas pueden ser de tipo industrial o domésticas, ya sea a través de residuos líquidos, como las aguas residuales de las viviendas, o por contaminación atmosférica, debido al material en forma de partículas que luego cae sobre el suelo cuando llueve.

⁶ Es la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o cualquier combinación de ellas, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente. [26]

Otra causa de contaminación del suelo es la tala excesiva de árboles. Nuestros bosques se desvanecen y con ellos todas las especies que los habitan.

Los residuos sólidos domésticos generan cantidades de desechos (orgánicos 30%, papel 25%, plásticos 7%, vidrio 8%, textiles 10%, minerales 10%, metales 10%). Es prioritario compatibilizar el desarrollo económico y social con la protección de la naturaleza evitando las agresiones a los ecosistemas vivos y al medioambiente en general. Es sumamente necesario el reciclado de los residuos que evita el continuo consumo de materias primas agotables y su vertido contaminante en la naturaleza. [14]



FIGURA 2.11: Efectos sobre la salud de algunos de los más típicos contaminantes.

Fuente: World Resources Institute: August 2008 Monthly Update: Air Pollution's Causes, Consequences and Solutions Submitted by Matt Kallman on Wed, 2008-08-20 18:22.

2.4.6 PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

El sector industrial comprende tres conjuntos diferenciados de actividades: el sector energético, las industrias extractivas y las industrias manufactureras. Tal como señalan Buesa y Molero (1998), la industria cumple varias funciones muy relevantes para la expansión del sistema económico: la generación de innovaciones y absorción del progreso tecnológico y la inducción del crecimiento.

En el sector industrial radica el núcleo principal de los agentes que desarrollan tecnologías de producción, especialmente de aquellas que son susceptibles de transferencia intersectorial y que, por lo tanto, se difunden por todos los segmentos del sistema económico; e igualmente, es uno de los sectores económicos que mayor capacidad muestra para incorporar innovaciones en los procesos de producción, y en los correspondientes productos, lo que redundará en unos continuos y superiores incrementos de productividad. En suma, la industria constituye el eje vertebral del desarrollo económico.

La producción industrial es una importante fuente de riqueza de un país, ya que se logra impulsar la economía a través del fortalecimiento y crecimiento de empresas manufactureras de manera que estas sean capaces de exportar productos competitivos y reinvertir en su propia expansión y generar empleos.

Así pues la calidad de los productos y servicios se ha convertido en uno de los factores principales del funcionamiento óptimo de una organización, debido a que en los últimos años la tendencia de los clientes ha ido hacia requisitos más exigentes respecto a la calidad y que los suministradores han tomado una creciente conciencia de la necesidad del mejoramiento continuo de la calidad para obtener y mantener buenos resultados económicos en el desempeño de sus organizaciones.

En las empresas se debe proponer definir e implementar una metodología de forma que esta satisfaga plenamente las expectativas de los clientes internos y externos para que estas generen a la empresa utilidades suficientes para desarrollarse saludablemente como empresa y así continuar sirviendo con eficiencia a sus clientes.

Desde la comunidad primitiva el hombre se ha planteado la necesidad de regular sus acciones y recursos en función de su supervivencia como individuo o grupo social organizado. En cualquier caso, existió en primer momento un instinto de conservación y con el posterior desarrollo bio-psico-social una conciencia de organización que les permitió administrar sus recursos. [15]

2.5 HIPÓTESIS

La separación de los desechos sólidos orgánicos biodegradables permitirá aprovechar los residuos del mercado mayorista que en la actualidad son depositados en el relleno sanitario.

2.5 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

La separación de los desechos sólidos orgánicos biodegradables⁷.

2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Aprovechar los residuos del mercado mayorista que en la actualidad son depositados en el relleno sanitario.

2.5.3 TÉRMINO DE RELACIÓN

Permitirá

⁷ Propiedad de toda materia de tipo orgánico, de poder ser metabolizada por medios biológicos en un corto tiempo. [26]

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE

Para la investigación a realizar en el presente proyecto existirá un enfoque tanto en variables cuantitativas como en cualitativas. Se utilizará el aspecto cuantitativo al considerar la tabulación de la producción diaria de desechos sólidos, el porcentaje de desechos sólidos orgánicos en relación a los desechos sólidos que se producen en el mercado mayorista, densidades unitarias y voluminosas de los desechos, y el tamaño de partícula de los residuos. Este estudio implicará el uso de variables continuas casi en su totalidad, las mismas que admiten fraccionamientos o números racionales como por ejemplo el número de toneladas de desechos sólidos que se producen cada día en el mercado mayorista.

3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1 MODALIDAD

La presente investigación contendrá una modalidad que abarca los siguientes niveles:

- **De Campo.** Se realiza en el lugar de los hechos, es decir donde ocurren los fenómenos a estudiar. Este tipo de investigación se apoya en informaciones que provienen de otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones.
- **De Laboratorio.** Se manipula las variables dependientes para obtener los resultados deseados, los cuales no son generales sino específicos para la situación estudiada.

- **Documental Bibliográfica.** En la investigación se tiene como finalidad ampliar y profundizar las teorías y enfoques acerca del tema del proyecto basándose en los documentos y publicaciones existentes al respecto.
- **Experimental.** La investigación tiende a plantear una solución al problema basándose en el estudio sistemático e interpretativo de las variables y muestras.

3.2.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los tipos de investigación a emplear son los siguientes:

- **Investigación Aplicada.** Nace de un problema y pretende solucionar o aportar positivamente para la solución del mismo.
- **Exploratoria.** La investigación persigue obtener un primer conocimiento o propuesta, la cual posteriormente puede ser profundizada o perfeccionada a partir del planteamiento inicial.
- **Descriptiva.** Las variables a estudiar son evaluadas en el presente, en el momento de realizar la investigación.
- **Ideográfica.** La presente investigación enfatiza lo particular (caso específico), no busca establecer leyes generales ni ampliar el conocimiento teórico.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

La población [N] de estudio del presente proyecto está constituida por el número de contenedores de desechos que se llenan durante un año en el mercado mayorista. A continuación se calcula la población:

Un año tiene 52 semanas, en el mercado mayorista existe actividad comercial en cinco días por semana y en la actualidad existen 28 contenedores.

$$N = 52 \text{ semanas} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 28 \frac{\text{contenedores}}{\text{día}} = 7280 \text{ contenedores}$$

3.3.2 MUESTRA

La muestra (n) es la parte representativa de la población o universo, que permite generalizar los resultados obtenidos a partir de ella a todo el conjunto. El tipo de muestra que se ajusta al estudio propuesto es el muestreo de campo.

Para determinar la muestra se aplica su ecuación de definición: [16]

$$n = \frac{N}{e^2 * (N - 1) + 1} \quad (3.1)$$

Donde: e = error admisible [adimensional]. Se asume un error del 4% (0,04).

Entonces la muestra es:

$$n = \frac{7280}{0,04^2 * (7280 - 1) + 1} = 575 \text{ contenedores}$$

Ahora se calcula el número de semanas necesario para realizar el muestreo:

$$n = \frac{575 \text{ contenedores}}{5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 28 \frac{\text{contenedores}}{\text{día}}} = 4 \text{ semanas (1 mes)}$$

La toma de datos se ejecutará en dos etapas (de un mes cada una). En la primera se tomarán datos de composiciones volumétricas de desechos existentes en los contenedores. Entre las magnitudes a medir en la segunda etapa están las siguientes: tamaño (dimensiones), masa y volumen unitarios y voluminosos. La evaluación de los datos obtenidos permitirá obtener valores, que a su vez mediante el análisis de ciertas constantes posibilitará conocer valores de otras magnitudes, como por ejemplo: Densidad unitaria y voluminosa.

3.3.3 TIPO DE MUESTRA

Para la obtención de la muestra se utilizarán los siguientes tipos de muestreo:

Inicialmente para seleccionar la muestra se empleará un muestreo por conglomerados, donde se clasificará a la población según las zonas o sectores de la población (naves y/o contenedores). Luego de cada conglomerado (en caso de

requerirse) se realizará un sorteo para seleccionar a la muestra. Es decir, se utilizará un muestreo al azar.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

V.I.: Separación de los desechos sólidos orgánicos biodegradables.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>La clasificación es el primer tratamiento que deben sufrir los desechos sólidos para facilitar su recuperación y permitir un mayor y más rentable aprovechamiento de los mismos. La clasificación se desarrolla en varias etapas que permiten finalmente obtener materiales libres de impurezas.</p>	Propiedades unitarias de los desechos sólidos	Tamaño promedio de partícula	<p>Orgánicos: $80 \text{ mm} \leq x \leq 160 \text{ mm}$ Inorgánicos: $120 \text{ mm} \leq x \leq 200 \text{ mm}$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichas de registro ▪ Investigación de campo
		Densidad promedio	<p>Orgánicos: $600 \text{ kg/m}^3 \leq x \leq 1000 \text{ kg/m}^3$ Inorgánicos: $500 \text{ kg/m}^3 \leq x \leq 900 \text{ kg/m}^3$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de laboratorio
	Propiedades voluminosas de los desechos sólidos	Densidad promedio	<p>Orgánicos: $150 \text{ kg/m}^3 \leq x \leq 350 \text{ kg/m}^3$ Inorgánicos: $50 \text{ kg/m}^3 \leq x \leq 250 \text{ kg/m}^3$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de laboratorio ▪ Documentación bibliográfica
		Composición volumétrica promedio	<p>Orgánicos: $55\% \leq x \leq 75\%$ Inorgánicos: $25\% \leq x \leq 45\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichas de registro ▪ Investigación de campo
		Composición másica promedio	<p>Orgánicos: $65\% \leq x \leq 85\%$ Inorgánicos: $15\% \leq x \leq 35\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de laboratorio

3.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

V.D.: Aprovechamiento de los residuos del mercado mayorista.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Es la recuperación eficiente de diferentes materiales presentes en los desechos, la cual puede realizarse mediante la reutilización, reciclaje, la incineración con generación de energía y compostaje.	Gestión de los desechos sólidos	Cantidad a reutilizar	Orgánicos: $x \geq 75\%$ Inorgánicos: $x = 0\%$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de campo ▪ Investigación de laboratorio
		Volumen a depositar en el relleno sanitario	$4 \text{ ton} \leq x \leq 6,5 \text{ ton}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de campo ▪ Investigación de laboratorio
		Producción de abono orgánico	Costo/qq $\$ 2,25 \leq x \leq \$ 3,25$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de laboratorio ▪ Investigación experimental
		Contaminantes residuales del mercado mayorista	¿Cuál es el adecuado orden de limpieza y recolección?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investigación de campo ▪ Investigación de laboratorio

3.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El presente proyecto involucra el empleo de las técnicas de recolección de la información más conocidas y con sus respectivos instrumentos de apoyo.

Para el estudio de los porcentajes aproximados de desechos orgánicos e inorgánicos se utiliza la técnica de la observación de campo, lo cual se realiza mediante la utilización de una ficha de ensayo y una cámara fotográfica que almacena las imágenes de las naves y contenedores. Ésta técnica se utiliza debido a que resultan costosos y complicados los ensayos máxicos, en los cuales se toman muestras de 1tonelada para saber cuánto pesan exactamente los componentes de los residuos.

En el ensayo de los tamaños de los desechos se utiliza la técnica de observación de campo, debido a que se toman las medidas y formas de los desechos sólidos en el mercado mayorista, para esta técnica se utilizará una ficha de ensayo y un calibrador.

El estudio de densidades de los desechos sólidos se realiza mediante la técnica de la observación de laboratorio, para lo cual se necesita trasladar muestras de los desechos al laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica. Esta técnica necesita de instrumentos como: calibrador, balanza digital, probetas graduadas, cámara fotográfica y una hoja de toma de datos.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.6.1 PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento adecuado de la información se van a seguir varios lineamientos entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Revisión crítica de la información recogida (fichas de toma de datos, fotografías).
- Tabulación de cuadros (porcentajes, dimensiones y densidades de los desechos sólidos), cuadros de una variable y cuadros con cruce de variables.
- Porcentuar, obtener la información con respecto al total de los desechos.
- Graficar. Representar los resultados mediante gráficos estadísticos.
- Estudio de datos para la presentación de resultados con gráficas estadísticas.
- Presentación de conclusiones previas cotejadas con gráficas que ilustren los resultados.

3.6.2 PLAN DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de los resultados está basado en la información obtenida y registrada en las tablas y gráficos, enmarcándose en las premisas siguientes:

- Determinación el porcentaje de residuos sólidos del mercado mayorista que es aprovechable o que puede generar abono orgánico, en función de los resultados del estudio del tipo tamaño y densidad de desechos sólidos que se producen en dicho lugar con mayor frecuencia y confrontando con estudios previos y marco teórico.
- Determinación de los equipos necesarios para una separación satisfactoria de la materia orgánica en base al previo análisis de tamaño y densidad de los residuos sólidos del mercado mayorista.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones finales.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente estudio se inicia con el dato de 13 toneladas que es la generación diaria promedio de basura en el mercado mayorista, la cual se produce los días de comercialización en dicho lugar: lunes, miércoles, jueves, viernes y domingo. [17]

Los análisis presentados a continuación equivalen a los resultados obtenidos de los ensayos experimentales realizados; dentro de los cuales se tienen los siguientes:

4.1.1 Estudio del Número de Contenedores por Nave

En el mercado mayorista existen 20 naves, denominadas, utilizadas y dispuestas como muestra la figura 4.1.

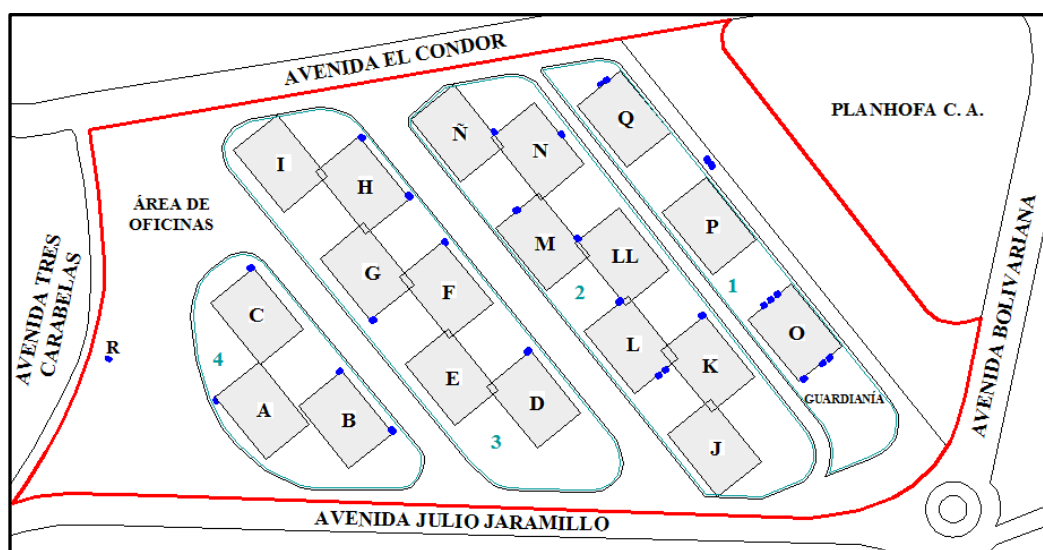


FIGURA 4.1: Distribución de naves y contenedores en el mercado mayorista de Ambato.

Fuente: <http://www.ambato-ema.gob.ec>

TABLA 4.1: Contenido de las naves del mercado mayorista.

Fuente: <http://www.ambato-ema.gob.ec>; Autor.

CONTENIDO DE LAS NAVES DEL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO				
Nombre de la nave	Número de la zona	Contenido de la nave (materia orgánica biodegradable)	Desechos inorgánicos generados con mayor frecuencia	N° de contenedores
A	1	melón, pimiento, fruta importada. (bodega)	cartón, papel, fundas plásticas.	1
B	1	tomate riñón, limón, babaco, pepinillo, maracuyá, zanahoria amarilla.	papel, fundas plásticas.	2
C	1	naranja, guayaba, fruta importada.	papel, cartón, cajas de madera.	1
D	2	arveja, choclo, haba, fréjol.	papel, tierra.	1
E	2	abastos. (bodega)	cartón.	0
F	2	papas, melloco.	tierra, plásticos, papel.	1
G	2	cebolla, ajo importado. (bodega)	cartón, papel, tierra.	1
H	2	papas, melloco.	tierra, fundas plásticas, cartón.	2
I	2	papas, melloco. (bodega)	tierra.	0
J	3	arroz, fréjol seco, maíz blanco, mote, maíz duro, lenteja, especias. (bodega)	fundas plásticas, cartón.	0
K	3	tomate de árbol, granadilla, ají, vainita.	fundas plásticas, cartón.	1
L	3	mandarina, aguacate, pepino dulce, cebolla de rama.	tierra, papel, plásticos.	3
LL	3	mora, fresa.	papel.	0
M	3	ajo, cebolla de bulbo semilla.	papel, fundas plásticas, tierra.	2
N	3	cebolla de bulbo paisana.	tierra, cartón.	2
Ñ	3	huevos (bodega)	cartón, papel.	0
O	4	acelga, lechuga, coliflor, col blanca, col morada, brócoli, remolacha, rábano, espinaca, nabo, culantro y perejil, romanesco, zambo, zapallo.	plásticos varios, cartón.	6
P	4	naranja, mandarina, piña, sandía, papaya, plátano verde y maduro, guineo, melón, coco, ciruela, grosellas, guanábana, mango, zapote.	cartón, papel.	2
Q	4	reina claudia, claudia nelly, claudia mango, pera blanca, pera ubilla, manzana, Emilia, manzana Jonny, manzana Delicia, capulí, taxo, uvilla, durazno, abridor, nectarino, albaricoque, tuna.	fundas plásticas, papel.	2
R	5	ruda, hierba luisa, toronjil, orégano, manzanilla, albaca, caballo chupa, matico, boldo, llantén, nogal, maci, sangorache, arragán, chiquirahua, achira. (cielo abierto)	tierra, fundas plásticas.	1

En el presente estudio se considera materia orgánica únicamente a los residuos orgánicos fermentables, es decir los que son de fácil descomposición para la

producción de compost. Por tal motivo materia como papel, cartón y madera se consideran como inorgánicos.

4.1.2 Estudio del Tamaño de un Contenedor

Del ensayo se determinó que un contenedor consta de las siguientes dimensiones:



FIGURA 4.2: Vista de un contenedor del mercado mayorista.

Fuente: Autor.

El volumen de basura que puede almacenarse en un contenedor (V_C) es el siguiente:

$$V_C = \text{largo} * \text{ancho} * \text{altura} = 1,85\text{m} * 1,17\text{m} * 1,04\text{m} = 2,25 \text{ m}^3.$$

4.1.3 Estudio del Tamaño Aproximado de Partícula de los Desechos Sólidos

En el ensayo se ha aproximado las formas de los distintos desechos a las formas de los cuerpos sólidos para poder obtener el volumen (figura 4.3).

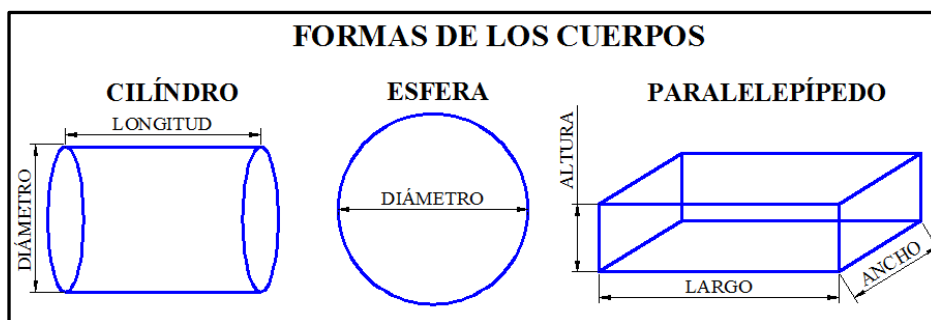


FIGURA 4.3: Formas más comunes de los cuerpos sólidos.

Fuente: Autor.

A continuación se presenta unas tablas con las dimensiones medias de los desechos sólidos (los que presentan formas fijas) que aparecen en el mercado mayorista:

TABLA 4.2: Dimensiones aproximadas de los desechos sólidos orgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS DEL TAMAÑO UNITARIO APROXIMADO DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS					
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	DIÁMETRO MEDIO [cm]	LONGITUD/ ALTURA MEDIA[cm]		VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
TALLO DEL PLÁTANO	CILINDRO	10,0	100,0		7853,98
EUCALIPTO	CILINDRO	10,0	40,0		3141,59
HOJA DEL MAÍZ	CILINDRO	9,0	33,0		2099,37
TRONCO DE BRÓCOLI	CILINDRO	15,0	10,0		1767,15
TALLO DE PIÑA	CILINDRO	6,0	25,0		706,86
TRONCO DEL MAÍZ Y PALOS	CILINDRO	2,5	100,0		490,87
PIMIENTO	CILINDRO	5,0	12,0		235,62
TUZA DEL MAÍZ	CILINDRO	3,0	12,0		84,82
HOJA DE CEBOLLA BLANCA	CILINDRO	1,3	24,0		31,86
HOJAS DE HABAS	CILINDRO	1,5	12,0		21,21
HOJAS DE FRÉJOL	CILINDRO	1,0	12,5		9,82
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	DIÁMETRO MEDIO[cm]			VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
RAMAS ENROLLADAS	IRREGULAR	-			VARIABLE
CÁSCARA DE COCO	ESFERA	14,0			1436,76
NARANJA	ESFERA	8,0			268,08
NARANJILLA	ESFERA	6,0			113,10
PAPA	ESFERA	5,5			87,11
MANDARINA	ESFERA	5,5			87,11
LIMÓN	ESFERA	3,5			22,45
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	LARGO MEDIO [cm]	ANCHO MEDIO [cm]	ALTURA MEDIA [cm]	VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
HOJAS DE FRUTAS COSTEÑAS	PARALELEPÍPEDO	50,0	20,0	2,0	2000,00
HOJA DE LA COL	PARALELEPÍPEDO	25,0	25,0	3,0	1875,00
HOJA DE ACELGA	PARALELEPÍPEDO	40,0	15,0	3,0	1800,00
CUÑA DE SANDÍA	PARALELEPÍPEDO	18,0	4,0	4,0	288,00

TABLA 4.3: Dimensiones aproximadas de los desechos sólidos inorgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS DEL TAMAÑO UNITARIO APROXIMADO DE LOS DESECHOS INORGÁNICOS					
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	DIÁMETRO MEDIO [cm]	LONGITUD/ ALTURA MEDIA [cm]		VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
TARRINAS DE PLÁSTICO	CILINDRO	13,0	13,0		1725,52
BOTELLAS DE PLÁSTICO	CILINDRO	8,0	20,0		1005,31
PLATOS DE CARTÓN	CILINDRO	20,0	2,0		628,32
VASOS DE PLÁSTICO	CILINDRO	6,0	10,0		282,74
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	DIÁMETRO MEDIO [cm]			VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
TIERRAS Y CENIZAS	ESFERA	DESPRECIABLE			DESPRECIABLE
CARTÓN	IRREGULAR				VARIABLE
PAPEL PERIÓDICO	IRREGULAR				VARIABLE
COSTALES O LONAS	IRREGULAR				VARIABLE
FUNDAS PLÁSTICAS	IRREGULAR				VARIABLE
TIPO DE DESECHO	FORMA APROXIMADA	LARGO MEDIO [cm]	ANCHO MEDIO [cm]	ALTURA MEDIA [cm]	VOLUMEN OCUPACIONAL [cm³]
CAJA DE MADERA	PARALELEPÍPEDO	41,0	25,0	24,0	24600,00
PAPEL DEL AZÚCAR	PARALELEPÍPEDO	50,0	40,0	4,0	8000,00
CUBETAS DE CARTÓN	PARALELEPÍPEDO	30,0	30,0	4,0	3600,00

4.1.4 Estudio del Volumen de los Desechos Generados

Los datos aproximados de los ensayos de volumen obtenidos según los contenedores y las naves se resumen en las siguientes tablas:

TABLA 4.4: Volumen aproximado de los desechos según los contenedores.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LOS CONTENEDORES						
Nombre de la Nave	Nombre del Contenedor	ANÁLISIS VOLUMÉTRICO				
		Volumen/ Contenedor [m ³]	% Desechos Orgánicos	% Desechos Inorgánicos	Desechos Orgánicos [m ³]	Desechos Inorgánicos [m ³]
A	A-1	2,25	39,0%	61,0%	0,88	1,37
B	B-1	2,25	44,2%	55,8%	0,99	1,26
B	B-2	2,25	45,8%	54,2%	1,03	1,22
C	C-1	2,25	36,7%	63,3%	0,83	1,43
D	D-1	2,25	85,8%	14,2%	1,93	0,32
F	F-1	2,25	50,0%	50,0%	1,13	1,13
G	G-1	2,25	68,3%	31,7%	1,54	0,71
H	H-1	2,25	51,7%	48,3%	1,16	1,09
H	H-2	2,25	51,0%	49,0%	1,15	1,10
K	K-1	2,25	55,8%	44,2%	1,26	0,99
L	L-1	2,25	95,0%	5,0%	2,14	0,11
L	L-2	2,25	64,2%	35,8%	1,44	0,81
L	L-3	2,25	56,7%	43,3%	1,28	0,98
M	M-1	2,25	84,2%	15,8%	1,89	0,36
M	M-2	2,25	45,8%	54,2%	1,03	1,22
N	N-1	2,25	55,8%	44,2%	1,26	0,99
N	N.2	2,25	68,3%	31,7%	1,54	0,71
O	O-1	2,25	91,7%	8,3%	2,06	0,19
O	O-2	2,25	87,5%	12,5%	1,97	0,28
O	O-3	2,25	85,8%	14,2%	1,93	0,32
O	O-4	2,25	93,3%	6,7%	2,10	0,15
O	O-5	2,25	87,5%	12,5%	1,97	0,28
O	O-6	2,25	85,0%	15,0%	1,91	0,34
P	P-1	2,25	72,5%	27,5%	1,63	0,62
P	P-2	2,25	66,7%	33,3%	1,50	0,75
Q	Q-1	2,25	36,7%	63,3%	0,83	1,43
Q	Q-2	2,25	54,2%	45,8%	1,22	1,03
R	R-1	2,25	75,0%	25,0%	1,69	0,56

TABLA 4.5: Volumen aproximado de los desechos según las naves.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LAS NAVES							
Nombre de la Nave	# de Contenedores	ANÁLISIS VOLUMÉTRICO					
		Volumen/ Nave [m ³]	% en volumen	% Desechos Orgánicos	% Desechos Inorgánicos	Desechos Orgánicos [m ³]	Desechos Inorgánicos [m ³]
A	1	2,25	3,6%	39,0%	61,0%	0,878	1,37
B	2	4,50	7,1%	45,0%	55,0%	2,026	2,48
C	1	2,25	3,6%	36,7%	63,3%	0,825	1,43
D	1	2,25	3,6%	85,8%	14,2%	1,932	0,32
E	0	0,00	0,0%			0,000	0,00
F	1	2,25	3,6%	50,0%	50,0%	1,126	1,13
G	1	2,25	3,6%	68,3%	31,7%	1,538	0,71
H	2	4,50	7,1%	51,3%	48,7%	2,311	2,19
I	0	0,00	0,0%			0,000	0,000
J	0	0,00	0,0%			0,000	0,000
K	1	2,25	3,6%	55,8%	44,2%	1,257	0,994
L	3	6,75	10,7%	79,3%	20,7%	5,353	1,400
LL	0	0,00	0,0%			0,000	0,000
M	2	4,50	7,1%	65,0%	35,0%	2,926	1,576
N	2	4,50	7,1%	62,1%	37,9%	2,795	1,707
Ñ	0	0,00	0,0%			0,000	0,000
O	6	13,51	21,4%	88,5%	11,5%	11,949	1,557
P	2	4,50	7,1%	69,6%	30,4%	3,133	1,369
Q	2	4,50	7,1%	45,4%	54,6%	2,045	2,457
R	1	2,25	3,6%	75,0%	25,0%	1,688	0,563

4.1.5 Estudio de las Densidades Unitarias de los Desechos Sólidos

Los datos obtenidos de los ensayos de densidades unitarias se muestran en la tabla 4.6.

Los resultados de densidad se obtienen aplicando su fórmula de definición:

$$\delta = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \quad (4.1)$$

TABLA 4.6: Densidad unitaria de los desechos sólidos orgánicos más frecuentes del mercado mayorista.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD UNITARIA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS							
N°	TIPO DE DESECHO ORGÁNICO	MASA [g]	VOLUMEN INICIAL DE LÍQUIDO [cm³]	VOLUMEN FINAL DE LÍQUIDO [cm³]	VOLUMEN [cm³]	DENSIDAD [g/cm³]	DENSIDAD [kg/m³]
1	CÁSCARA DE HUEVO	3,9	500	502,5	2,5	1,560	1560
2	TRONCO DE BRÓCOLI	288,3	1300	1515	215,0	1,341	1341
3	HOJA DE PIÑA	186,3	1300	1460	160,0	1,164	1164
4	PAPA	22,3	450	470	20,0	1,115	1115
5	LIMÓN	23,0	450	472,5	22,5	1,022	1022
6	NARANJILLA	49,1	450	500	50,0	0,982	982
7	GUAYABA	58,9	1300	1360	60,0	0,982	982
8	NARANJA	176,4	1300	1480	180,0	0,980	980
9	TRONCO DE MADURO	332,7	1300	1645	345,0	0,964	964
10	TOMATE DE RIÑÓN	76,7	1300	1380	80,0	0,959	959
11	PEPINILLO	228,9	1300	1540	240,0	0,954	954
12	ACELGA	81,5	1300	1390	90,0	0,906	906
13	CASCARA DE FRÉJOL	9,0	450	460	10,0	0,900	900
14	HOJA DE CHOCLO	73,3	1300	1385	85,0	0,862	862
15	PEREJIL	77,5	1300	1390	90,0	0,861	861
16	MANDARINA	169,3	1300	1500	200,0	0,847	847
17	RÁBANO	33,6	450	490	40,0	0,840	840
18	CEBOLLA ROJA	36,9	450	495	45,0	0,820	820
19	TOMATE DE ÁRBOL	85,7	1300	1405	105,0	0,816	816
20	CEBOLLA BLANCA	4,0	450	455	5,0	0,800	800
21	HOJA DE COL	31,8	1300	1340	40,0	0,795	795
22	HOJA DE BRÓCOLI	66	1300	1385	85,0	0,776	776
23	CÁSCARA DE HABA	7,5	450	460	10,0	0,750	750
24	LECHUGA	101,1	1300	1440	140,0	0,722	722
25	PIMIENTO	99,8	1300	1440	140,0	0,713	713
26	GRANADILLA	48,6	1300	1390	90,0	0,540	540
27	HOJA DE PLÁTANO	7,5	1300	1318	18,0	0,417	417

TABLA 4.7: Densidad unitaria de los desechos sólidos inorgánicos más frecuentes del mercado mayorista.

Fuente: Díaz Luis, *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*; Autor.

ANÁLISIS DE LA DENSIDAD UNITARIA DE LOS DESECHOS SÓLIDOS INORGÁNICOS					
N°	TIPO DE DESECHO INORGÁNICO	MASA [g]	VOLUMEN [cm³]	DENSIDAD [g/cm³]	DENSIDAD [kg/m³]
1	PLÁSTICO	-	-	1,038	1038
2	OTROS (LONAS, SACOS)	-	-	0,900	900
3	TIERRA	3,8	5,0	0,760	760
4	PAPEL	-	-	0,710	710
5	CARTÓN	-	-	0,700	700
6	MADERA	-	-	0,600	600

Donde:

δ : Densidad [kg/m³].

m: Masa [kg].

V: Volumen [m³].

4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el ensayo previo se puede determinar los siguientes parámetros:

4.2.1 Tamaño de Partícula de los Desechos Sólidos

El tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos es una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos. El tamaño de un componente se puede definir mediante una de las siguientes medidas: [9]

$$S = l \quad [\text{cm}] \quad (4.2)$$

$$S = \left(\frac{l+a}{2}\right) \quad [\text{cm}] \quad (4.3)$$

$$S = \left(\frac{l+a+h}{3}\right) \quad [\text{cm}] \quad (4.4)$$

$$S = \sqrt{l * a} \quad [\text{cm}] \quad (4.5)$$

$$S = \sqrt[3]{l * a * h} \quad [\text{cm}] \quad (4.6)$$

Donde:

S: Tamaño de la partícula [cm]

l: Largo [cm]

a: Ancho [cm]

h: Altura [cm]

En el presente análisis se utiliza el promedio de los tamaños obtenidos con las ecuaciones 4.4 y 4.6, con lo que se obtiene las siguientes dimensiones de los desechos que se generan con mayor frecuencia en el mercado mayorista:

TABLA 4.8: *Tamaño de partícula aproximado de los desechos sólidos orgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.*

Fuente: Autor.

TAMAÑO UNITARIO APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS					
TIPO DE DESECHO	DIÁMETRO MEDIO[cm]	LONGITUD/ ALTURA MEDIA[cm]	TAMAÑO DE PARTÍCULA (L+A+H)/3	TAMAÑO DE PARTÍCULA (L*A*H)^1/3	TAMAÑO MEDIO [cm]
TALLO DEL PLÁTANO	10,0	100,0	40,0	21,5	30,8
EUCALIPTO	10,0	40,0	20,0	15,9	17,9
HOJA DEL MAÍZ	9,0	33,0	17,0	13,9	15,4
TRONCO DE BRÓCOLI	15,0	10,0	13,3	13,1	13,2
TALLO DE PIÑA	6,0	25,0	12,3	9,7	11,0
TRONCO DEL MAÍZ Y PALOS	2,5	100,0	35,0	8,5	21,8
PIMIENTO	5,0	12,0	7,3	6,7	7,0
TUZA DEL MAÍZ	3,0	12,0	6,0	4,8	5,4
HOJA DE CEBOLLA BLANCA	1,3	24,0	8,9	3,4	6,2
HOJAS DE HABAS	1,5	12,0	5,0	3,0	4,0
HOJAS DE FRÉJOL	1,0	12,5	4,8	2,3	3,6
TIPO DE DESECHO	DIÁMETRO MEDIO[cm]				TAMAÑO MEDIO [cm]
CÁSCARA DE COCO	14,0				14,0
NARANJA	8,0				8,0
NARANJILLA	6,0				6,0
PAPA Y MANDARINA	5,5				5,5
LIMÓN	3,5				3,5

TABLA 4.8: Tamaño de partícula aproximado de los desechos sólidos orgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista. (Continuación)

Fuente: Autor.

TAMAÑO UNITARIO APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS						
TIPO DE DESECHO	LARGO MEDIO[cm]	ANCHO MEDIO[cm]	ALTURA MEDIA[cm]	TAMAÑO DE PARTÍCULA 1 (L+A+H)/3	TAMAÑO DE PARTÍCULA 2 (L*A*H)^1/3	TAMAÑO MEDIO [cm]
HOJAS DE FRUTAS COSTEÑAS	50,0	20,0	2,0	24,0	12,6	18,3
HOJA DE LA COL	25,0	25,0	3,0	17,7	12,3	15,0
HOJA DE ACELGA	40,0	15,0	3,0	19,3	12,2	15,7
CUÑA DE SANDÍA	18,0	4,0	4,0	8,7	6,6	7,6

TABLA 4.9: Tamaño de partícula aproximado de los desechos sólidos inorgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista.

Fuente: Autor.

TAMAÑO UNITARIO APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS INORGÁNICOS						
TIPO DE DESECHO	DIÁMETRO MEDIO[cm]	LONGITUD/ ALTURA MEDIA[cm]		TAMAÑO DE PARTÍCULA 1 (L+A+H)/3	TAMAÑO DE PARTÍCULA 2 (L*A*H)^1/3	TAMAÑO MEDIO [cm]
TARRINAS DE PLÁSTICO	13,0	13,0		13,0	13,0	13,0
BOTELLAS DE PLÁSTICO	8,0	20,0		12,0	10,9	11,4
PLATOS DE CARTÓN	20,0	2,0		14,0	9,3	11,6
VASOS DE PLÁSTICO	6,0	10,0		7,3	7,1	7,2
TIPO DE DESECHO	LARGO MEDIO[cm]	ANCHO MEDIO[cm]	ALTURA MEDIA[cm]	TAMAÑO DE PARTÍCULA 1 (L+A+H)/3	TAMAÑO DE PARTÍCULA 2 (L*A*H)^1/3	TAMAÑO MEDIO [cm]
CAJA DE MADERA	41,0	25,0	24,0	30,0	29,1	29,5
PAPEL DEL AZÚCAR	50,0	40,0	4,0	31,3	20,0	25,7
CUBETAS DE HUEVOS	30,0	30,0	4,0	21,3	15,3	18,3

Al graficar los datos de las tablas 4.8 y 4.9, se tiene:

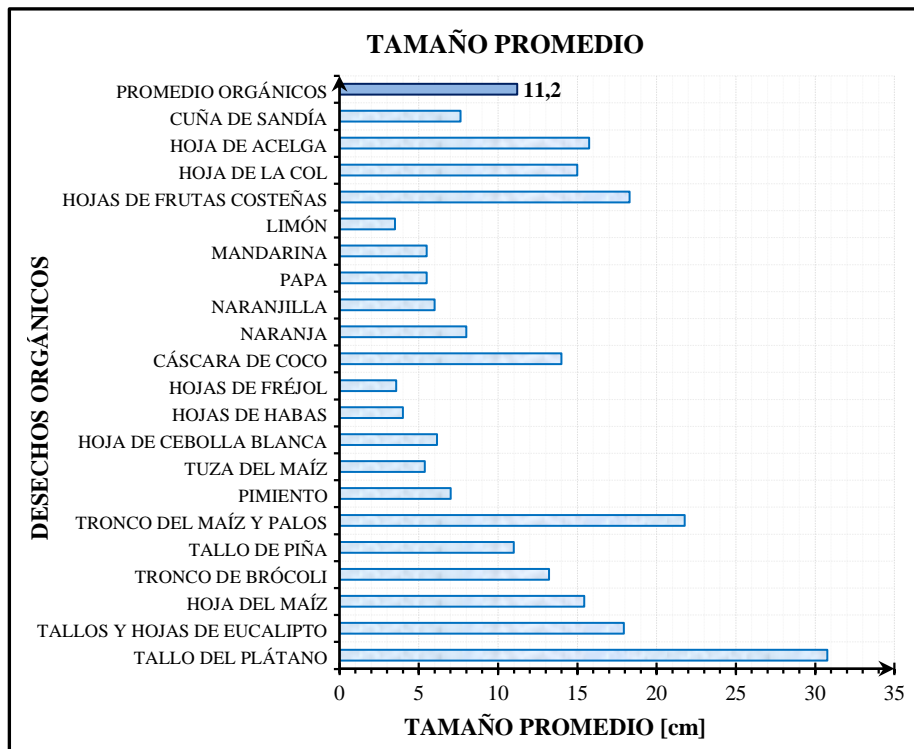


GRÁFICO 4.1: *Tamaño promedio aproximado de los desechos sólidos orgánicos.*

Fuente: Autor.

Se aprecia que el desecho orgánico de mayor tamaño es el tallo del plátano con 30,8 cm y el de menor tamaño es el limón con 3,5 cm. El promedio del tamaño de los desechos orgánicos es de 11,2 cm.

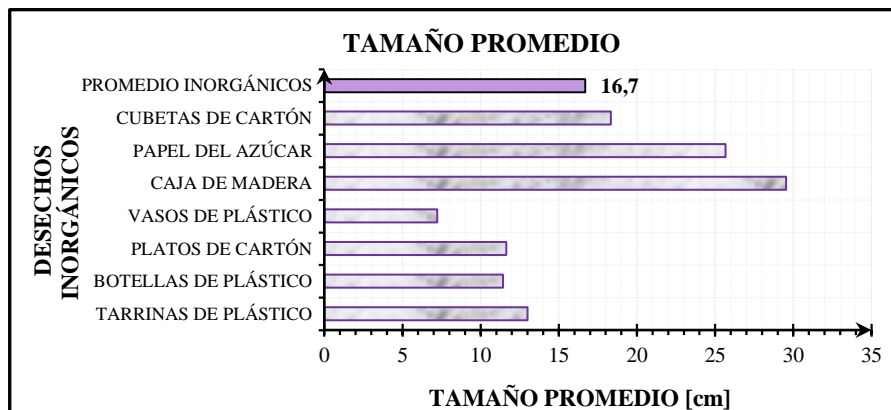


GRÁFICO 4.2: *Tamaño promedio aproximado de los desechos sólidos inorgánicos.*

Fuente: Autor.

Entre los desechos inorgánicos que presentan dimensiones estables y se generan con mayor frecuencia, se tiene que el más grande es la caja de madera con 29,5

cm, mientras que el más pequeño es el vaso de plástico con 7,2 cm. El tamaño promedio de los desechos inorgánicos es de 16,7 cm.

A continuación se muestran unos gráficos de tamaños de desechos sólidos:

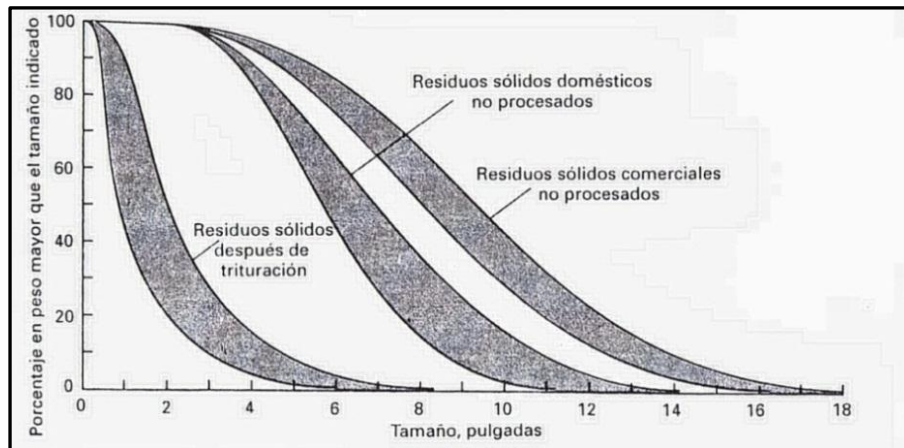


GRÁFICO 4.3: Distribución típica de partícula para la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos antes y después de la trituración, excluyendo residuos de jardín.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

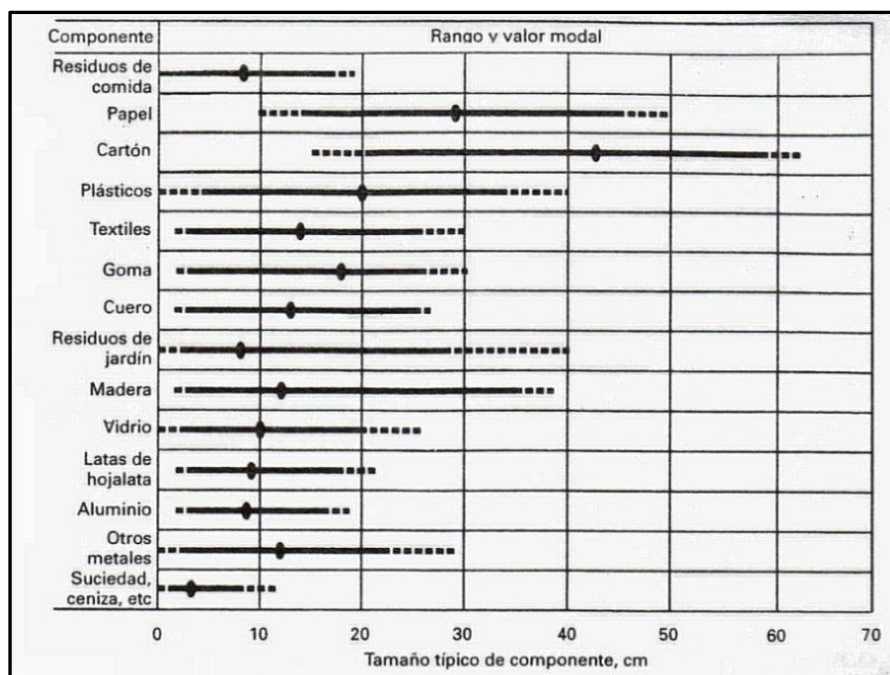


GRÁFICO 4.4: Distribución típica del tamaño de los componentes encontrados en los residuos sólidos urbanos domésticos.

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Del gráfico 4.4 se observa que el tamaño típico de los desechos sólidos orgánicos (residuos de comida y jardín) es aproximadamente 9 cm.

4.2.2 Densidades Unitarias de los Desechos Sólidos

Del ensayo realizado (tablas 4.6 y 4.7) se obtienen los siguientes gráficos:

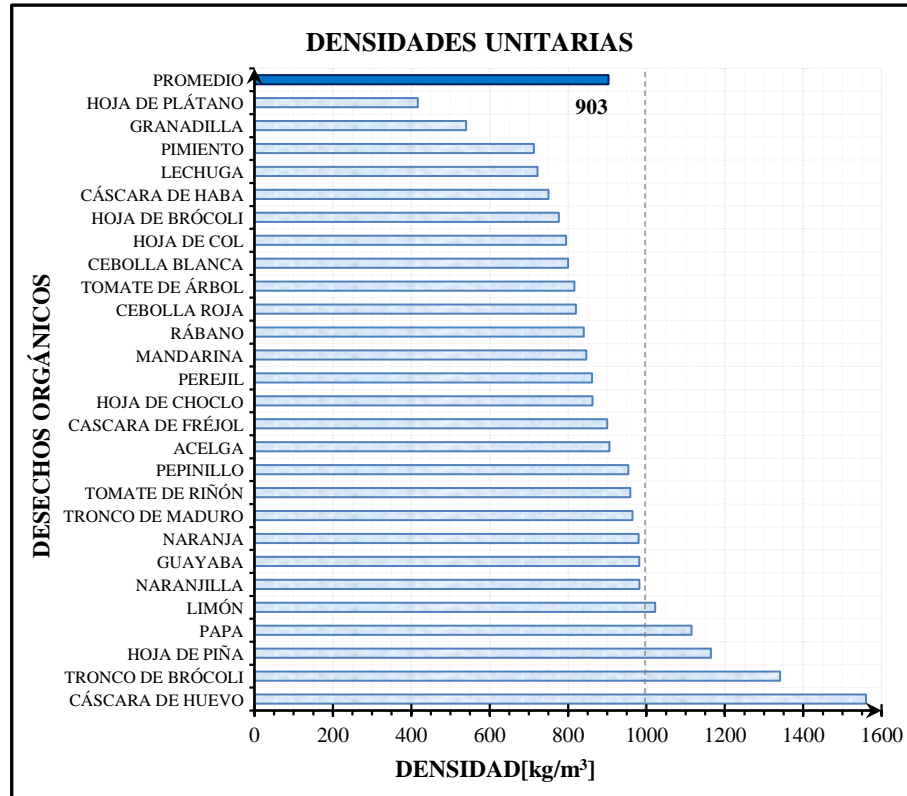


GRÁFICO 4.5: Densidades unitarias de los desechos sólidos orgánicos.

Fuente: Autor.

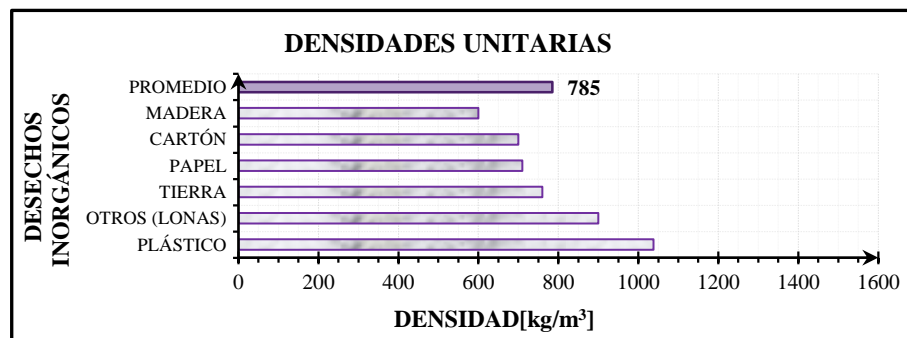


GRÁFICO 4.6: Densidades unitarias de los desechos sólidos inorgánicos.

Fuente: Autor.

Se aprecia que el promedio de la densidad unitaria de los desechos orgánicos es de 903 kg/m^3 , mientras que la de los inorgánicos es de 785 kg/m^3 . Además se tiene que entre los desechos más densos están la cáscara de huevo, el tronco del brócoli, el tronco de la piña y la papa, sobrepasando la densidad del agua (1000 kg/m^3).

4.2.3 Número de Contenedores por Nave

El número de contenedores por nave se resume en el siguiente gráfico:

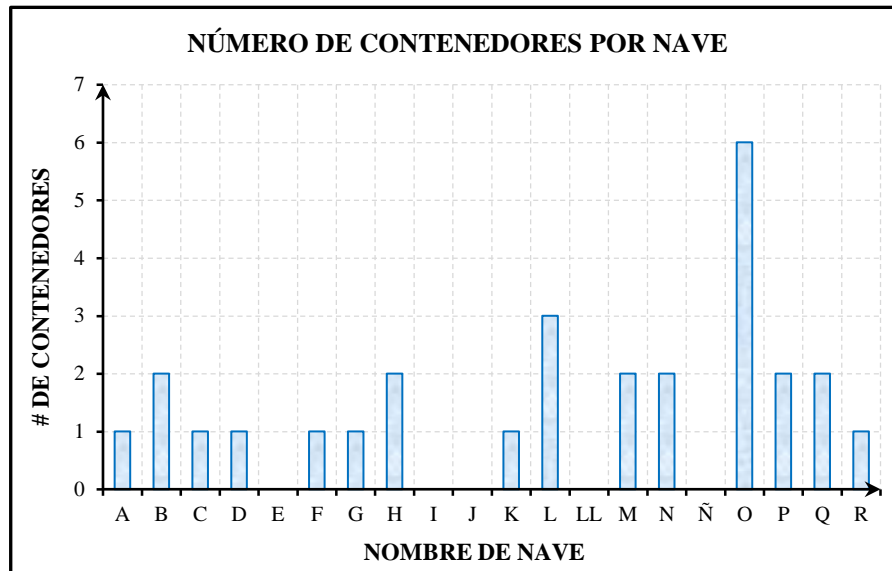


GRÁFICO 4.7: Número de contenedores por nave.

Fuente: Autor.

En la gráfica se observa que la nave que tiene un mayor número de contenedores es la “O”, seguida por la “L”; mientras que existen naves que no poseen contenedores para el almacenamiento de desechos, tal es el caso de las naves: “E”, “I”, “J”, “LL” y “Ñ”.

A continuación se presenta varios análisis volumétricos aproximados de los desechos sólidos del mercado mayorista:

4.2.4 Volumen de los Desechos Sólidos Generados por Nave

Se puede establecer el volumen de desechos que produce cada nave en base al número de contenedores existentes en la misma, de esta manera se obtiene el gráfico 4.8:

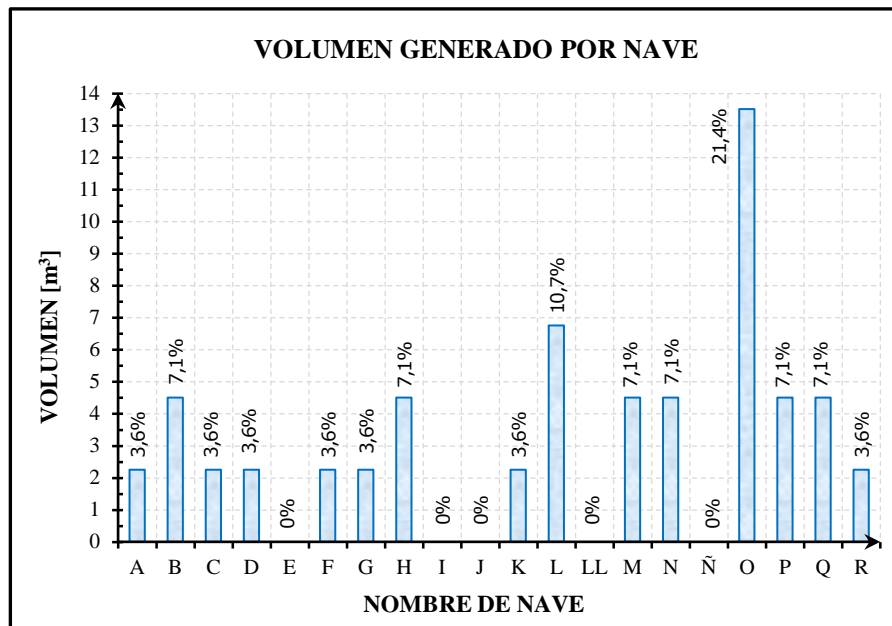


GRÁFICO 4.8: Volumen de desechos generados por nave.

Fuente: Autor.

La gráfica 4.8 muestra que la nave “O” es la mayor productora de desechos con un valor de 13,51 m³, que representa el 21,4% del volumen total de los desechos generados en el mercado mayorista.

4.2.5 Composición en Porcentaje Volumétrico de los Desechos Sólidos Generados por Contenedor

El gráfico 4.9 presenta la composición en porcentaje volumétrico de los desechos sólidos que existen por cada contenedor, de donde se observa que los contenedores en los que predominan los desechos orgánicos en gran mayoría son: “D-1”, “L-1”, “M-1”, “O-1”, “O-2”, “O-3”, “O-4”, “O-5”, “O-6” y “R-1” con un porcentaje mayor al 75% de volumen, por lo tanto dichos contenedores serían los mayores productores de abono orgánico.

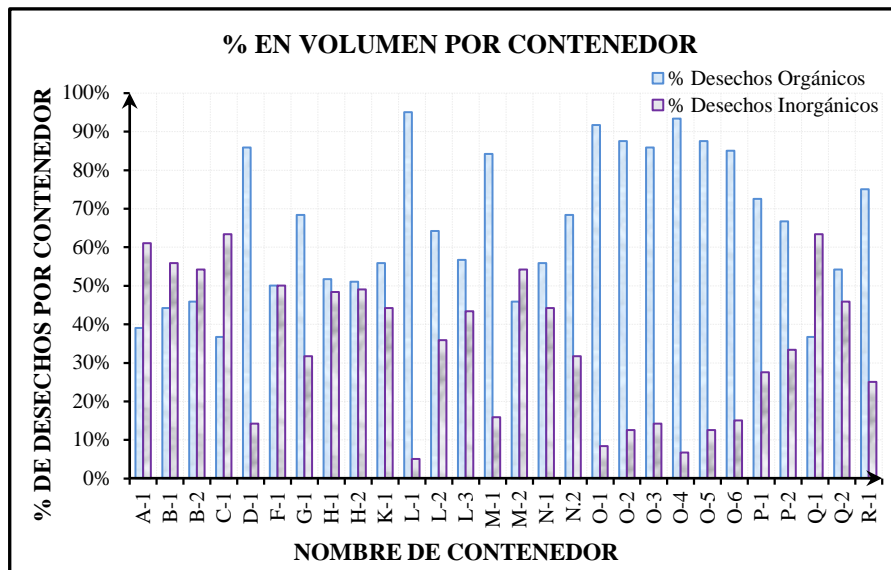


GRÁFICO 4.9: Porcentaje volumétrico de desechos por contenedor.
Fuente: Autor.

4.2.6 Composición en Porcentaje Volumétrico de los Desechos Sólidos Generados por Nave

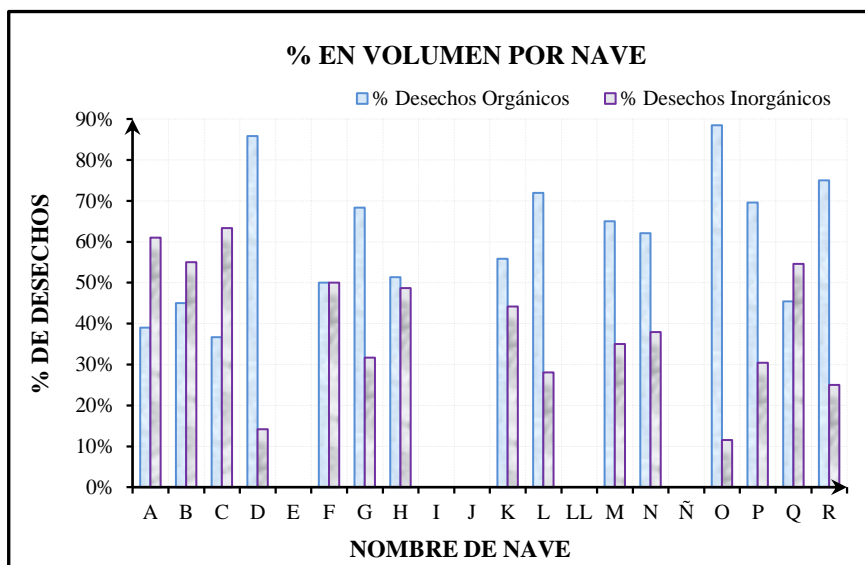


GRÁFICO 4.10: Porcentaje volumétrico de desechos por nave.
Fuente: Autor.

Del gráfico 4.10 se aprecia que las naves “D”, “O” y “R” son las que en promedio generan mayor porcentaje de desechos orgánicos en relación a los inorgánicos, sobrepasando el 75% del volumen.

4.2.7 Composición en Volumen de los Desechos Sólidos Generados por Nave

El siguiente gráfico muestra el volumen de desechos orgánicos e inorgánicos que produce cada nave por día:

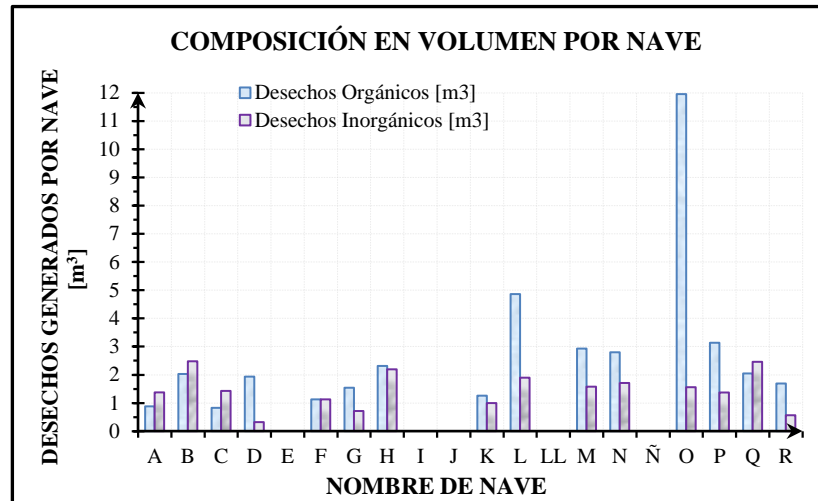


GRÁFICO 4.11: Volumen de desechos orgánicos e inorgánicos por nave.

Fuente: Autor.

Se observa que la nave “O” es la mayor productora de desechos orgánicos con una cantidad aproximada de 12 m³/día, seguida por la nave “L” que genera 4,9 kg/día.

El siguiente gráfico muestra la cantidad volumétrica de los desechos sólidos orgánicos en relación a la totalidad de los desechos sólidos generados por nave:

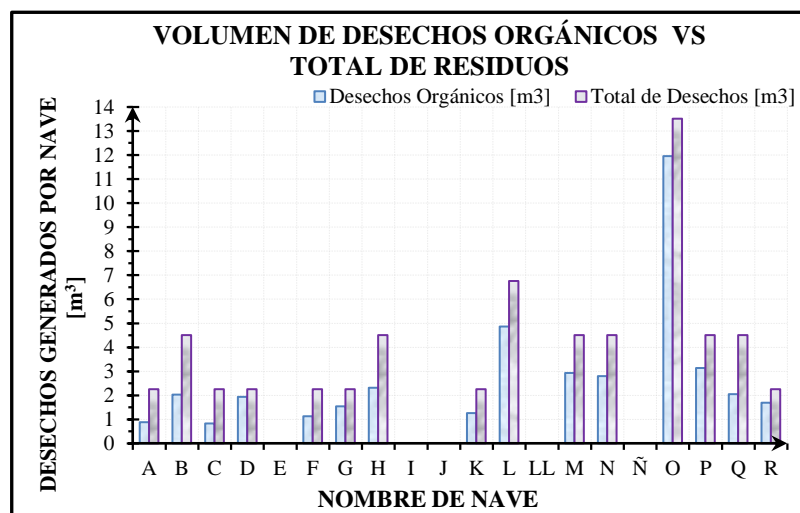


GRÁFICO 4.12: Volumen de desechos orgánicos en relación a los desechos sólidos generados por nave.

Fuente: Autor.

4.2.8 Composición en Porcentaje Volumétrico Promedio de los Desechos Generados por Nave

El porcentaje de volumen promedio aproximado de desechos orgánicos e inorgánicos generados por nave se resume en el siguiente gráfico:

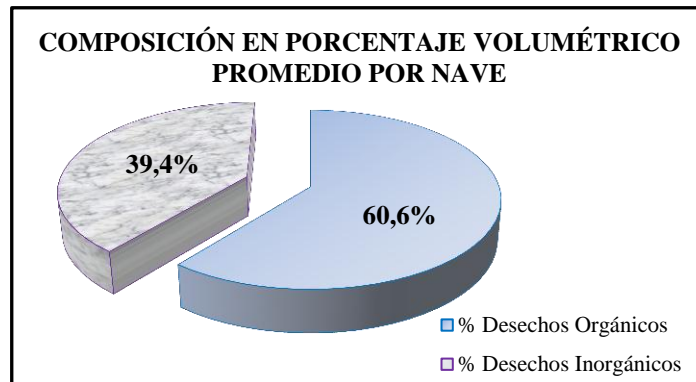


GRÁFICO 4.13: *Porcentaje volumétrico de desechos sólidos generados por nave.*

Fuente: Autor.

El gráfico 4.13 indica que al analizar el porcentaje volumétrico promedio de los desechos sólidos generados por nave se obtiene una cantidad de 60,6% de desechos orgánicos frente a un 39,4% de desechos inorgánicos.

4.2.9 Composición en Volumen de los Desechos Sólidos Generados

La composición en volumen de los desechos sólidos generados se resume en el siguiente gráfico:

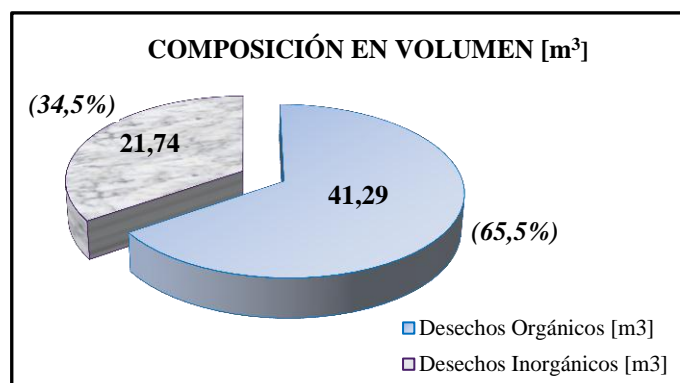


GRÁFICO 4.14: *Composición en volumen de desechos sólidos generados.*

Fuente: Autor.

El gráfico indica que la cantidad de desechos sólidos orgánicos generados es de 41,29 m³, que representa el 65,5% del total de residuos producidos al día. Mientras que los desechos inorgánicos alcanzan un valor de 21,74 m³ (34,5%).

4.2.10 Composición Volumétrica de los Desechos Sólidos Inorgánicos Generados

El gráfico 4.15 presenta la composición volumétrica de los desechos inorgánicos más frecuentes en el mercado mayorista; donde se aprecia que el papel, plástico y cartón son los desechos más frecuentes en el mercado mayorista con porcentajes superiores al 7% del volumen total de desechos generados.

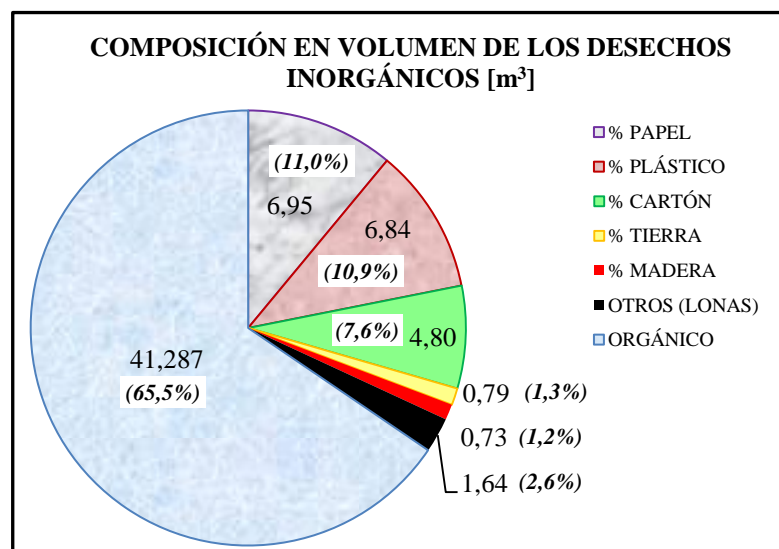


GRÁFICO 4.15: Volumen de desechos sólidos inorgánicos generados.
Fuente: Autor.

4.2.11 Densidades Voluminosas de los Desechos Sólidos

Si se considera que en la acumulación de desechos sólidos existen espacios de aire entre cuerpo y cuerpo, se obtiene los siguientes datos de densidad para residuos sólidos acumulados (densidades voluminosas).

TABLA 4.10: Densidades voluminosas de los desechos sólidos del mercado mayorista.
Fuente: Autor.

DENSIDADES VOLUMINOSAS DE LOS DESECHOS SÓLIDOS							
Tipos de Desechos Sólidos	Masa del Recipiente [kg]	Masa Total [kg]	Masa de la Muestra [kg]	Diámetro del Recipiente [cm]	Altura del Recipiente [cm]	Volumen de la Muestra [m ³]	Densidad [kg/m ³]
Orgánicos e Inorgánicos			13000			63,0302	206,25
Orgánicos	0,4639	3,3890	2,925	24,0	27,5	0,0124	235,12
Inorgánicos							151,42

La densidad para materia orgánica y desechos totales se obtienen con los valores dados en la tabla, aplicando su fórmula de definición (4.1). La densidad de los desechos inorgánicos se obtiene de la siguiente fórmula (basada en la fórmula de la media aritmética), la cual sirve para los desechos del mercado mayorista:

$$\delta_s = \delta_o * \% V_o + \delta_i * \% V_i \quad [\text{kg/m}^3] \quad (4.7)$$

δ_s : Densidad de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos (mezcla) [kg/m³].

δ_o : Densidad de los desechos sólidos orgánicos. [kg/m³].

δ_i : Densidad de los desechos sólidos inorgánicos. [kg/m³].

$\% V_o$: Porcentaje en volumen de los desechos sólidos orgánicos.

$\% V_i$: Porcentaje en volumen de los desechos sólidos inorgánicos.

Al despejar δ_i y resolver se tiene:

$$\delta_i = \frac{\delta_s - \delta_o * \% V_o}{\% V_i} = \frac{206,25 - 235,12 * 0,655}{0,345} = 151,42 \text{ kg/m}^3$$

El mercado mayorista genera una variedad de desechos orgánicos, por tal motivo es complicado realizar ensayos de densidades volumétricas para cada tipo de residuo orgánico. Para el presente estudio se considera que la densidad voluminosa de desechos orgánicos es constante (235,12 kg/m³). Para los residuos inorgánicos se utilizarán las densidades voluminosas de los residuos que se repiten con mayor frecuencia, a continuación se muestra una tabla con dichas densidades:

TABLA 4.11: Densidades voluminosas de los desechos sólidos del mercado mayorista.

Fuente: Díaz Luis, Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales; Tchobanoglous George, Gestión Integral de Residuos Sólidos; Autor.

DENSIDADES VOLUMINOSAS DE LOS RESIDUOS INORGÁNICOS	
TIPO DE INORGÁNICO	DENSIDAD [kg/m³]
TIERRA	760,0
MADERA	237,0
PAPEL	169,0
CARTÓN	129,0
PLÁSTICO	86,5
OTROS (LONAS)	82,6

Ahora se realizarán varios análisis másicos de los desechos sólidos del mercado mayorista, para lo cual se partirá de los análisis volumétricos y de densidades voluminosas. Dichos análisis se fundamentan en la fórmula 4.1.

TABLA 4.12: Masa aproximada de los desechos según los contenedores.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LOS CONTENEDORES						
Nombre de la Nave	Nombre del Contenedor	ANÁLISIS MÁSIKO				
		Desechos Orgánicos [kg]	Desechos Inorgánicos [kg]	Masa/ Contenedor [kg]	% Desechos Orgánicos	% Desechos Inorgánicos
A	A-1	206,42	185,11	391,53	52,7%	47,3%
B	B-1	233,77	175,57	409,34	57,1%	42,9%
B	B-2	242,59	180,14	422,72	57,4%	42,6%
C	C-1	194,07	212,55	406,62	47,7%	52,3%
D	D-1	454,30	54,28	508,58	89,3%	10,7%
F	F-1	264,64	240,32	504,96	52,4%	47,6%
G	G-1	361,68	114,88	476,55	75,9%	24,1%
H	H-1	273,46	199,02	472,48	57,9%	42,1%
H	H-2	269,93	196,02	465,96	57,9%	42,1%
K	K-1	295,52	137,58	433,10	68,2%	31,8%
L	L-1	502,82	24,06	526,88	95,4%	4,6%
L	L-2	339,62	124,98	464,60	73,1%	26,9%
L	L-3	299,93	125,56	425,49	70,5%	29,5%
M	M-1	445,48	71,72	517,20	86,1%	13,9%
M	M-2	242,59	173,42	416,01	58,3%	41,7%
N	N-1	295,52	131,98	427,49	69,1%	30,9%
N	N-2	361,68	131,90	493,57	73,3%	26,7%
O	O-1	485,17	29,06	514,24	94,3%	5,7%

TABLA 4.12: Masa aproximada de los desechos según los contenedores. (Continuación)

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LOS CONTENEDORES						
Nombre de la Nave	Nombre del Contenedor	ANÁLISIS MÁSIKO				
		Desechos Orgánicos [kg]	Desechos Inorgánicos [kg]	Masa/ Contenedor [kg]	% Desechos Orgánicos	% Desechos Inorgánicos
O	O-2	463,12	36,13	499,25	92,8%	7,2%
O	O-3	454,30	51,21	505,51	89,9%	10,1%
O	O-4	494,00	20,56	514,56	96,0%	4,0%
O	O-5	463,12	37,97	501,09	92,4%	7,6%
O	O-6	449,89	47,84	497,73	90,4%	9,6%
P	P-1	383,73	89,99	473,72	81,0%	19,0%
P	P-2	352,85	107,10	459,96	76,7%	23,3%
Q	Q-1	194,07	178,18	372,25	52,1%	47,9%
Q	Q-2	286,69	132,75	419,44	68,4%	31,6%
R	R-1	396,96	82,22	479,18	82,8%	17,2%

TABLA 4.13: Masa aproximada de los desechos según las naves.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LAS NAVES							
Nombre de la Nave	# de Contenedores	ANÁLISIS MÁSIKO					
		Masa/ Nave [kg]	% en masa	Desechos Orgánicos [kg]	Desechos Inorgánicos [kg]	% Desechos Orgánicos	% Desechos Inorgánicos
A	1	391,53	3,0%	206,42	185,11	52,7%	47,3%
B	2	832,06	6,4%	476,35	355,71	57,2%	42,8%
C	1	406,62	3,1%	194,07	212,55	47,7%	52,3%
D	1	508,58	3,9%	454,30	54,28	89,3%	10,7%
F	1	504,96	3,9%	264,64	240,32	52,4%	47,6%
G	1	476,55	3,7%	361,68	114,88	75,9%	24,1%
H	2	938,44	7,2%	543,40	395,04	57,9%	42,1%
K	1	433,10	3,3%	295,52	137,58	68,2%	31,8%
L	3	1416,97	10,9%	1142,37	274,60	80,6%	19,4%
M	2	933,21	7,2%	688,07	245,14	73,7%	26,3%
N	2	921,07	7,1%	657,19	263,87	71,4%	28,6%
O	6	3032,38	23,3%	2809,60	222,77	92,7%	7,3%
O	6	3032,38	23,3%	2809,60	222,77	92,7%	7,3%
P	2	933,68	7,2%	736,58	197,10	78,9%	21,1%
Q	2	791,69	6,1%	480,76	310,92	60,7%	39,3%
R	1	479,18	3,7%	396,96	82,22	82,8%	17,2%

4.2.12 Masa de los Desechos Sólidos Generados por Nave

El siguiente gráfico indica la cantidad en masa que genera cada nave del mercado mayorista por día, donde se puede apreciar que la nave “O” es la mayor productora de desechos con un valor de 3030 kg, que representa el 23,3% del total de los desechos generados en el mercado. La nave “L” es la segunda productora de desechos con 1417 kg (10,9%).

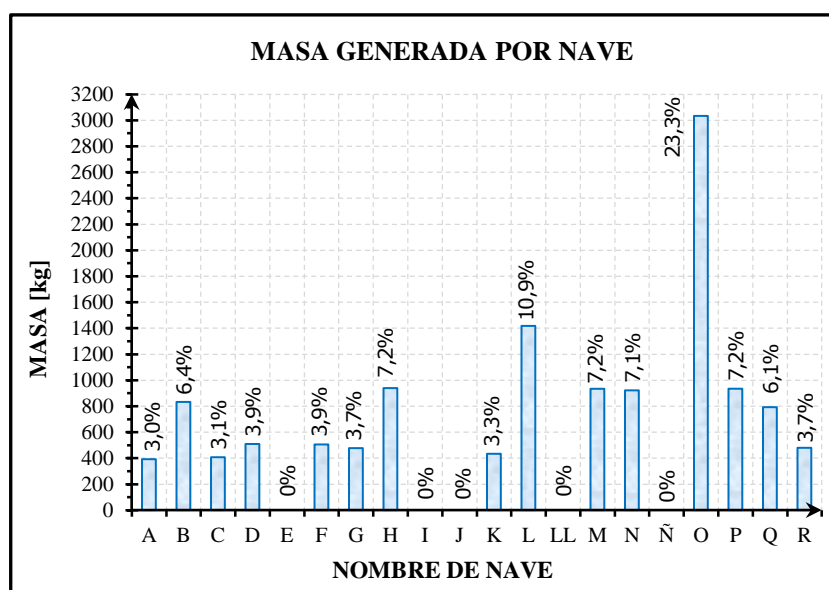


GRÁFICO 4.16: Masa de desechos generados por nave.
Fuente: Autor.

4.2.13 Composición en Porcentaje Másico de los Desechos Sólidos Generados por Contenedor

Del gráfico 4.17 se nota que los contenedores en los que predominan los desechos orgánicos son los siguientes: “D-1”, “L-1”, “M-1”, “O-1”, “O-2”, “O-3”, “O-4”, “O-5”, “O-6”, “P-1” y “R-1” con un porcentaje de masa mayor al 80%.

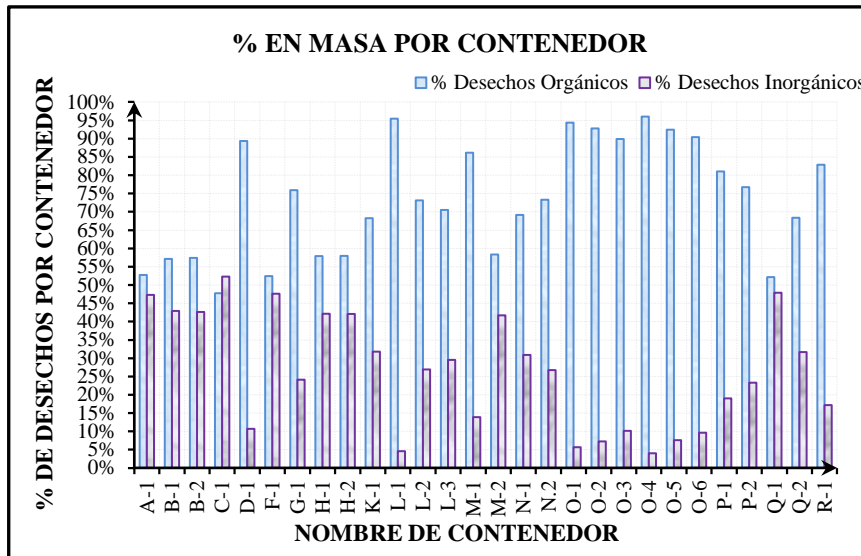


GRÁFICO 4.17: Porcentaje másico de desechos por contenedor.
Fuente: Autor.

4.2.14 Composición en Porcentaje Másico de los Desechos Sólidos Generados por Nave

Al analizar el porcentaje de generación de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos según las naves se tiene el gráfico 4.18, de donde se puede notar que las naves “D”, “L”, “O” y “R” son las naves que en promedio producen mayor porcentaje de desechos orgánicos en comparación a los inorgánicos, sobrepasando el 80% de su masa.

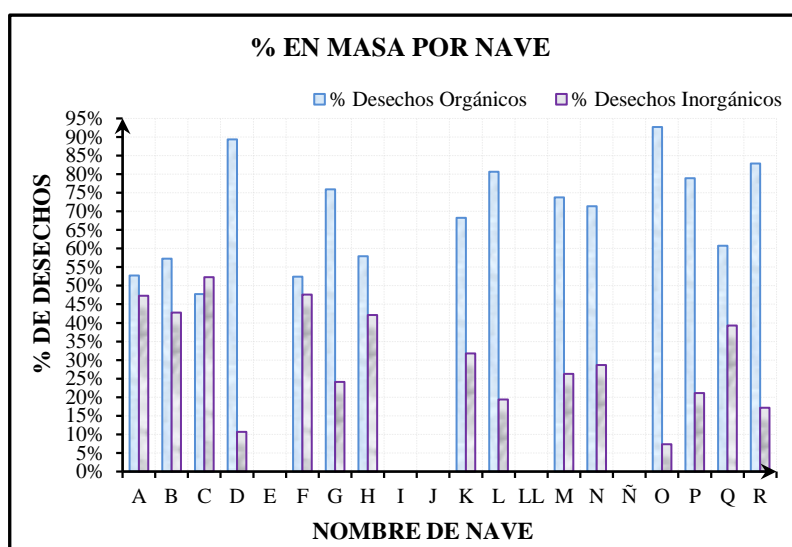


GRÁFICO 4.18: Porcentaje másico de desechos por nave.
Fuente: Autor.

4.2.15 Composición en Masa de los Desechos Sólidos Generados por Nave

El gráfico 4.19 muestra la masa aproximada de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos que produce cada nave por día, donde se puede apreciar que de la nave “O” provienen aproximadamente 2800 kg de desechos sólidos orgánicos, seguida por la nave “L” que produce aproximadamente 1100 kg.

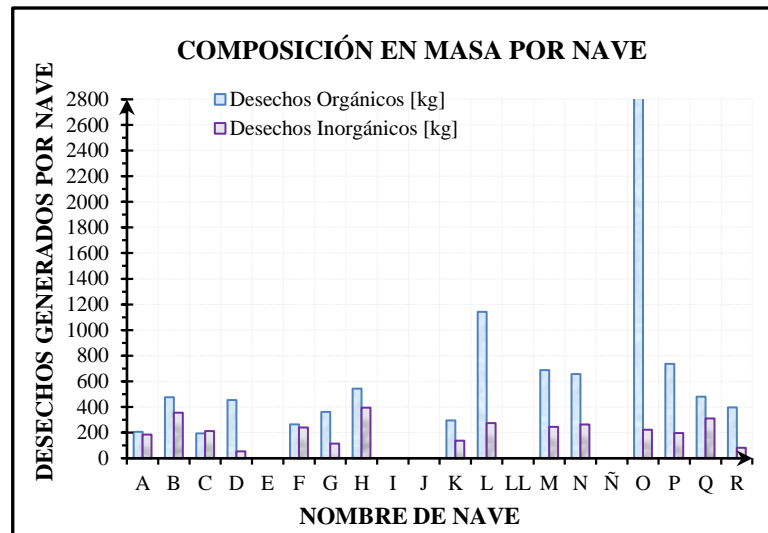


GRÁFICO 4.19: Composición en masa de desechos sólidos por nave.

Fuente: Autor.

En el gráfico 4.20 se aprecia la masa de los desechos sólidos orgánicos en relación a la totalidad de los desechos sólidos generados por nave.

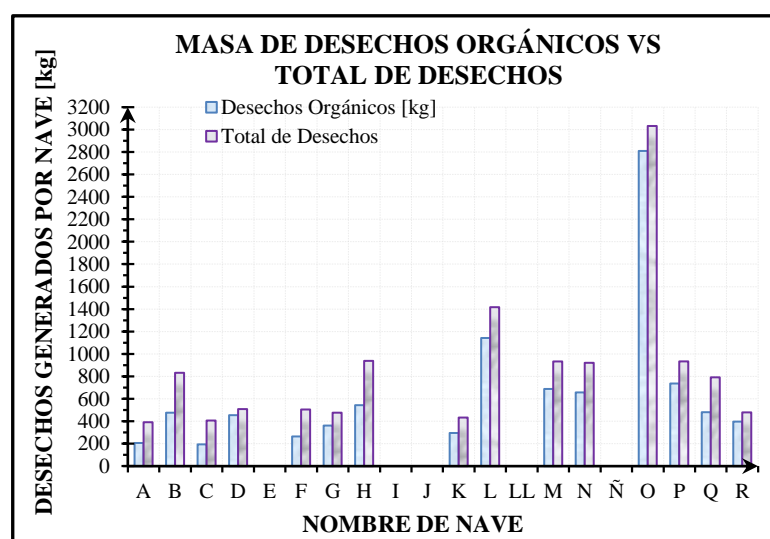


GRÁFICO 4.20: Masa de desechos orgánicos en relación a los desechos sólidos por nave.

Fuente: Autor.

4.2.16 Composición en Porcentaje Másico Promedio de los Desechos Sólidos Generados por Nave

El gráfico 4.21 indica que al analizar el porcentaje másico promedio de los desechos sólidos generados por nave se obtiene una cantidad de 69,5% de desechos orgánicos frente a un 30,5% de desechos inorgánicos.

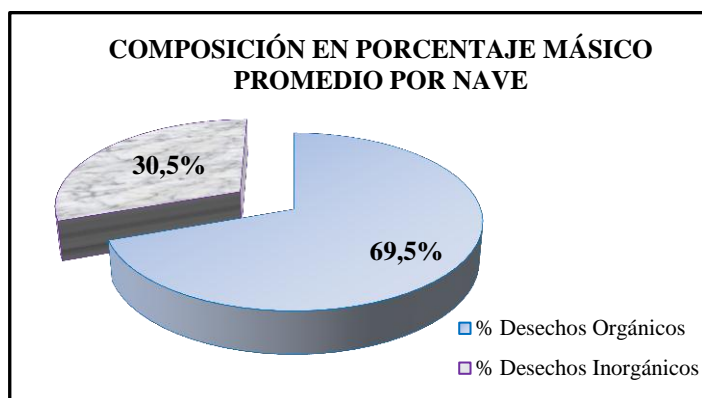


GRÁFICO 4.21: Porcentaje másico promedio de desechos sólidos generados por nave.
Fuente: Autor.

4.2.17 Composición en Masa de Desechos Sólidos Generados

Del gráfico 4.22 se observa que el mercado mayorista genera 9708 kg (74,7%) de residuos sólidos orgánicos, mientras que la cantidad de los inorgánicos es de 3292 kg (25,3%).

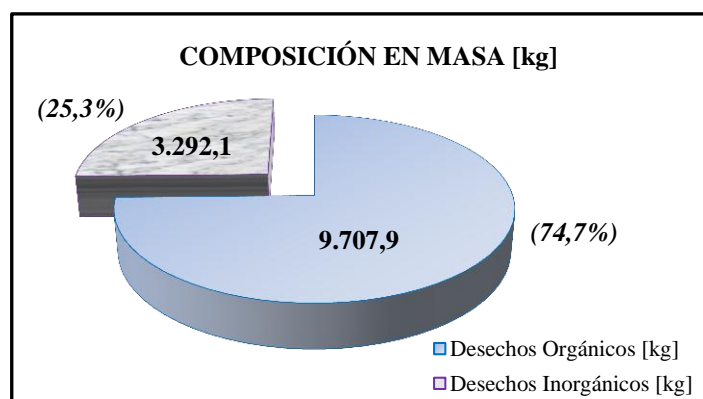


GRÁFICO 4.22: Masa de desechos sólidos generados.
Fuente: Autor.

4.2.18 Composición Másica de los Desechos Sólidos Inorgánicos Generados

De los ensayos realizados se obtiene el gráfico 4.23 con los valores aproximados de porcentaje másico y masa de la composición de los desechos inorgánicos que se producen con mayor frecuencia en el mercado mayorista. Este estudio se realizó haciendo un análisis por cada contenedor:

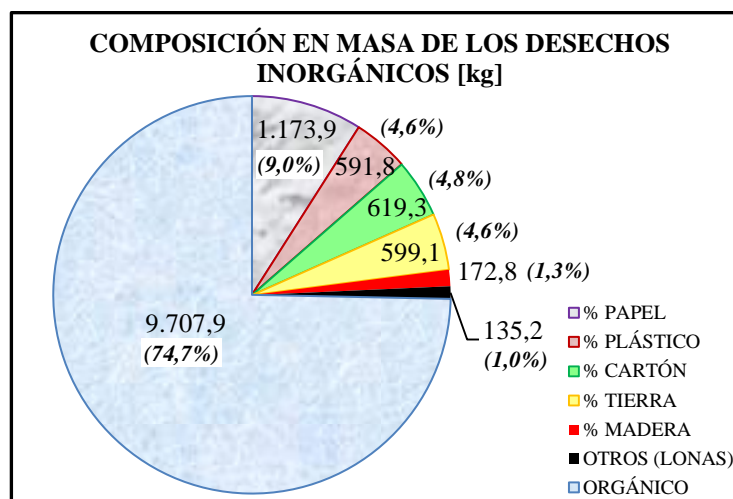


GRÁFICO 4.23: Masa de desechos sólidos inorgánicos generados.

Fuente: Autor.

Del gráfico 4.23 se puede notar que el desecho inorgánico que se produce en mayor cantidad es el papel con una masa aproximada de 1173,91 kg (9,03% del total de los desechos), seguido de los plásticos de varias clases, cartón y tierra con porcentajes superiores al 4,5% en masa, además se producen desechos en porcentajes menores como madera y sacos o lonas.

TABLA 4.14: Naturaleza de los residuos sólidos en Ecuador.

Fuente: Análisis Sectorial de Residuos Sólidos Ecuador, mayo 2002.

NATURALEZA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN ECUADOR		
MATERIAL	PORCENTAJE [%]	PRODUCCIÓN [ton/día]
Materia Orgánica	71,4	5298
Papel y cartón	9,6	709
Plástico	4,5	336
Vidrio	3,7	274
Metales	0,7	53
Total	100	7420

La tabla 4.14 muestra que a nivel nacional se produce una cantidad de residuos sólidos orgánicos equivalente al 71,4% del total de los desechos, siendo una materia prima apreciable para la producción de compost.

TABLA 4.15: Composición física típica de los residuos sólidos urbanos, excluyendo materiales reciclados y residuos de comida desechados con las aguas residuales (1990).

Fuente: Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

Componente	Porcentaje en peso			
	Estados Unidos ^a		Materiales de embalaje ^c	Davis, California ^d
	Rango	Típico ^b		
Orgánico				
Residuos de comida	6-8	9,0	—	6,0
Papel	25-40	34,0	50-60	33,1
Cartón	3-10	6,0		7,9
Plásticos	4-10	7,0	12-16	10,7
Textiles	0-4	2,0	—	2,4
Goma	0-2	0,5	—	2,5
Cuero	0-2	0,5	—	0,1
Residuos de jardín	5-20	18,5	—	17,7
Madera	1-4	2,0	4-8	5,0
Orgánicos misceláneos	—	—	—	0,4
Inorgánicos				
Vidrio	4-12	8,0	20-30	5,8
Latas de hojalata	2-8	6,0	6-8	3,9
Aluminio	0-1	0,5	2-4	0,4
Otros metales	1-4	3,0	—	3,6
Suciedad, cenizas, etc.	0-6	3,0	—	0,5
Total		100,0		100,0

En la tabla 4.15 se presenta los porcentajes máxicos de desechos inorgánicos domésticos generados, según la cual se observa que el desecho que se genera en mayor porcentaje es el papel, llegando a un valor de 34% del total de los desechos sólidos producidos.

Cabe mencionar que en dicha tabla se considera orgánico todo desechos que contiene carbono. Mientras que para el actual estudio se ha venido considerando como desecho orgánico a los desechos que son fermentables (residuos de comida, residuos de jardín).

4.2.19 Procesos Unitarios para la Separación de Desechos Sólidos

De los estudios realizados se obtiene la tabla 4.16, donde se muestra las características principales de cada uno de los procesos más comunes utilizados para la clasificación de los residuos sólidos.

De los procesos unitarios de la tabla 4.16 se aprecia que el de separación manual cumple de mejor manera con el requerimiento necesario debido a que los desechos de estudio se generan en una cantidad menor a 20 ton.

TABLA 4.16: Análisis de los procesos unitarios para la separación de los desechos sólidos.

Fuente: Díaz Luis, *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*; Tchobanoglous George, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*; Autor.

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS UNITARIOS MÁS COMUNES PARA LA SEPARACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS			
PROCESO DE SEPARACIÓN	MEDIO O FORMA DE SEPARACIÓN	MÁQUINAS DE SEPARACIÓN	REQUERIMIENTOS NECESARIOS
SEPARACIÓN MANUAL	Tipo de Residuo	Banda de Selección Manual	Cantidad de basura menor o igual a 20 toneladas por día
SEPARACIÓN NEUMÁTICA	Diferencia de Peso	Sistema de Clasificación Neumática	Diferencia considerable de peso entre los desechos a separar
CRIBACIÓN	Diferencia de Tamaño	Criba (Trómel)	Diferencia considerable de tamaño entre los desechos a separar
SEPARACIÓN MAGNÉTICA	Metales Férricos	Bandas Transportadoras con Imanes	Porcentaje representativo de metales férricos existentes en los desechos sólidos.

Si existiera la posibilidad de utilizar la combinación de dos procesos para la separación de la materia orgánica e inorgánica, los más convenientes para este caso serán los de separación manual y el de cribación.

4.2.20 Contaminantes Residuales del Mercado Mayorista

Las principales causas de la contaminación residual en el mercado mayorista son:

1. *Desborde de los desechos sólidos fuera de los contenedores.* Esto se produce por la falta de capacidad de almacenamiento de los contenedores existentes o por la ubicación inadecuada de algunos contenedores, depositando así los comerciantes en contenedores que ya se encuentran llenos. La figura 4.4 muestra fotografías donde se evidencia este fenómeno de contaminación residual.



FIGURA 4.4: Desborde de los desechos fuera de los contenedores.

Fuente: Autor.

2. *Arrojo de los desechos sólidos en las esquinas o rincones del piso.* Esto se produce por la falta de educación y comodidad de las personas o por la lejanía del contenedor más cercano. En la figura 4.5 se observa la presencia de desechos sólidos en diversas naves del mercado.
3. *Depósito de la basura fuera de los contenedores.* Este fenómeno se produce en la mayor parte por la prisa que tienen los comerciantes de deshacerse pronto de los desechos y no se fijan que están contaminando la zona periférica de los contenedores. En la figura 4.6 se aprecia esta causa de la contaminación.
4. *Presencia de líquidos lixiviados.* La acelerada descomposición de los desechos sólidos orgánicos y la humedad excesiva que estos poseen generan líquidos lixiviados que afectan a los contenedores y al suelo (ver figura 4.7).



FIGURA 4.5: Arrojo de los desechos en las esquinas o rincones de piso.

Fuente: Autor.



FIGURA 4.6: Depósito de los desechos fuera de los contenedores.

Fuente: Autor.



FIGURA 4.7: Presencia de líquidos lixiviados en las periferias de los contenedores.
Fuente: Autor.



FIGURA 4.8: Deficiente recolección de los desechos y escasa limpieza de contenedores.
Fuente: Autor.

5. *Deficiente recolección de los desechos.* La limpieza del mercado inicia a las 11h30 y finaliza a las 18h00, mientras que el camión recolector empieza su labor a las 14h30 y finaliza a las 16h30, dejando así parte de los desechos para la recolección en la próxima jornada de comercialización. Los desechos que no se lograron recoger en su día de generación se empiezan a descomponer y a producir malos olores (ver figura 4.8).
6. *Escasa limpieza y mantenimiento de los contenedores.* Una vez que el carro recolector ha concluido su trabajo se evidencia la inexistencia de limpieza y mantenimiento de los contenedores. Esta causa se aprecia mediante la observación de una capa de desechos que se queda adherida a la base de los contenedores. Estos desechos atraen rápidamente a moscos por su fuerte olor ya que se encuentran en avanzado estado de descomposición (ver figura 4.8).

Las principales consecuencias de la contaminación residual son: el deterioro de los contenedores, daño del suelo en las zonas periféricas a la ubicación de los contenedores (ver figura 4.9) y la presencia de moscos por malos olores.



FIGURA 4.9: Deterioro de los contenedores y daño del suelo cercano a ellos.

Fuente: Autor.

4.2.21 Número de Contenedores Necesarios por Nave

Si se desea empezar con una separación entre desechos orgánicos e inorgánicos en origen (mercado mayorista) para evitar el desbordamiento de los residuos fuera de los recipientes, es necesaria la construcción de contenedores de dos colores distintos para diferenciar lo orgánico de lo inorgánico. Los contenedores en este caso pueden ser: verdes para los desechos orgánicos y negros para los inorgánicos. El número de contenedores necesarios para cada nave se determinan en base a la cantidad volumétrica de generación de los desechos sólidos por nave, además toma un papel muy importante la capacidad volumétrica que posea cada contenedor. Lo más recomendable en este caso para reducir el costo de inversión (mercado mayorista) será utilizar los contenedores existentes y realizar la construcción del sobrante del número necesario para abastecer la capacidad que produce el mercado. Entonces el volumen de los contenedores será el utilizado anteriormente (2,25 m³).

TABLA 4.17: Análisis de los contenedores existentes y necesarios por nave.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS DE LOS CONTENEDORES					
Nombre de la Nave	Existentes por Nave	Necesarios por Nave			Faltantes por Nave
		Verdes (Orgánico)	Negros (Inorgánico)	Total	
A	1	1	1	2	1
B	2	1	2	3	1
C	1	1	1	2	1
D	1	1	1	2	1
F	1	1	1	2	1
G	1	1	1	2	1
H	2	2	1	3	1
K	1	1	1	2	1
L	3	3	1	4	1
M	2	2	1	3	1
N	2	2	1	3	1
O	6	6	1	7	1
P	2	2	1	3	1
Q	2	1	2	3	1
R	1	1	1	2	1
TOTAL	28	26	17	43	15

La tabla anterior muestra que al menos se debe aumentar un contenedor por nave (a excepción de las naves “E”, “I”, “J”, “LL” y “Ñ”, que son poco generadoras de desechos). El siguiente gráfico muestra el número de contenedores verdes y negros que son necesarios por nave:

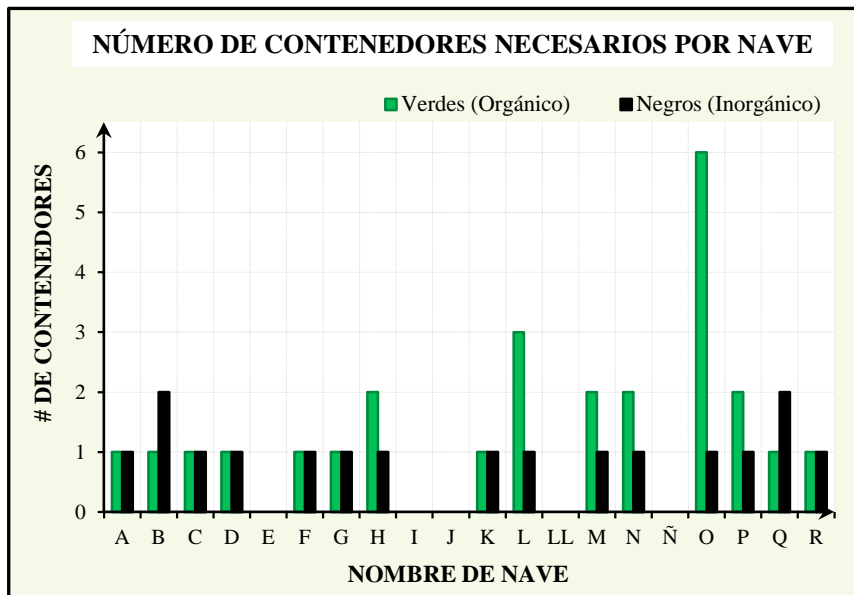


GRÁFICO 4.24: Número de contenedores necesarios por nave.

Fuente: Autor.

La figura 4.10 muestra una distribución adecuada de los contenedores verdes y negros necesarios en las naves para promover la separación de lo orgánico e inorgánico y así reducir la contaminación residual.

Para poder tener una separación adecuada en origen, se necesita de 43 contenedores, por lo tanto el mercado debería adquirir 15 contenedores, además se debería pintar a los mismos de los colores mencionados. Cada contenedor tiene un costo de \$800, por lo tanto la inversión del mercado sería de \$12000 con el propósito de reducir la contaminación residual.

4.2.22 Limpieza y Recolección Organizada de los Desechos Sólidos

La reducción de la contaminación residual también depende del adecuado orden de limpieza y recolección de los residuos sólidos. La limpieza se realiza de 11h30 a 18h00 de manera simultánea con la presencia de 9 trabajadores distribuidos dos

en cada zona y uno en el exterior del mercado. Para la recolección se debe tomar en cuenta el orden de finalización de comercialización por zonas y las zonas que generan mayor cantidad de desechos sólidos (ya que en éstas se tardará más tiempo en limpiarlas). La tabla 4.18 muestra la cantidad en masa que se produce por zona.

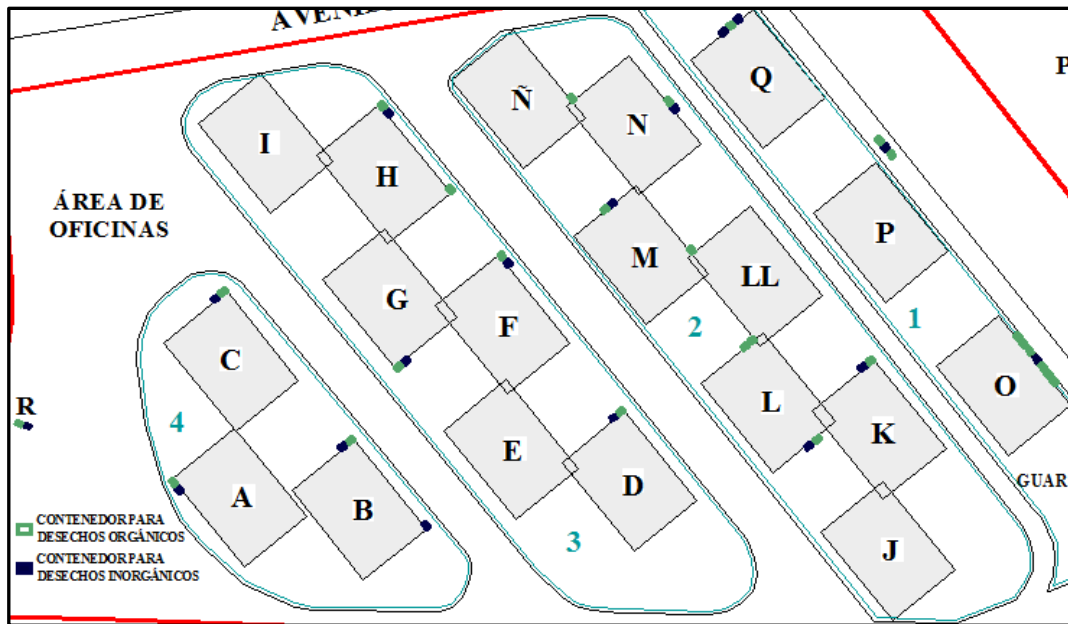


FIGURA 4.10: Distribución de los contenedores necesarios para el mercado mayorista.

Fuente: Autor.

TABLA 4.18: Análisis de los desechos sólidos según las zonas.

Fuente: Autor.

ANÁLISIS APROXIMADO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS SEGÚN LAS ZONAS					
Número de Zona	Naves que Conforman la Zona	Masa/ Zona [kg]	% en Masa	Desechos Orgánicos [kg]	Desechos Inorgánicos [kg]
1	O, P, Q	4757,74	36,6%	4026,95	730,79
2	J, K, L, LL, M, N, Ñ	3704,34	28,5%	2783,14	921,20
3	D, E, F, G, H, I	2428,54	18,7%	1624,01	804,53
4	A, B, C, R	2109,38	16,2%	1273,80	835,58
TOTAL		13000,00	100,0%	9707,90	3292,10

El gráfico 4.25 muestra las cantidades de desechos orgánicos e inorgánicos generados por zona, del cual se aprecia que la zona “1” es la mayor generadora de desechos orgánicos, por lo tanto será la que se termine de limpiar en último lugar.

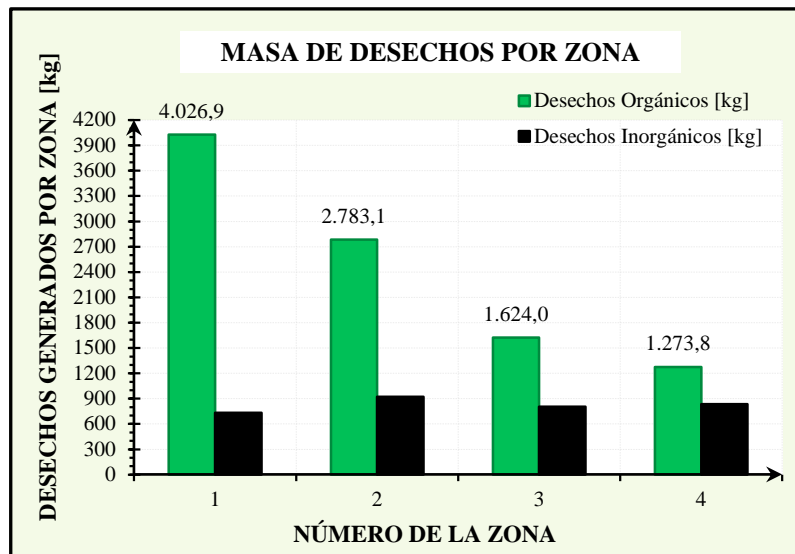


GRÁFICO 4.25: Masa de los desechos sólidos por zona.

Fuente: Autor.

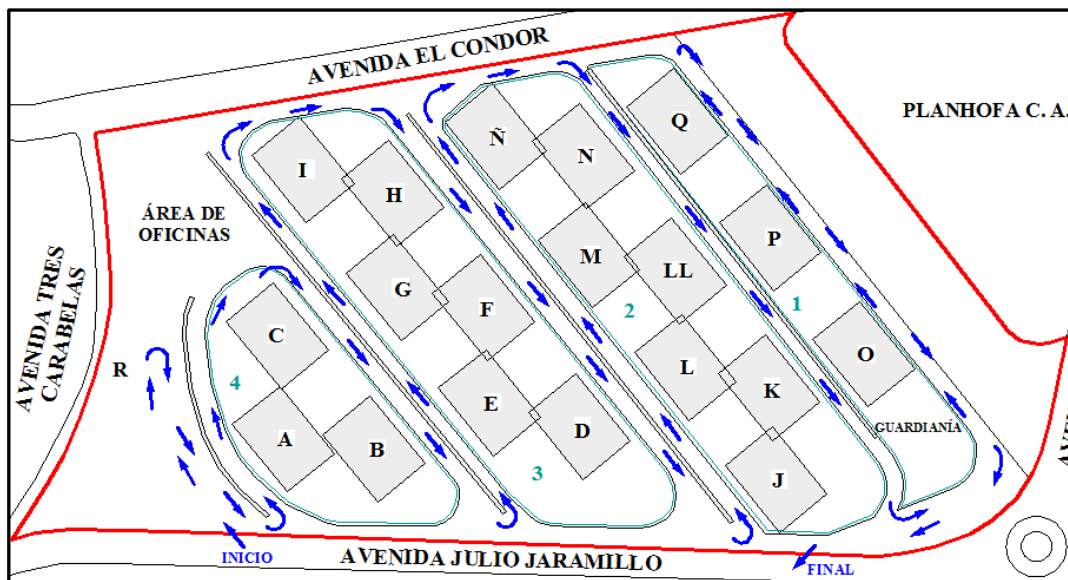


FIGURA 4.11: Orden de recolección recomendada para el mercado mayorista.

Fuente: Autor.

La comercialización finaliza en el siguiente orden de zonas: “4”, “3”, “2”, “1”. Al considerar la cantidad de generación de desechos, se determina que se terminarán de limpiar las zonas de la siguiente forma: “4”, “3”, “2”, “1”.

Entonces se determina que el adecuado orden de recolección por zonas será: “4”, “3”, “2”, “1”, el mismo que se llevará a cabo de 17h00 (hora en la que se termina de limpiar la zona “4”) a 19h00.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis enunciada es: La separación de los desechos sólidos orgánicos biodegradables permitirá aprovechar los residuos del mercado mayorista que en la actualidad son depositados en el relleno sanitario. Su verificación se realiza a continuación:

En la actualidad existe contaminación residual en las instalaciones del mercado mayorista debido a la presencia de varios factores (ver figuras de la 4.4 a la 4.8), además la disposición final de los desechos sólidos orgánicos de dicho mercado es el relleno sanitario, sin recuperación alguna de éstos.

Con la campaña de separación en origen de desechos sólidos mediante la construcción del número de contenedores necesarios, disminuirá la cantidad de residuos que son depositados fuera de los contenedores, reduciendo en parte la contaminación residual. Al ejecutar el plan propuesto de limpieza y recolección de los desechos sólidos se logrará una pronta transferencia de la basura del mercado a su disposición final, con eso se previene la generación de malos olores y líquidos lixiviados por la descomposición prematura de los desechos orgánicos, reduciendo así la contaminación residual.

Si se realiza la correcta separación de los desechos sólidos (orgánicos de los inorgánicos), disminuirá aproximadamente el 65% en volumen (ver gráfico 4.14) y el 75% en masa (ver gráfico 4.22) de los desechos que serán depositados en el relleno sanitario, debido a que se utilizará los residuos orgánicos como materia prima para la producción de compost. De esta manera se estarán recuperando en parte los valores económicos que existen en la basura del mercado mayorista.

Así se cumplirá con los siguientes artículos de la Norma de Calidad Ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos del TULAS:

4.1.21 Los Ministerios, las Municipalidades y otras instituciones públicas o privadas, dentro de sus correspondientes ámbitos de competencia, deberán establecer planes, campañas y otras actividades tendientes a la educación y difusión sobre los medios para mejorar el manejo de los desechos sólidos no peligrosos.

4.3.3.5 Las actividades de manejo de desechos sólidos deberán realizarse en forma tal que se eviten situaciones como:

- a) La permanencia continua en vías y áreas públicas de desechos sólidos o recipientes que las contengan de manera que causen problemas sanitarios y estéticos.
- b) La proliferación de vectores y condiciones que propicien la transmisión de enfermedades a seres humanos o animales.
- c) Los riesgos a operarios del servicio de aseo o al público en general.
- d) La contaminación del aire, suelo o agua; e) Los incendios o accidentes.
- f) La generación de olores objetables, polvo y otras molestias.
- g) La disposición final no sanitaria de los desechos sólidos.

4.4.10 El espacio y los contenedores destinados al almacenamiento de los desechos sólidos deben mantenerse en perfectas condiciones de higiene y limpieza. Las características de la construcción y las normas que deberán cumplir estos espacios serán fijadas por las municipalidades en coordinación con la empresa prestadora del servicio de recolección de desechos sólidos.

4.9.1 Los desechos sólidos cuando luego del análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental no puedan ser reciclados o reutilizados, deberán ser tratados por el generador de los desechos, con la finalidad de mejorar sus condiciones para su disposición final o eliminación, por ello los fines del tratamiento son:

- a) Reducción del volumen y peso; b) Homogeneización de componentes;
- c) Reducción y uniformización del tamaño.

4.13 Normas generales para la recuperación de desechos sólidos no peligrosos

El reúso y reciclaje de desechos sólidos tiene dos propósitos fundamentales:

- a) Recuperación de valores económicos y energéticos que hayan sido utilizados en el proceso primario de elaboración de productos.
- b) Reducción de la cantidad de desechos sólidos producidos, para su disposición final sanitaria.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los desechos sólidos orgánicos que se generan en el interior del mercado mayorista son los restos de los productos de comercialización procedentes de las cosechas de diversas zonas del país. Entre los más comunes están: troncos, ramas, hojas y cáscaras.
- Los desechos sólidos inorgánicos que se generan en el mercado mayorista son los que se utilizan para el transporte y comercialización de los productos orgánicos. Entre los principales están: papel, plástico, cartón, madera y tierra.
- En el mercado mayorista el tamaño de partícula (o tamaño unitario) de los desechos inorgánicos (16,7 cm) es mayor al de los orgánicos (11,2 cm).
- Existe notable diferencia entre las densidades unitarias y voluminosas de los residuos sólidos debido a la presencia de espacios de aire en los desechos acumulados (densidades voluminosas).
- Los desechos orgánicos son más pesados (poseen mayor densidad voluminosa) que los desechos inorgánicos, por tal motivo se da la variación entre las composiciones volumétricas y másicas de residuos orgánicos e inorgánicos. La generación aproximada de materia orgánica biodegradable (útil para abono orgánico) en volumen es de 65,5% (41,29 m³) y en masa es de 74,7% (9,7 ton).
- Para la selección de un proceso unitario apropiado de clasificación se deben considerar los siguientes factores: generación diaria de basura, tamaño y peso unitario de los desechos a separar y su composición másica y volumétrica.

- Una planta completa de separación de desechos sólidos requiere de una alta inversión en maquinaria (para procesos unitarios) para clasificar grandes cantidades de basura (>>13 ton/día). Por tal motivo en la presente investigación se concluye que el proceso de clasificación de desechos sólidos mediante una banda de selección manual es el más apropiado.
- La separación neumática se utiliza para separar desechos previamente triturados, donde el tamaño de partícula es aproximadamente constante, siendo determinante únicamente la densidad unitaria, por esta razón a este tipo de clasificación en algunas fuentes bibliográficas se le conoce también como separación por diferencia de densidades.
- La separación por cribación no es aplicable para los desechos del mercado mayorista debido a que ésta requiere que los desechos a clasificar tengan diferencia considerable en el tamaño de partícula.
- Las causas de la contaminación residual son: el insuficiente número de contenedores, la carencia de cultura ambiental de los comerciantes, la presencia de líquidos lixiviados, la deficiente recolección de los desechos y la escasa limpieza y mantenimiento de los contenedores.
- Para lograr una separación en origen de los desechos orgánicos e inorgánicos se requiere de 43 contenedores (26 verdes para orgánicos y 17 negros para inorgánicos), es decir el mercado mayorista deberá adquirir 15 recipientes para sumar a los 28 existentes.

5.2 RECOMENDACIONES

- Ejecutar una campaña de separación en origen de los desechos orgánicos e inorgánicos mediante elaboración de trípticos ilustrativos para educar a las personas, donde se incentive a las naves más disciplinadas (más limpias) y se sancione a las menos indisciplinadas (más sucias).

- Dar tratamiento a los desechos orgánicos del mercado mayorista para la producción de compost, debido a su gran porcentaje de generación en relación a lo inorgánico.
- Promover la utilización de materiales reciclables y menos contaminantes, por ejemplo: que las fundas de papel sustituyan a las plásticas, que los envases plásticos retornables reemplacen a los no retornables, etc.
- Utilizar bandas transportadoras para la separación manual con flujos másicos (capacidad de carga) no muy altos, que permitan tener comodidad a los trabajadores para lograr una separación efectiva.
- Utilizar un clasificador neumático para separar desechos sólidos que hayan sido previamente triturados, con un tamaño de partícula aproximadamente constante.
- Utilizar una clasificación por cribación para la separación de desechos que contengan cantidades considerables de partículas de pequeño tamaño en comparación con el material que se desea recuperar.
- Limpiar y dar mantenimiento periódico a los contenedores para evitar su deterioro, además realizar la limpieza de su área de localización y el área periférica después de cada jornada de trabajo para evitar la contaminación del suelo.
- Ejecutar la recolección de los desechos sólidos a partir de las 17h00 para que no se acumule la basura para el siguiente día de trabajo.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1 DATOS INFORMATIVOS

La propuesta consiste en el diseño y construcción de una banda transportadora de selección manual para separar los desechos orgánicos fermentables del resto de desechos del mercado mayorista de Ambato. Esta máquina estará presente en el inicio del proceso de tratamiento de desechos orgánicos, el mismo que se realizará en una planta para la producción del compost.

TABLA 6.1: Datos generales de la propuesta.

Fuente: Autor.

DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA	
Ejecutor	Mauro Bladimir Toalombo Rojas
Descripción	Banda Transportadora de Selección Manual
Capacidad de procesamiento	13 ton/día
Construcción	Taller Particular
Lugar de Ensayos	Planta de Promabal
Beneficiario	Propietario de Promabal (Proyectos Medioambientales Bautista López)
Tiempo de Ejecución	[Enero - Julio] 2012
Costo	\$ 2 600

La planta de tratamiento estará ubicada en el sector Control Norte (Samanga) de la ciudad de Ambato. Las instalaciones de la planta se muestran en la figura 6.1, donde se establecen áreas para la recepción de la basura, separación manual de los desechos inorgánicos, trituración de los desechos orgánicos y almacenamiento de los desechos triturados para la formación del compost.

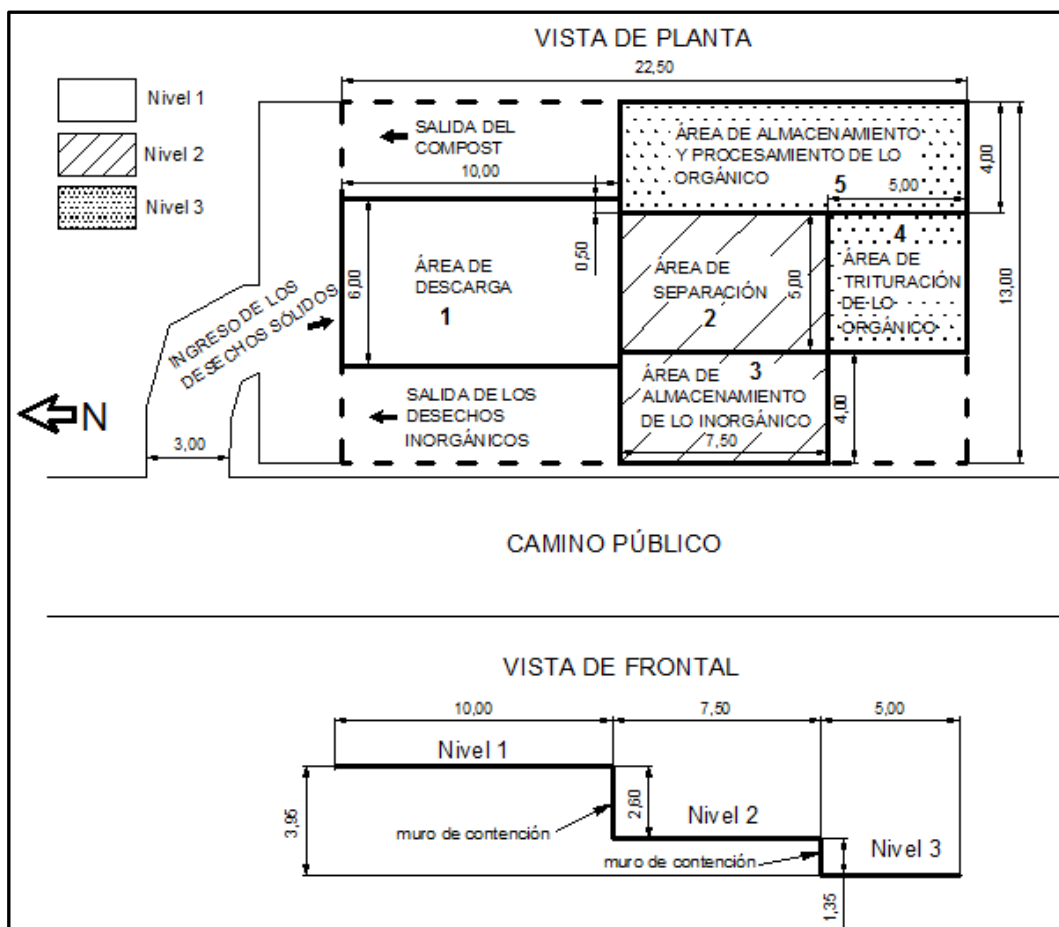


FIGURA 6.1: Esquema de la planta de tratamiento de los desechos sólidos orgánicos.

Fuente: Autor.

6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En el cantón Machachi de la provincia de Pichincha existe una planta de tratamiento de desechos sólidos, donde se reciclan los residuos sólidos inorgánicos y se produce abono (compost) con los residuos sólidos orgánicos. Esta planta cuenta con dos zonas.

En la primera zona que es donde se recicla lo inorgánico, existe un galpón que contiene varias máquinas, entre las cuales tenemos: trómel, banda transportadora de selección manual, compactadora de plástico, picadora de papel, entre otras. El trómel es empleado para la separación de desechos de pequeño tamaño como vidrio y metales, que pueden resultar peligrosos para la manipulación. La banda transportadora se utiliza para clasificar desechos inorgánicos existentes en gran porcentaje como plástico y papel.

En la segunda zona que es donde se aprovecha la materia orgánica existe un invernadero, en cuyo interior se encuentran varios trituradores para desechos orgánicos, además existen las pilas que es donde se descompone y procesa el abono.

En esta investigación, la banda transportadora se utilizará para deshacerse de los desechos inorgánicos ya que se encuentran en menores cantidades, enfocándose únicamente de los desechos orgánicos para producir compost, mediante una serie de procesos indicados en el capítulo II.

6.3 JUSTIFICACIÓN

La contaminación residual existente en el mercado mayorista, además del escaso aprovechamiento de la gran cantidad de desechos orgánicos que produce dicho centro de acopio, hacen necesaria la ejecución de un plan de reducción de la contaminación residual y de reutilización de los desechos orgánicos para producir compost.

En un principio se planeaba procesar los desechos orgánicos en las instalaciones del mercado mayorista, pero se determinó que no existe espacio alguno disponible para la implementación de la planta de tratamiento de materia orgánica, por tal motivo es necesario transferir la basura a la planta.

Dicho plan debe empezar con la implementación de los contenedores verdes y negros necesarios para la separación de la basura en origen; a continuación debe ejecutarse una campaña de información (dirigida a los comerciantes) sobre el correcto depósito de desechos orgánicos e inorgánicos (contenedores verdes y negros); seguida de la organizada limpieza y recolección sugerido en el capítulo IV; finalmente deberá ser efectiva la transferencia de los desechos a la planta de tratamiento (disposición final).

El abono orgánico producido en la planta de tratamiento puede ser destinado a los mismos comerciantes mayoristas del mercado con un descuento en el precio de adquisición, con esto se incentivará a la limpieza y orden en dicho lugar de

comercialización. Los comerciantes podrán adquirir dicho abono ya que éste será más barato y más natural que el que adquieren en la actualidad.

En un principio se planea que las 13 toneladas de basura sean trasladadas a la planta de tratamiento para recuperar la materia orgánica, debido a que el plan de separación en origen en el mercado mayorista recién estará en ejecución. A medida que transcurran los meses se deberá ir evaluando qué tan eficiente es dicho plan, si se observa que los pobladores del mercado mayorista han adquirido una cultura ambiental y han empezado a colocar los desechos en su contenedor respectivo, será necesario trasladar los desechos de los contenedores verdes únicamente a la planta (aproximadamente 9 toneladas), donde se eliminará rápidamente las pequeñas cantidades de inorgánicos presentes en dichos contenedores. Mientras que los pequeños recicladores podrán encargarse de los residuos de los contenedores negros.

Al tratar los desechos orgánicos del mercado mayorista se estará reduciendo la cantidad de basura que se deposita en el relleno sanitario, además de la recuperación de sus valores económicos mediante la producción del abono orgánico.

6.4 OBJETIVOS

6.4.1 Objetivo General

Diseñar y construir una banda transportadora necesaria para procesar la tasa de generación de desechos del mercado mayorista y que cumpla con los requerimientos antropométricos de las personas que laborarán en ella.

6.4.1 Objetivos Específicos

- Determinar las características generales de la banda de selección tomando en consideración la cantidad de desechos generados y la manipulación que realizarán los operarios.

- Establecer una configuración sencilla para la banda de selección que permita su fácil ensamblaje y mantenimiento.
- Estimar la eficiencia de separación producida en la banda de selección y el porcentaje posible de aprovechamiento de los desechos orgánicos.

6.5 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

6.5.1 Factibilidad Técnica

La propuesta se puede llevar a efecto debido a que se dispone de la información necesaria para el diseño y construcción de la banda transportadora de selección. En base al estudio que se realizó de los desechos sólidos que produce el mercado mayorista se puede dimensionar la máquina de manera adecuada para que cumpla con los requerimientos necesarios. En cuanto a la construcción, sí existe disponibilidad de los materiales necesarios para el funcionamiento satisfactorio de la máquina.

6.5.2 Factibilidad Económico – Financiera

La factibilidad económico - financiera se refiere al egreso total de dinero necesario para la construcción de la banda de selección y el financiamiento de dichos gastos. En este caso sí existe factibilidad económica debido a que la empresa Promabal financia el material, mientras que los gastos por concepto de mano de obra corren a cargo del autor. Los beneficios de la implementación serán varios como ya se ha mencionado.

6.6 FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA BANDA DE SELECCIÓN

6.6.1.1 Dimensiones de la banda de selección

El diseño se inicia seleccionando el largo (longitud) de la banda (l_B), que toma un valor de 5 m. Para determinar el alto de la zona de separación (h_B) se utiliza el gráfico 6.2, de donde se toma el valor mínimo (86,4 cm) que se aproxima a 87 cm.

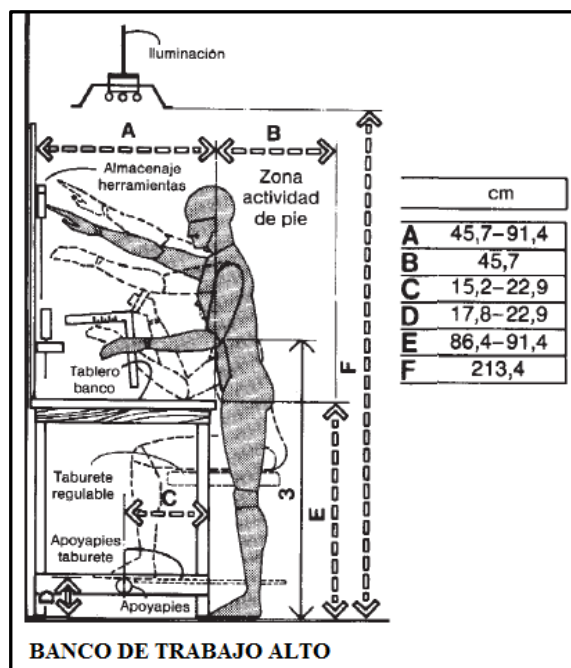


FIGURA 6.2: Espacios verticales y horizontales antropométricos en un banco de trabajo.

Fuente: Panero, Zelnik, *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores*.

Debido a que la producción de desechos del mercado mayorista es baja, se realizará una separación manual en un solo lado de la banda transportadora. Tchobanoglous [9] recomienda un ancho máximo de 120 cm cuando se va a realizar la separación desde ambos lados de la cinta. Para determinar el ancho adecuado de la zona de trabajo se utiliza algunos gráficos y tablas. De la figura 6.2 se obtiene un valor promedio de 68,55 cm, mientras que la figura 6.3 proporciona un valor de aproximadamente 50 cm; al sacar un promedio se tiene un ancho

antropométrico de 59,28 cm. Al analizar los anchos de bandas recomendados en base a los tamaños de los residuos, de los gráficos 4.1 y 4.2 se tiene un tamaño promedio de 13,95 cm, valor que al trasladarlo a la tabla 6.2 da como resultado un ancho recomendado de la banda de 61 cm. En base a los análisis anteriores, mediante la tabla 6.3 se selecciona un ancho (a_B) normalizado de la banda textil de 60 cm.

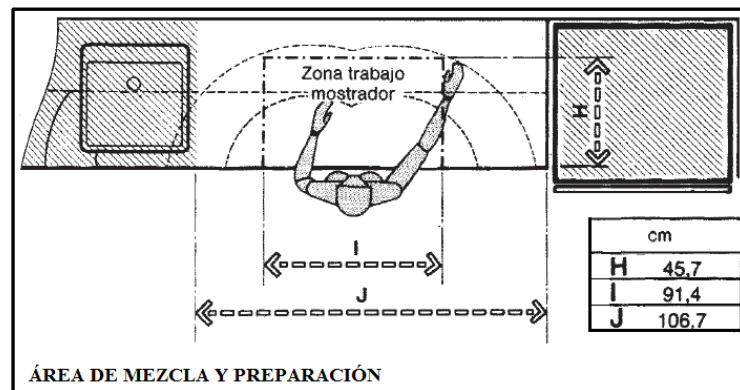


FIGURA 6.3: Espacios horizontales antropométricos mínimos en un banco de trabajo.
Fuente: Panero, Zelnik, *Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores*.

TABLA 6.2: Anchos de bandas recomendados para materiales de distintos tamaños.
Fuente: CONEAU, Ministerio de Educación-Argentina.

ANCHOS DE BANDA RECOMENDADOS PARA MATERIALES DE DISTINTOS TAMAÑOS		
ANCHO DE LA BANDA [cm]	TAMAÑO MÁXIMO [cm]	
	MATERIAL CLASIFICADO	MATERIAL SIN CLASIFICAR
36	5,1	6,4
41	6,4	7,6
46	7,6	10,2
51	8,9	12,7
61	11,4	20,3
76	17,8	35,6
91	22,9	45,7
107	27,9	50,8
122	35,6	61
137	38,1	71,1
152	40,6	76,2

TABLA 6.3: Anchos de bandas normalizadas.
Fuente: www.bandastarragona.com.

ANCHOS NORMALIZADOS DE BANDAS [mm]												
300	400	500	600	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200

De la figura 6.3 se encuentra la separación recomendada antropométrica de 106,7 cm (42 pulg) entre las personas que realizarán la selección manual.

6.6.1.2 Capacidad de carga de la banda

Inicialmente se empleará a tres personas separadas a 110 cm para que realicen la separación manual, el resto de espacio de la banda lo ocupará la transmisión de potencia.

Para determinar la capacidad de carga o flujo másico (\dot{m}) [ton/h] de los desechos en la entrada de la banda se utiliza la tabla 2.2, donde se hace una analogía con la tasa de selección de materiales no seleccionados para papel y cartón de 1,5 t/persona/día. Si se considera que la banda va a funcionar durante 3 horas cada día (por la pequeña generación de desechos), se determina el flujo másico de entrada de 4,33 ton/h (1,204 kg/s), valor que se aproxima al obtenido previamente con la tabla mencionada. El flujo másico de salida (\dot{m}_O) de la banda (materia orgánica que ingresará al triturador) será aproximadamente de 3,23 ton/h, y el flujo másico que sea separado en la banda (\dot{m}_I) (materia inorgánica) será aproximadamente de 1,10 ton/h.

6.6.1.3 Velocidad de la banda

Para bandas de transporte empleadas en separación manual de materiales, Tchobanoglous [9] recomienda velocidades que se encuentran en el rango 0,075 a 0,5 m/s. En este caso se tomará una velocidad (v_B) de 0,1 m/s en base a la sugerencia de Lund [18] para una separación manual eficaz.

6.6.1.4 Espesor de los residuos sobre la banda

Para calcular el espesor de los residuos (e) sobre la banda se parte de la ecuación del caudal o capacidad de carga (Q) y se deduce de la siguiente manera:

$$Q = \frac{V}{t} = A * v$$

$$\frac{m}{\delta * t} = a * e * v; \quad \dot{m} = \frac{m}{t}$$

$$e = \frac{\dot{m}}{a_B * v_B * \delta_S} \quad [\text{m}] \quad (6.1)$$

Donde:

\dot{m} : Flujo másico de los residuos a la entrada de la banda [kg/s].

a_B : Ancho de la banda [m].

v_B : Velocidad lineal de la banda [m/s].

δ_S : Densidad voluminosa de los desechos sólidos [kg/m³].

Al reemplazar valores, se tiene:

$$e = \frac{\dot{m}}{a_B * v * \delta_S} = \frac{1,204 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,6 \text{ m} * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 206,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,0972 \text{ m} = 9,73 \text{ cm}$$

Tchobanoglous presenta una fórmula similar a la ecuación (6.1), además recomienda un espesor de residuos sobre la banda de 15 cm para una separación eficaz. El espesor calculado está en función a los parámetros adecuados de su fórmula de definición, y se encuentra cercano al recomendado. Entonces la banda se diseñará con paredes (contenedores) laterales de 10 cm de altura para evitar el desbordamiento de los desechos sólidos.

6.6.1.5 Masa y volumen sobre la banda

El tiempo (t) que tardará un desecho orgánico en pasar por la banda será:

$$t = \frac{l_B}{v} = \frac{5 \text{ m}}{0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 50 \text{ s}$$

La masa y volumen de desechos que se encontrarán sobre la banda se obtienen de la siguiente forma:

$$m_D = \dot{m} * t = 1,204 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 50 \text{ s} = 60,2 \text{ kg}$$

$$V = \frac{m}{\delta_S} = \frac{60,2 \text{ kg}}{206,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,2919 \text{ m}^3$$

A la masa encontrada se le añade 30 kg considerando que las personas separadoras de desechos se pueden apoyar en la mesa involuntariamente, con lo que se obtiene una masa total apoyada sobre la banda:

$$m = (60,2 + 30) \text{ kg} = 90,2 \text{ kg}$$

6.6.2 DISEÑO MECÁNICO DE LOS ELEMENTOS DE LA BANDA

6.6.2.1 Selección del tipo de banda de transporte

Para seleccionar el tipo de banda de transporte que sea necesaria, primero se requiere calcular la fuerza tangencial a la banda, para lo cual se debe seleccionar una banda que cumpla con las condiciones de operación de: objetos livianos y abrasivos.

La banda seleccionada es: Banda Siegling Transilon *E 8/2 U0/V/U20*. Sus características son las siguientes:

- Material del elemento tractor: Poliéster (E).
- Clase: 8 ($k_1\%$) (9 N/mm fuerza de tracción con 1% de elongación después de la relajación).

TABLA 6.4: Características de la banda *E 8/2 U0/V/U20*.

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Programa de suministro estándar	Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m ²]	Fuerza de tracción con un 1% de elongación después de la relajación ($k_{1\%}$) [N/mm de ancho]*	d_{min} aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]	Rigidez transversal	Concavable	Insonorización especial	Apropiado p. curvas	Apropiado p. cantos de cuchilla	Acabado antiestático	Difícilmente inflamable según DIN/EN 20340 (SE)	Alta conductividad (HC/ATEX)***	Conformidad FDA	Superficie estructurada
E 8/2 U0/V/U20	verde	900151	3,6	4,2	9	60	-10°/+70°	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- Número de capas o construcción del tejido: 2.
- Recubrimiento de la cara de rodadura [mm/10]: PVC con impregnación (U0/V).
- Recubrimiento de la cara de transporte [mm/10]: Uretano de 2 mm de espesor (U20).
- Espesor total aproximado: 3,6 mm.

- Peso aproximado ($m_{B/A}$): 4,2 kg/m².
- Diámetro del tambor mínimo admisible a temperatura ambiente: 60 mm.
- Temperatura de servicio admisible: -10°/+70°.

El área de la superficie de transporte (A) de la banda y la masa de la banda (m_B) son las siguientes:

$$A = l_B * a_B = 5 \text{ m} * 0,6 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$$

$$m_B = 2 * m_{B/A} * A = 2 * 4,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 3 \text{ m}^2 = 25,2 \text{ kg}$$

Ahora se calcula la fuerza tangencial (F_T) al rodillo con la siguiente ecuación: [19]

$$F_T = g * \left[\mu_T \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) \right] \quad [\text{N}] \quad (6.2)$$

Donde:

g: Aceleración de la gravedad [m/s²].

μ_T : Coeficiente de fricción estática sobre mesa [adimensional].

μ_R : Coeficiente de fricción estática sobre rodillo [adimensional].

m_R : Masa aproximada del rodillo conducido [kg].

Los coeficientes $\mu_T = 0,5$ y $\mu_R = 0,033$ se obtiene de la tabla 6.5, mientras que la masa del rodillo impulsado se asumirá que tiene un valor máximo de 20 kg.

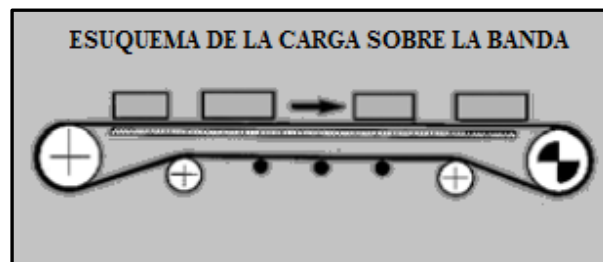


FIGURA 6.4: Esquema de la carga que actúa sobre la banda.

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

Entonces la fuerza tangencial es la siguiente:

$$F_T = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \left[0,5 \left(90,2 \text{ kg} + \frac{15,3 \text{ kg}}{2} \right) + 0,033 \left(\frac{15,3 \text{ kg}}{2} + 20 \text{ kg} \right) \right] = 488,90 \text{ N}$$

TABLA 6.5: Coeficientes de fricción estática para diferentes recubrimientos.
Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

COEFICIENTES DE FRICCIÓN ESTÁTICA PARA DIFERENTES RECUBRIMIENTOS			
	NOVO	U1, V1, VH	UH, V2H, U2H, E0, A0, V5H, V10H
μ_T (mesa)	0,33	0,5	0,5
μ_R (rodillo)	0,033	0,033	0,033

La fuerza tangencial al rodillo por la tracción máxima $F_{TMÁX}$ de la banda se obtiene con la ecuación (6.3):

$$F_{TMÁX} = F_T * C_1 \quad [N] \quad (6.3)$$

C_1 es el factor para el rodillo motriz, éste toma un valor de 2,1 para un tambor con forro de fricción mojado debido a la gran presencia de humedad (ver tabla 6.6).

TABLA 6.6: Factor C_1 .

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3			V1, U1, UH, U2H, V2H, V5H			0, U0, NOVO, E0, A0, T, P		
	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
Tambor con forro de fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

$$F_{TMÁX} = 488,90 \text{ N} * 2,1 = 1026,70 \text{ N}$$

Ahora se procederá a verificar si la banda seleccionada soporta la tracción máxima, para lo cual se utilizan las relaciones 6.4 y 6.5:

$$C_2 \geq \frac{F_{TR}}{a_B} \quad \left[\frac{N}{mm} \right] \quad (6.4)$$

$$C_2 = \varepsilon_{MÁX} * k_{1\%} \quad \left[\frac{N}{mm} \right] \quad (6.5)$$

Donde:

C_2 : Factor de control del tipo de banda seleccionado [N/mm].

a_B : Ancho de la banda [mm].

$\epsilon_{M\acute{A}X}$: Elongación de servicio máxima [adimensional].

$k_{1\%}$: Fuerza de tracción con 1% de elongación después de la relajación [N/mm].

TABLA 6.7: Elongaciones de servicio máximas.

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

Tipo de elemento tractor	Poliéster Poliéster (letra identificativa "E")	Aramida (letra identificativa "AE")
Ejemplos de clases de tipos	E 2/1, E 3/1, E 4/2, E 6/1, NOVO, E 8/2, E 10/M, E 12/2, E 15/2, E 15/M, E 18/3, E 20/M, E 30/3, E 44/3	AE 48/H, AE 80/3, AE 100/3, AE 140/H, AE 140/3
$\epsilon_{m\acute{a}x}$ en %	2,0	0,8

El factor $\epsilon_{M\acute{A}X}$ se obtiene de la tabla 6.7 y toma el valor de 2,0. Reemplazando valores se tiene:

$$C_2 = 2 * 9 \frac{N}{mm} = 18 \frac{N}{mm}$$

$$18 \frac{N}{mm} \geq \frac{1026,70 N}{600 mm} = 1,711 \frac{N}{mm}$$

La banda seleccionada soporta la tracción máxima, por lo tanto es adecuada para esta aplicación. Para la unión de la banda se utilizará empalmadores de apriete (anexo B).

La referencia 19 (Siegling Transilon) da una fórmula para obtener el diámetro mínimo del tambor o rodillo motriz por el que se desliza la banda:

$$D = \frac{F_T * C_3}{a_B} \quad [mm] \quad (6.6)$$

C_3 es un factor válido para el tambor motriz y toma un valor de $40 \text{ mm}^2/\text{N}$ (tambor con forro de fricción mojado) en base a la tabla 6.8. F_T está en [N] y a_B en [mm].

$$D = \frac{488,90 N * 40 \frac{mm^2}{N}}{600 mm} = 32,59 mm$$

Si comparamos el valor de D con el recomendado del catálogo (60 mm), se observa que el recomendado en el catálogo es el mínimo admisible. Para los cálculos siguientes se asumirá el diámetro de la superficie de rodadura (rodillos) de 114 mm (4,5 pulg) para aumentar el área de contacto con la banda y facilitar la transmisión de movimiento, además es una dimensión comúnmente encontrada en

el mercado. Más adelante se realizará la verificación de dicho valor del diámetro mediante el diseño estático y a fatiga.

TABLA 6.8: Factor C_3 .

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento.

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3, V5, U2, A5, E3	V1, U1, UH	0, U0, NOVO, T, P
Tambor de acero liso			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
Tambor con forro de fricción			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

6.6.2.2 Cálculo de la potencia del motor y selección del reductor

La potencia mecánica necesaria para accionar el rodillo motriz (P_R) es la siguiente:

$$P_R = F_T * v_B = 488,90 \text{ N} * 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 48,89 \text{ W}$$

Para calcular la potencia necesaria del motor (P_M) se utiliza la ecuación (6.7) para reductores de velocidad de sinfín corona:

$$P_M = \frac{P_R}{\eta_s * \eta_d} \quad [\text{W}] \quad (6.7)$$

Donde:

η_s : Rendimiento estático del reductor de velocidad [adimensional].

η_d : Rendimiento dinámico del reductor de velocidad [adimensional].

Antes de determinar la potencia necesaria del motor se debe encontrar la relación de transmisión necesaria (i), para lo cual se requiere calcular la velocidad de rotación que tendrá el rodillo conductor:

$$\omega_R = \frac{2 * v_B}{D} = \frac{2 * 0,1 \text{ m/s}}{0,114 \text{ m}} = 1,75 \text{ rad/s} = 16,75 \text{ rpm}$$

Las velocidades nominales de rotación de los motores que se encuentran en el mercado son de 1750 rpm y 3500 rpm, en este caso se utilizará un motor de bajas

revoluciones ($\omega_M = 1750\text{rpm}$). Con lo que se obtiene la siguiente relación de transmisión:

$$i = \frac{\omega_M}{\omega_R} = \frac{1750 \text{ rpm}}{16,75 \text{ rpm}} = 104,5$$

Se redondeará la relación de transmisión a 100, ya que se puede encontrar fácilmente en catálogos, con lo que se determinan los siguientes valores de velocidades y potencia para accionar el rodillo motriz:

$$\omega_R = 17,5 \text{ rpm (1,83 rad/s); } v_B = 0,104 \text{ m/s; } P_R = 50,84 \text{ W.}$$

Con los datos encontrados se selecciona el reductor REM090 del catálogo REM que se muestra en la tabla 6.9, donde: n_M y n_R son las velocidades de rotación del motor y rodillo respectivamente, T_{SALIDA} es el torque (par torsor) a la salida del reductor y P_M es la potencia del motor.

TABLA 6.9: Características del reductor de velocidad REM090 ($i=100$).

Fuente: Catálogo de reductores sinfín corona REM.

Reductor: REM090						
i	n_M [rpm]	n_R [rpm]	T_{SALIDA} [N*m]	P_M [kW]	η_d [%]	η_s [%]
100	1750	17,5	241,5	0,75	59	28

Las dimensiones generales del reductor seleccionado se indican en la tabla 6.10.

De la ecuación (6.7) se calcula la potencia necesaria del motor:

$$P_M = \frac{50,84 \text{ W}}{0,28 * 0,59} = 307,75 \text{ W} = 0,412 \text{ hp}$$

La potencia del motor necesaria es de 0,412 hp, sin embargo se utilizará un motor de 1hp por las siguientes razones:

- ✓ El posible incremento de la capacidad de carga, la velocidad de transporte o la longitud de la banda, requerirá de una mayor potencia.
- ✓ La recomendación del catálogo REM de utilizar un motor de 1hp para este tipo de reductor.

TABLA 6.10: Dimensiones del reductor de velocidad REM090 ($i=100$).

Fuente: Catálogo de Reductores Sinfín Corona REM; Autor.

DIMENSIONES GENERALES DEL REDUCTOR REM090										
Tipo de Engrane	Diámetro de Paso [mm]	# de Dientes/ Entradas de Hélice [dte]	Paso Circular/ Axial [mm]	Módulo [mm/dte]	Ancho de Cara [mm]	Altura de Diente [mm]	Diámetro de Adendo [mm]	Diámetro de Dedendo [mm]	Distancia entre Centros [mm]	Tamaño de la caja [mm]
CORONA	150	100	4,712	1,5	25	3,38	153,00	146,25	98,25	Largo: 190 Ancho: 92 Altura: 260
TORNILLO SINFÍN	46,5	1	5,498	-	-	-	-	-		

Finalmente se procede a seleccionar el motor 001180S1P56 del catálogo de motores monofásicos WEG. En la tabla 6.11 y en el anexo B se puede apreciar sus características.

TABLA 6.11: Datos eléctricos del motor WEG 001180S1P56.

Fuente: Catálogo de motores WEG.

Potencia		Factor de Servicio	Polos	Armazón	Código de Referencia	Tensión V	RPM min ⁻¹	Corriente Nominal A	Corriente a Factor de Servicio A	Clave KVA/HP	Eficiencia Nominal %	Factor de Potencia pu
HP	kW											
1.0	0,746	1,15	4	56	001180S1P56	127/220	1750	15.00/7.50	17.50/8.62	M	62,0	0,63

6.6.2.3 Selección de las bandas de transmisión de potencia

Las transmisiones de potencia se realizarán mediante bandas en V, con la relación de transmisión (i) de 1, para lo cual se utilizará poleas de 3 pulg (76,2 mm) de diámetro.

Para determinar la sección y el número de bandas necesarias se utiliza las siguientes ecuaciones: [20]

$$P_d = k_s * n_d * P_{nom} \quad [\text{hp}] \quad (6.8)$$

$$P_a = k_1 * k_2 * P_{tab} \quad [\text{hp}] \quad (6.9)$$

$$\#_b = \frac{P_d}{P_a} \quad (6.10)$$

$$L_p = 2 * C + \frac{\pi}{2} * (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 * C} \quad [\text{m}] \quad (6.11)$$

$$D \leq C \leq 3*(D+d)$$

$$L = L_p - \Delta L \quad [m] \quad (6.12)$$

Donde:

P_d : Potencia de diseño [hp].

P_a : Potencia permisible por banda [hp].

P_{nom} : Potencia nominal a transmitir [hp].

P_{tab} : Potencia nominal por banda en V [hp].

k_s : Factor de servicio en bandas en V [adimensional].

n_d : Factor de diseño [adimensional].

k_1 : Factor de corrección de ángulo de contacto para bandas en V [adimensional].

k_2 : Factor de corrección de longitud para bandas en V [adimensional].

$\#_b$: Número de bandas necesarias para la transmisión [adimensional].

L_p : Longitud de paso de la banda en V [m].

L : Longitud interior de la banda en V [m].

ΔL : Variación de longitud entre la circunferencia de paso y la interior de la banda [m].

C : Distancia entre centros de las poleas [m].

D : Diámetro de la polea de mayor tamaño [m].

d : Diámetro de la polea de menor tamaño [m].

El factor de diseño (n_d) se asume que tiene un valor de 1,2; el factor de servicio (k_s) toma un valor de 1,0 para transmisiones ligeras con un funcionamiento menor de 10 h/día y motor con momento de arranque normal (ver anexo B).

Debido a que el ángulo de contacto entre la banda y cada polea (θ) es 180° , se tiene que el factor k_1 vale 1 (ver tabla 6.12).

TABLA 6.12: Factor de corrección del ángulo de contacto para bandas en V.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Factor de corrección del ángulo de contacto para transmisiones de banda en V		
$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	K_1
0.00	180	1.00
0.10	174.3	0.99
0.20	166.5	0.97

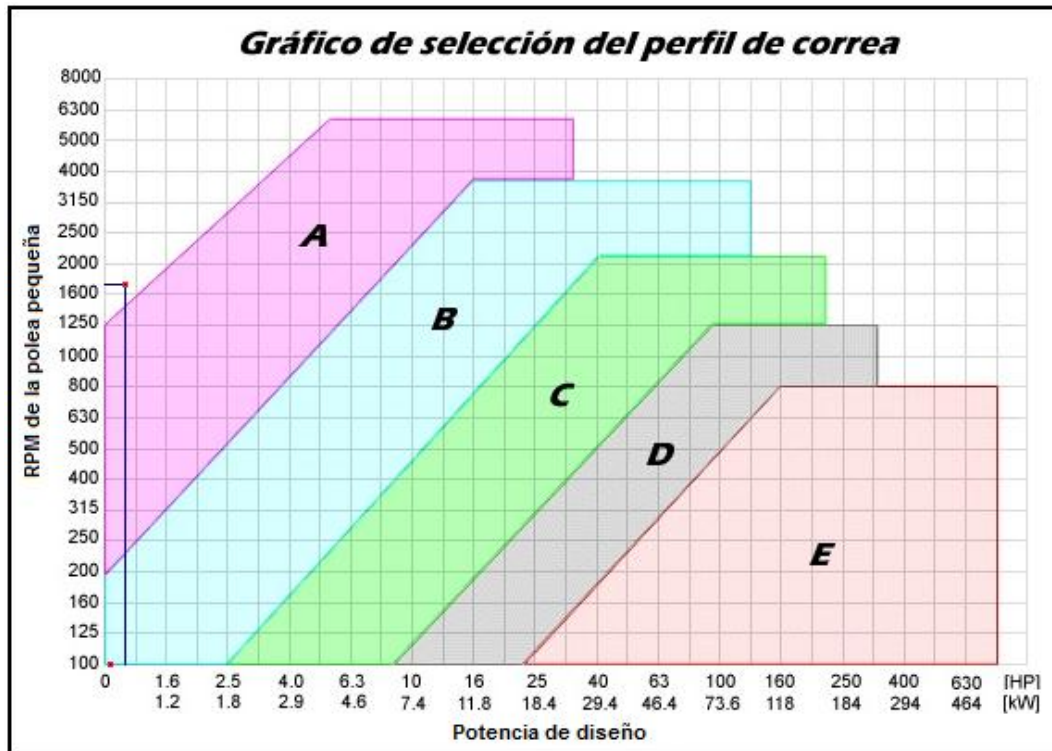


GRÁFICO 6.1: Diagrama de selección de la sección de la banda en V.
Fuente: Catálogo de bandas en V Roflex.

TABLA 6.13: Dimensiones de corrección de longitud (ΔL) para bandas en V.
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Dimensiones de conversión de longitud, pulg					
(Suma la cantidad que se muestra a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso)					
Sección de la banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

Las velocidades de rotación en la primera (ω_M) y en la segunda (ω_R) transmisión tienen valores de 1750 rpm y 17,5 rpm respectivamente (ya calculadas anteriormente), las mismas son de gran utilidad para el cálculo de las bandas.

Transmisión entre el motor y el reductor

La potencia nominal (P_{nom}) es la potencia necesaria del motor ($P_M = 0,412$ hp), al aplicar la ecuación (6.8) se tiene:

$$P_d = 1,0 * 1,2 * 0,412 \text{ hp} = 0,494 \text{ hp}$$

Para determinar la sección de banda recomendado se utiliza el gráfico 6.1 (está en función de la potencia nominal y de la velocidad de rotación de la polea pequeña), de donde se obtiene que se debe utilizar una banda de sección A (aproximadamente).

La distancia entre centros (C) se asume en base al espacio disponible, en este caso tendrá un valor de 200 mm (7,87 pulg); el valor de ΔL se encuentra en la tabla 6.13 y es de 1,3; al aplicar las ecuaciones (6.11) y (6.12) se puede escoger un tipo de banda:

$$76,2 \leq 200 \leq 3*(152,4) \Rightarrow C \text{ cumple con la recomendación}$$

$$L_p = \left[2 * 0,200 + \frac{\pi}{2} * (0,0762 + 0,0762) \right] m = 0,639 m = 25,17 \text{ pulg}$$

$$L = 25,17 \text{ pulg} - 1,3 \text{ pulg} = 23,87 \text{ pulg}$$

A continuación se escoge la banda A24, al despejar de las ecuaciones (6.11) y (6.12) se encuentra la distancia entre centros (C) final de 201,6 mm (7,94 pulg).

TABLA 6.14: Factor de corrección de longitud (k_2) para la banda A24.
Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Longitud estándar, pulg, y Factor de corrección de longitud para bandas en V					
Longitud nominal	Sección transversal				
	A	B	C	D	E
26	0.78	Extrapolar			
31	0.82				
35	0.85	0.80			

El factor de corrección de longitud k_2 se obtiene de la tabla 6.14 mediante extrapolación lineal, éste toma un valor de 0,764. La potencia nominal permisible por banda (P_{tab}) se calcula con interpolación lineal de la tabla 6.15, teniendo un valor de 1,45 hp. Con estos valores se encuentra el número de bandas necesarias al utilizar las ecuaciones (6.9) y (6.10):

$$P_a = 1 * 0,764 * 1,45 \text{ hp} = 1,11 \text{ hp}$$

$$\#_b = \frac{0,494 \text{ hp}}{1,11 \text{ hp}} = 0,45 \leq 1$$

Por lo tanto una banda es suficiente para transmitir la potencia del motor al reductor.

TABLA 6.15: Potencias nominales para la banda de sección A.

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Potencias nominales de bandas en V estándar , hp								
Sección de la banda	Velocidad del eje más rápido, rpm	Potencia nominal por banda para el diámetro de paso de la polea menor, pulg						
		2.60	3.00	3.40	3.80	4.20	4.60	5.00
A	800	0.59	0.82	1.04	1.27	1.49	1.70	1.92
	1,400	0.87	1.25	1.61	1.97	2.32	2.67	3.01
	2,000	1.09	1.59	2.08	2.56	3.02	3.47	3.91
	2,600	1.25	1.87	2.47	3.04	3.59	4.12	4.61

Transmisión entre el reductor y el rodillo

La potencia nominal (P_{nom}) es la potencia necesaria para accionar el rodillo motriz ($P_R = 50,84 \text{ W} = 0,068 \text{ hp}$), con la ecuación (6.8) se tiene:

$$P_d = 1,0 * 1,2 * 0,068 \text{ hp} = 0,082 \text{ hp}$$

Mediante una prolongación del gráfico 6.1 se determina que la banda en V recomendada para las condiciones de potencia (P_{nom}) y velocidad de rotación (ω_R) es la de sección B.

La distancia entre centros (C), en esta ocasión se asume de 400 mm (15,75 pulg); el valor de ΔL es de 1,8 (tabla 6.13); al aplicar las ecuaciones (6.11) y (6,12) se tiene:

$$76,2 \leq 400 \leq 3*(152,4) \Rightarrow C \text{ cumple con la recomendación}$$

$$L_p = \left[2 * 0,4 + \frac{\pi}{2} * (0,0762 + 0,0762) \right] m = 1,039 \text{ m} = 40,92 \text{ pulg}$$

$$L = 40,92 \text{ pulg} - 1,8 \text{ pulg} = 39,12 \text{ pulg}$$

A continuación se escoge la banda B39 y se obtiene la distancia entre centros (C) final de 398,5 mm (15,68 pulg).

El factor de corrección de longitud k_2 se obtiene de la tabla 6.16 por interpolación lineal y es de 0,825.

TABLA 6.16: Factor de corrección de longitud (k_2) para la banda B51.

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Longitud estándar, pulg, y Factor de corrección de longitud para bandas en V					
Longitud nominal	Sección transversal				
	A	B	C	D	E
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			

TABLA 6.17: Potencias nominales para la banda de sección B con diámetros de 3 pulg.

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico; Autor.

POTENCIAS NOMINALES PARA BANDAS DE SECCIÓN B (d = 3 pulg)												
Velocidad de rotación, ω [rpm]	17,5	200	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	3400	3800	4200
Potencia por banda, P_{tab} [hp]	0,13	0,24	0,51	0,63	0,73	0,79	0,80	0,81	0,83	0,86	0,87	0,92

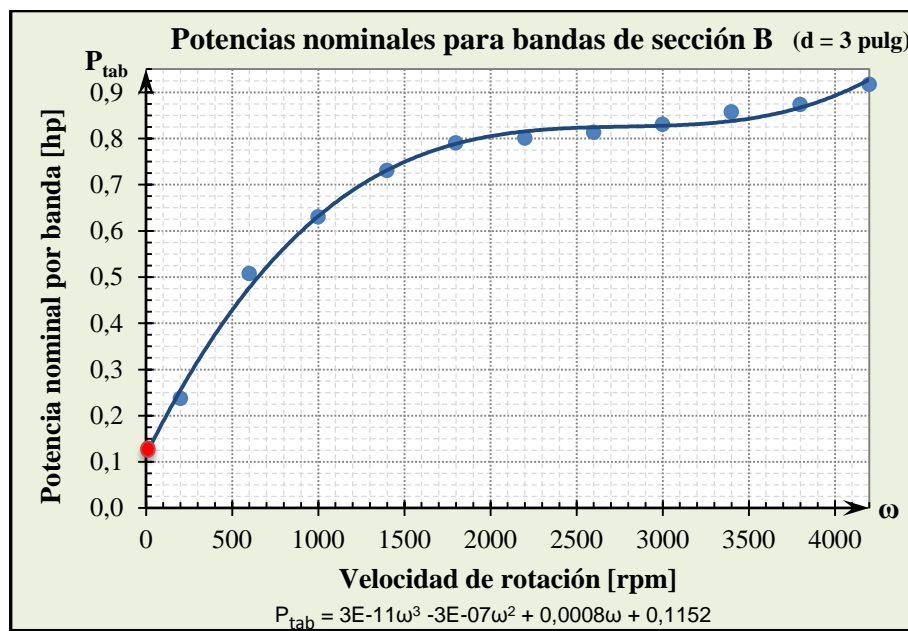


GRÁFICO 6.2: Potencias nominales para bandas de sección B con diámetros de 3 pulg.

Fuente: Autor.

Para encontrar la potencia nominal permisible por banda (P_{tab}) primero se realiza extrapolaciones de la tabla de potencias nominales (ver anexo B) para diámetros de 3 pulg a distintas velocidades de rotación (ver tabla 6.17), a continuación se realiza el diagrama de los datos obtenidos en la tabla 6.17 y se determina la ecuación de la línea de tendencia que sirve para encontrar dicha potencia. De esta manera se tiene que la potencia permisible por banda es de 0,13 hp (gráfico 6.2).

Entonces el número de bandas necesario será:

$$P_a = 1 * 0,825 * 0,13 \text{ hp} = 0,107 \text{ hp}$$

$$\#_b = \frac{0,082 \text{ hp}}{0,107 \text{ hp}} = 0,77 \leq 1$$

Por lo tanto una banda es suficiente para transmitir la potencia del reductor al rodillo.

A continuación se calculará las fuerzas (tensiones) que ejerce la banda de esta transmisión sobre el rodillo para su posterior diseño. Las siguientes ecuaciones sirven para dicho cálculo: [20]

$$P_R = (F_1 - F_2) * v \quad [W] \quad (6.13)$$

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f*\theta} \quad (6.14)$$

$$F_c = \frac{k_c * v^2}{5,8} \quad [N] \quad (6.15)$$

$$F_1 = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \quad [N] \quad (6.16)$$

Donde:

F_1 : Fuerza de la banda en la dirección del movimiento [N].

F_2 : Fuerza de la banda en la dirección contraria al movimiento [N].

F_c : Fuerza circunferencial debida a la fuerza centrífuga [N].

f : Coeficiente de fricción entre la banda en V y la polea [adimensional].

k_c : Factor de fuerza centrífuga [$lb * \text{min}^2 / \text{pie}^2$].

F_i : Tensión inicial de la banda [N].

v : Velocidad lineal de a banda en V [m/s].

θ : Ángulo de contacto de la banda con al polea menor [rad].

La velocidad lineal de la banda es la siguiente:

$$v = \omega_R * \frac{d}{2} = 1,83 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{0,0762 \text{ m}}{2} = 0,0697 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El factor k_c tiene una magnitud de 0,965 y se obtiene de la tabla 6.18.

TABLA 6.18: Factor de fuerza centrífuga (k_c) para bandas en V.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Factor de fuerza centrífuga para bandas en V	
Sección de la banda	K_c
A	0.561
B	0.965
C	1.716
D	3.498
E	5.041

La ecuación (6.15) se deduce para unidades del sistema internacional (a excepción del factor k_c) en base a la referencia 20, al reemplazar valores se tiene:

$$F_c = \frac{0,965 * 0,0697^2}{5,8} = 8,08 * 10^{-4} \text{ N}$$

El coeficiente de fricción es 0,5123 para bandas en V [20] y el ángulo θ es de 180° .

Al utilizar las ecuaciones (6.13) y (6.14) se puede encontrar los valores de las fuerzas F_1 y F_2 de la siguiente manera:

$$50,84 = (F_1 - F_2) * 0,0697 \Rightarrow F_1 = 729,41 + F_2$$

$$\frac{F_1 - 8,08 * 10^{-4}}{F_2 - 8,08 * 10^{-4}} = e^{0,5123 * \pi} \Rightarrow 5 * F_2 - F_1 - 4,04 * 10^{-3} = 0$$

$$5 * F_2 - 729,41 - F_2 - 4,04 * 10^{-3} = 0 \Rightarrow F_2 = 182,35 \text{ N}$$

$$F_1 = 729,41 - 182,35 \text{ N} = 911,76 \text{ N}$$

Las fuerzas de la banda calculadas tienen un ángulo de depresión de $38,11^\circ$.

Ahora se calculará la tensión inicial a la que debe ser sometida la banda:

$$F_i = \frac{911,76 \text{ N} + 182,35 \text{ N}}{2} - 8,08 * 10^{-4} \text{ N} = 547,05 \text{ N}$$

6.6.2.4 Diseño del rodillo conductor

Diseño por resistencia estática

Para diseñar el rodillo conductor se deben encontrar todas las cargas que actúan en el mismo. Se iniciará con la determinación de las cargas efectuadas por la banda.

En la figura 6.5 se muestran las fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conductor. Las ecuaciones (6.17), (6.18) y (6.19) sirven para determinar sus valores. [19]

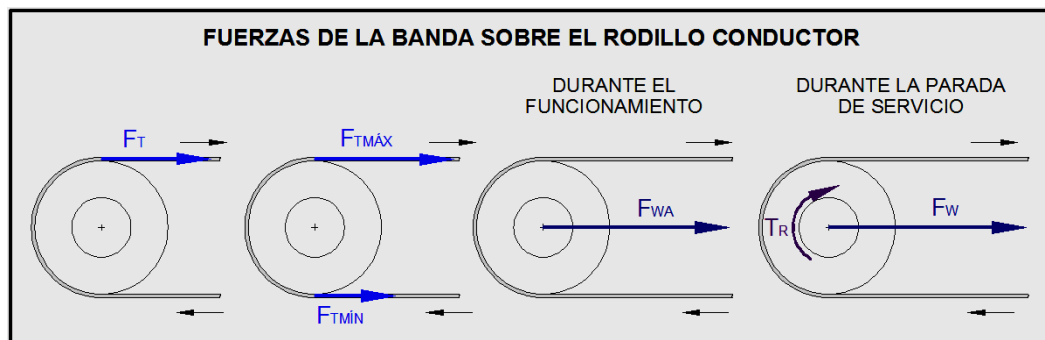


FIGURA 6.5: Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conductor.

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento; Autor.

$$F_{TMÍN} = F_{TMÁX} - F_T \quad [\text{N}] \quad (6.17)$$

$$F_W = 1,5 * F_{TMÁX} + 0,5 * F_{TMÍN} \quad [\text{N}] \quad (6.18)$$

$$F_{WA} = F_{TMÁX} + F_{TMÍN} \quad [\text{N}] \quad (6.19)$$

Donde:

$F_{TMÍN}$: Fuerza tangencial al rodillo por la tracción mínima de la banda [N].

F_{WA} : Fuerza radial sobre el rodillo conductor durante el funcionamiento [N].

F_W : Fuerza radial sobre los rodillos durante la parada de servicio [N].

Reemplazando valores se tiene:

$$F_{T\text{MÍN}} = 1026,70 \text{ N} - 488,90 \text{ N} = 537,80 \text{ N}$$

$$F_W = 1,5 * 1026,70 \text{ N} + 0,5 * 537,8 \text{ N} = 1808,95 \text{ N}$$

$$F_{WA} = 1026,70 \text{ N} + 537,80 \text{ N} = 1564,50 \text{ N}$$

De las dos fuerzas radiales encontradas (F_W y F_{WA}) se utiliza la que tiene mayor valor ($F_W = 1808,95 \text{ N}$). Para hallar el momento torsor (T_r) que ejerce la banda sobre el eje del rodillo se emplea la fuerza tangencial a la banda (F_T), con lo que se obtiene:

$$T_r = \frac{F_T * D}{2} = \frac{488,90 \text{ N} * 0,114 \text{ m}}{2} = 27,87 \text{ N} * \text{m}$$

La carga máxima radial por unidad de longitud (q_r) que actúa sobre el rodillo conductor se obtiene de la siguiente manera:

$$q_r = \frac{F_W}{a_B} = \frac{1808,95 \text{ N}}{0,6 \text{ m}} = 3014,92 \text{ N/m}$$

El siguiente paso es calcular las componentes de la fuerza que ejerce la banda en V sobre el rodillo conductor (F_{bvy} y F_{bvz}), para lo cual se utiliza la figura 6.6.

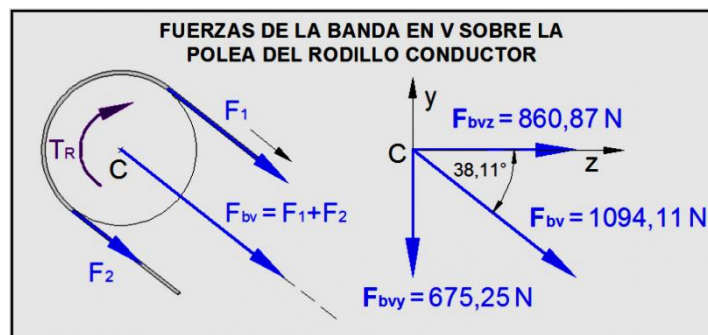


FIGURA 6.6: Fuerzas de la banda en V sobre la polea del rodillo conductor.

Fuente: Autor.

Una vez encontradas las fuerzas que actúan sobre el rodillo conductor, se procede a realizar los diagramas de cuerpo libre, presentados en las figuras 6.7 y 6.8.

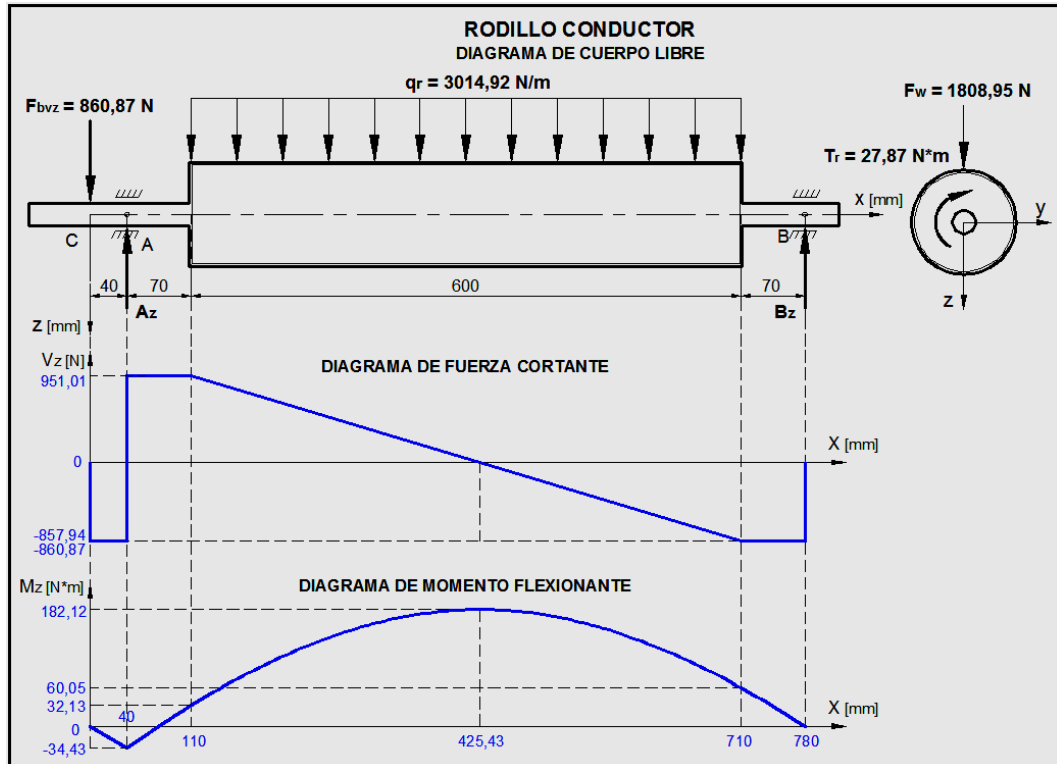


FIGURA 6.7: Diagramas del rodillo conductor en el plano xz.
Fuente: Autor.

Al aplicar la segunda ley de Newton en la figura 6.7 se tiene lo siguiente:

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-3014,92 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0,6 \text{ m} * 0,37 \text{ m} + B_z * 0,74 \text{ m} + 860,87 \text{ N} * 0,04 \text{ m} = 0$$

$$B_z = 857,94 \text{ N}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$3014,92 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 0,6 \text{ m} * 0,37 \text{ m} - A_z * 0,74 \text{ m} + 860,87 \text{ N} * 0,78 \text{ m} = 0$$

$$A_z = 1811,88 \text{ N}$$

Al aplicar la segunda ley de Newton en la figura 6.8 se tiene lo siguiente:

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow 675,25 \text{ N} * 0,04 \text{ m} - B_y * 0,74 \text{ m} = 0$$

$$B_y = 36,50 \text{ N}$$

$$\Sigma M_B = 0 \Rightarrow 675,25 \text{ N} * 0,78 - A_y * 0,74 \text{ m} = 0$$

$$A_y = 711,75 \text{ N}$$

$$A = \sqrt{A_y^2 + A_z^2} = \sqrt{(711,75 \text{ N})^2 + (1811,88 \text{ N})^2} = 1946,66 \text{ N}$$

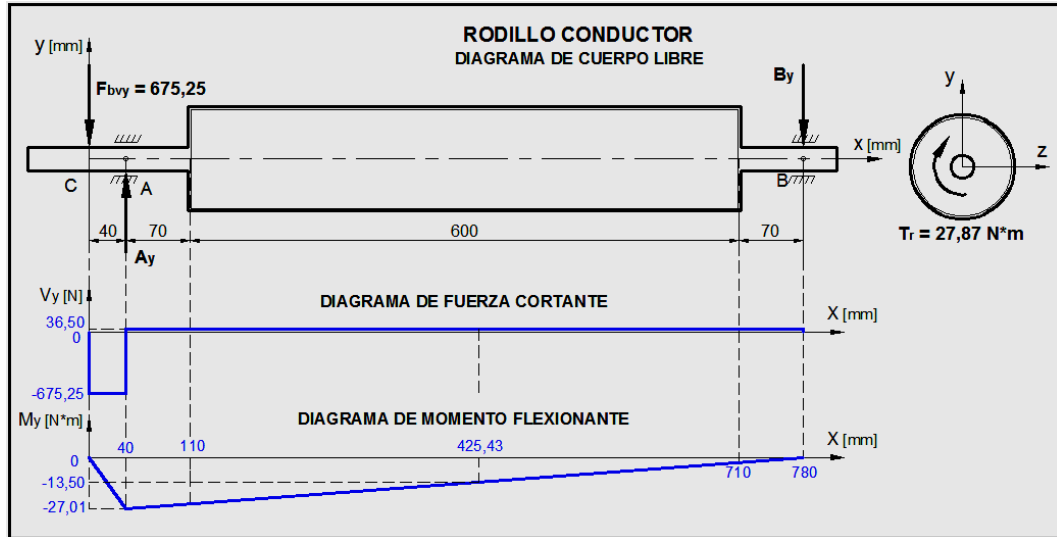


FIGURA 6.8: Diagramas del rodillo conductor en el plano xy.

Fuente: Autor.

Con los momentos máximos de las figuras 6.7 y 6.8 se calcula los momentos flexionantes máximos para el eje (M_e) y para el tubo (M_t) del rodillo conductor:

$$M_e = \sqrt{34,43^2 + 27,01^2} \text{ N} \cdot \text{m} = 43,76 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_t = \sqrt{182,12^2 + 13,50^2} \text{ N} \cdot \text{m} = 182,62 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Antes de continuar con los cálculos se asume las dimensiones del tubo y eje del rodillo conductor (ver figura 6.9 y tabla 6.19), para luego proceder a verificar si es satisfactorio su dimensionamiento: ($D = 114 \text{ mm}$; $d = 30 \text{ mm}$).

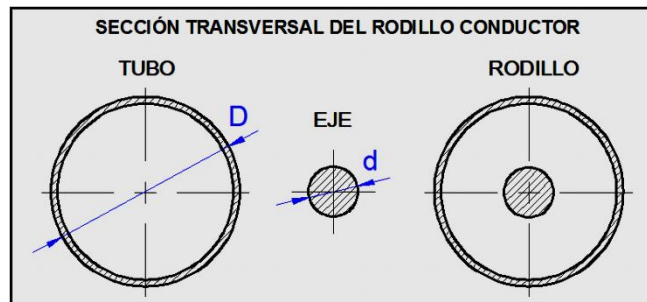


FIGURA 6.9: Sección transversal del tubo del rodillo conductor.

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

TABLA 6.19: Especificaciones generales del tubo del rodillo conductor.
Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR	PESO	AREA			
D		e	P	A	I	W	i
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ³	cm ³	cm
4"	114.30	2.00	5.67	7.06	111.23	19.46	3.97

Con los momentos flexionantes y el torque se procede a calcular el esfuerzo normal y cortante para cada elemento (W_t : módulo resistente de la sección del rodillo):

$$\sigma_{xt} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{182,62 \text{ N} \cdot \text{m}}{19,46 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 9,384 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xe} = \frac{32 \cdot M_e}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (43,76 \text{ N} \cdot \text{m})}{\pi \cdot (0,03 \text{ m})^3} = 16,509 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xzt} = \frac{T_r}{2 \cdot W_t} = \frac{27,87 \text{ N} \cdot \text{m}}{2 \cdot 19,46 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} = 0,7161 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xze} = \frac{16 \cdot T_r}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (27,87 \text{ N} \cdot \text{m})}{\pi \cdot (0,03 \text{ m})^3} = 5,257 \text{ MPa}$$

El material del tubo es Acero ASTM A500, y el material del eje es Acero AISI 1018 cuyas propiedades son (anexo B):

ASTM A500: Límite de fluencia (S_y) = 228 MPa; Límite de Rotura (S_{ut}) = 310 MPa.

AISI 1018: Límite de fluencia (S_y) = 220 MPa; Límite de Rotura (S_{ut}) = 400 MPa.

Ahora se procede a calcular el factor de seguridad para cada elemento, para lo cual se aplica la teoría de falla de la energía de distorsión o de von Mises (Recomendada), que se utiliza para materiales dúctiles [20]. Las ecuaciones (6.20) y (6.21) se utilizan para encontrar el esfuerzo efectivo (σ') y el factor de seguridad (n) para ambos casos:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3 * \tau_{xz}^2} \quad [\text{MPa}] \quad (6.20)$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (6.21)$$

$$\sigma'_t = \sqrt{(9,384 \text{ MPa})^2 + 3 * (0,7161 \text{ MPa})^2} = 9,466 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_e = \sqrt{(16,509 \text{ MPa})^2 + 3 * (5,257 \text{ MPa})^2} = 18,854 \text{ MPa}$$

$$n_t = \frac{228 \text{ MPa}}{9,466 \text{ MPa}} = 24,09$$

$$n_e = \frac{220 \text{ MPa}}{18,854 \text{ MPa}} = 11,67$$

En el tubo se tiene un factor de seguridad alto, sin embargo no se reducirá el diámetro exterior del tubo debido a que el empalme de apriete de unión de la banda rodará mejor en una superficie con mayor radio de curvatura (diámetro mayor). Tampoco se puede disminuir el espesor del tubo ya a que es el mínimo existente para dicho diámetro (anexo B).

El eje también se encuentra con un factor de seguridad considerable, en este caso tampoco se reducirá su diámetro debido a la facilidad que se presenta en el montaje de un eje de mayor tamaño. Además al tener un factor de seguridad alto se asegura un normal desempeño en condiciones de mayor flujo másico o capacidad de carga de desechos sólidos.

Diseño por resistencia a la fatiga

El diseño del rodillo conductor se basa en la referencia 20 (relación de Goodman modificada para casos de falla). Mediante las ecuaciones de la (6.22), a la (6.26) se puede determinar si las dimensiones del rodillo son suficientes para resistir a la fatiga.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \quad [\text{MPa}] \quad (6.22)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\text{máx}} + \sigma_{\text{mín}}}{2} \quad [\text{MPa}] \quad (6.23)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}}{2} \quad [\text{MPa}] \quad (6.24)$$

$$S_a = S_e * \left(1 - \frac{\sigma_m}{S_{ut}}\right) \quad [\text{MPa}] \quad (6.25)$$

$$n = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad (6.26)$$

Donde:

S_e : Límite de fatiga de un elemento de máquina [MPa].

S_e' : Límite de fatiga de una probeta de viga rotatoria [MPa].

k_a : factor de acabado superficial [adimensional].

k_b : factor de tamaño [adimensional].

k_c : factor de carga [adimensional].

k_d : factor de temperatura [adimensional].

k_e : factor de confiabilidad [adimensional].

k_f : factor de efectos diversos [adimensional].

$\sigma_{\text{máx}}$: esfuerzo fluctuante máximo [MPa].

$\sigma_{\text{mín}}$: esfuerzo fluctuante mínimo [MPa].

σ_a : amplitud de esfuerzo [MPa].

σ_m : esfuerzo a medio intervalo [MPa].

S_a : esfuerzo alternante [MPa].

El factor de seguridad se calculará con los datos del eje, debido a que en el diseño estático este elemento es el más propenso a fallar.

TABLA 6.20: Factores de acabado de superficies.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica.*

Factores de acabado de superficies				
Surface Finish	Acabado Superficial	Factor a		Exponent b
		S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Ground	ESMERILADO	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	MAQUINADO □ ESTIR. EN FRÍO	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	LAMINADO EN CALIENTE	14.4	57.7	-0.718
As-forged	FORJADO	39.9	272.	-0.995

El factor k_a se obtiene con la ecuación (6.27), donde los factores a y b tienen los valores de 57,7 y -0,718 respectivamente (tabla 6.20).

$$k_a = a * S_{ut}^b \quad (6.27)$$

$$k_a = 57,7 * 380^{-0,718} = 0,810$$

El factor k_b se determina mediante la ecuación (6.28) que se utiliza para flexión y torsión para diámetros (d) comprendidos entre 2,79 y 51 mm.

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107} \quad (6.28)$$

$$k_b = 1,24 * d^{-0,107} = 1,24 * 30^{-0,107} = 0,862$$

TABLA 6.21: Factores de confiabilidad k_e correspondiente a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Factores de Confiabilidad k_e de una desviación estándar de 8% del límite de fatiga		
Confiabilidad, %	Variable estandarizada	Factor de Confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

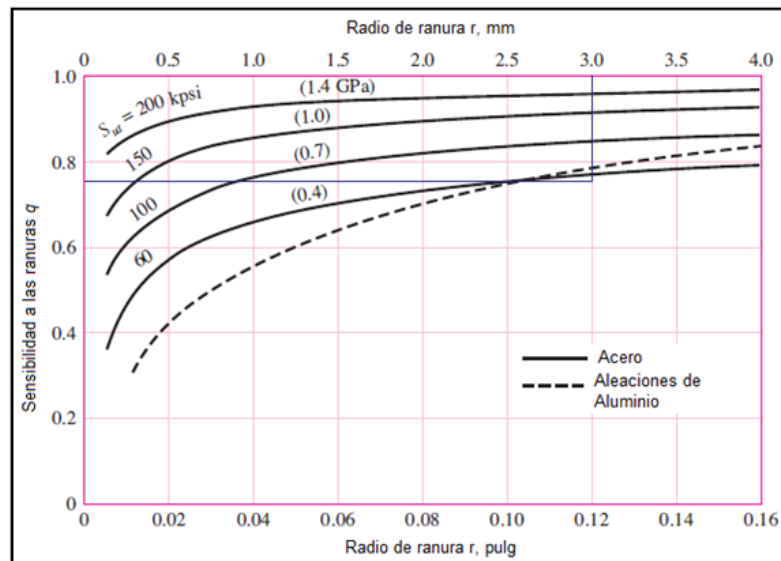


GRÁFICO 6.3: Sensibilidad a la ranura para flexión y carga axial.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Para flexión y torsión se tiene que el factor de carga k_c es igual a 1. El factor k_d tiene un valor de 1 para la temperatura ambiente. El factor k_e equivale a 0,868 para una confiabilidad del 95% (tabla 6.21). El factor k_f se calcula con la ecuación (6.29), donde q (sensibilidad a las ranuras) se obtiene del gráfico 6.3 y k_t (factor de concentración de esfuerzos) se encuentra en el gráfico 6.4.

$$k_f = [1 + q * (k_t - 1)]^{-1} \quad (6.29)$$

Si se toma un radio de ranura (r) de 3 mm, se tiene que q vale 0,76. Las relaciones D/d y r/d valen 3,8 y 0,1 respectivamente al considerar los diámetros del tubo y eje asumidos anteriormente.

$$K_f = [1 + 0,76 * (1,85 - 1)]^{-1} = 0,608$$

El valor del límite de fatiga S_e' se obtiene con la ecuación (6.30) y reemplazando valores en la ecuación (6.22) se tiene:

$$\text{Si } S_{ut} \leq 1400 \text{ MPa} \Rightarrow S_e' = 0,504 * S_{ut} \quad [\text{MPa}] \quad (6.30)$$

$$S_e' = 0,504 * 400 \text{ MPa} = 201,6 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0,810 * 0,862 * 1 * 1 * 0,868 * 0,608 * 201,6 \text{ MPa} = 74,29 \text{ MPa}$$

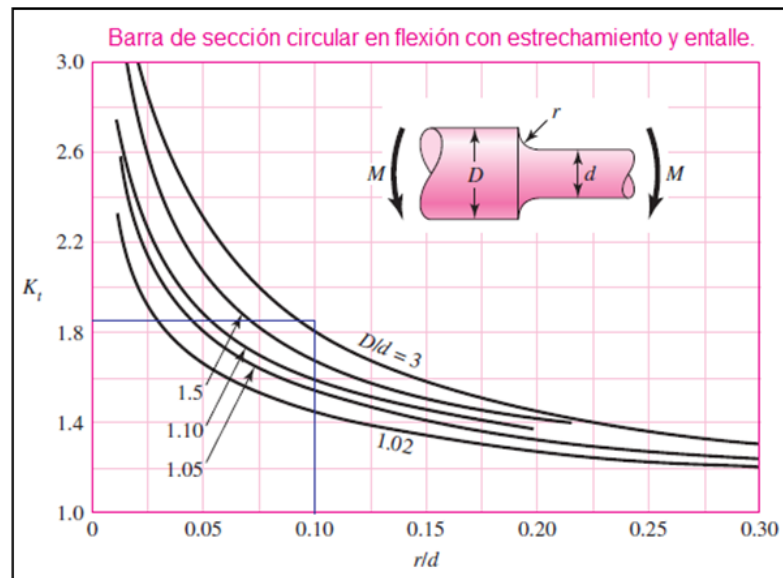


GRÁFICO 6.4: Barra de sección circular en flexión con estrechamiento y entalle.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica*.

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{\text{máx}} = \sigma_{x_e} = 16,509 \text{ MPa}; \sigma_{\text{mín}} = -\sigma_{x_e} = -16,509 \text{ MPa}$$

Al reemplazar valores en las ecuaciones de la (6.23) a la (6.26) se determina el factor de seguridad para la resistencia a la fatiga (n_r):

$$\sigma_m = \frac{16,509 \text{ MPa} - 16,509 \text{ MPa}}{2} = 0$$

$$\sigma_a = \frac{16,509 \text{ MPa} + 16,509 \text{ MPa}}{2} = 16,509 \text{ MPa}$$

$$S_a = 74,29 \text{ MPa} * \left(1 - \frac{0 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}}\right) = 74,29 \text{ MPa}$$

$$n_r = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{74,29 \text{ MPa}}{16,509 \text{ MPa}} = 4,50$$

Mediante el diseño a fatiga se obtiene un factor de seguridad adecuado, por lo tanto las secciones transversales asumidas para el tubo y eje del rodillo son válidas.

Si se analiza la posible fluencia del rodillo a causa de la fatiga se tiene el siguiente factor de seguridad:

$$n_r = \frac{S_y}{\sigma_{\text{máx}}} = \frac{S_y}{\sigma_a} = \frac{220 \text{ MPa}}{16,509 \text{ MPa}} = 13,33$$

Por lo tanto el rodillo tampoco fallará por fluencia debido a la fatiga.

6.6.2.5 Diseño del rodillo conducido

Diseño por resistencia estática

Las cargas ejercidas por la banda textil sobre el rodillo conducido son las mismas que actúan sobre el rodillo conductor, a excepción de la fuerza radial (F_{WU}) ejercida durante el funcionamiento (ver figura 6.10), es decir se tiene lo siguiente [19]:

$F_T = 488,90 \text{ N}$; $F_{T\text{Máx}} = 1026,70\text{N}$; $F_{T\text{Mín}} = 537,80 \text{ N}$; $F_W = 1808,95 \text{ N}$; $T_R = 27,87 \text{ N*m}$; $q = 3014,92 \text{ N/m}$.

$$F_{WU} = 2 * F_{T\text{Mín}} = 2 * 537,80 \text{ N} = 1075,60 \text{ N}$$

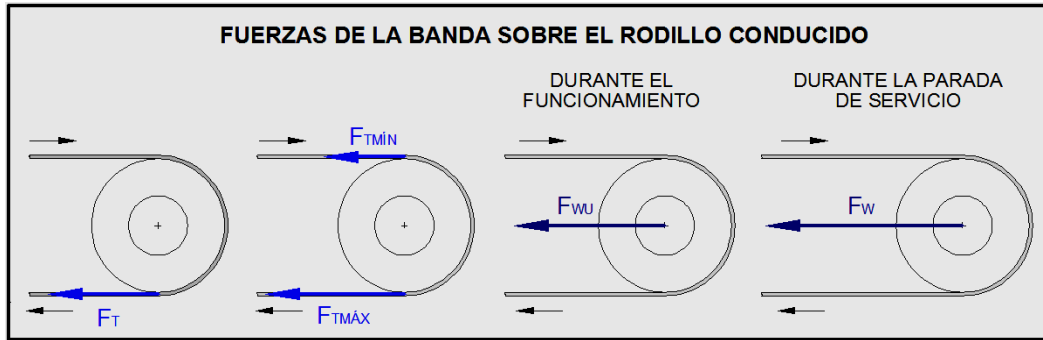


FIGURA 6.10: Fuerzas que la banda ejerce sobre el rodillo conducido.

Fuente: Siegling Transilon. Cálculo de bandas de transporte y procesamiento; Autor.

El diagrama de cuerpo libre del rodillo conducido se muestra en la figura 6.11.

Para el diseño de un elemento cualquiera, se requiere utilizar las fuerzas con mayor valor, en este caso la carga radial máxima que actúa en el rodillo conducido es F_w .

El diseño del rodillo conducido se basará en las ecuaciones y procedimiento realizado en el rodillo conductor. Se asume la misma sección transversal del rodillo conductor (ver figura 6.9 y tabla 6.19).

Al aplicar la segunda ley de Newton se tiene:

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -3014,92 \text{ N/m} * 0,6 \text{ m} * 0,37 \text{ m} + B_z * 0,74 \text{ m} = 0$$

$$B_z = 904,48 \text{ N} = A_z \text{ (debido a que existe simetría)}$$

Con los momentos flexionantes máximos y torque (figura 6.11) se calcula los esfuerzos normal y cortante para el tubo y el eje:

$$\sigma_{x_t} = \frac{M_t}{W_t} = \frac{198,99 \text{ N} * \text{m}}{19,46 * 10^{-6} \text{ m}^3} = 10,226 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{x_e} = \frac{32 * M_e}{\pi * d^3} = \frac{32 * (63,31 \text{ N} * \text{m})}{\pi * (0,03 \text{ m})^3} = 23,884 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz_t} = \frac{T_r}{2 * W_t} = \frac{27,87 \text{ N} * \text{m}}{2 * 19,46 * 10^{-6} \text{ m}^3} = 0,7161 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xz_e} = \frac{16 * T_r}{\pi * d^3} = \frac{16 * (27,87 \text{ N} * \text{m})}{\pi * (0,03 \text{ m})^3} = 5,257 \text{ MPa}$$

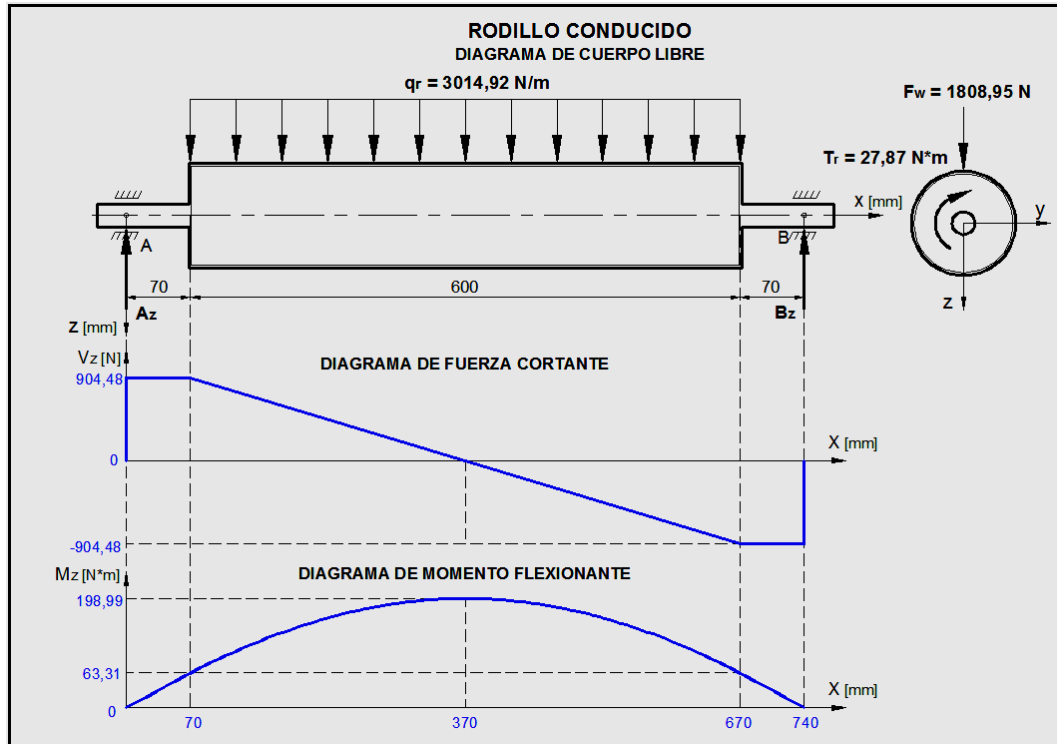


FIGURA 6.11: Diagramas del rodillo conducido.

Fuente: Autor.

Ahora sigue el cálculo del factor de seguridad para cada elemento, aplicando la teoría de falla de la energía de distorsión o de von Mises:

$$\sigma'_t = \sqrt{(10,226 \text{ MPa})^2 + 3 * (0,7161 \text{ MPa})^2} = 10,301 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_e = \sqrt{(23,884 \text{ MPa})^2 + 3 * (5,257 \text{ MPa})^2} = 25,561 \text{ MPa}$$

$$n_t = \frac{228 \text{ MPa}}{10,301 \text{ MPa}} = 22,13$$

$$n_e = \frac{220 \text{ MPa}}{25,561 \text{ MPa}} = 8,61$$

Diseño por resistencia a la fatiga

El límite de fatiga S_e del rodillo conducido es el mismo del conductor (74,29 MPa)

Los esfuerzos fluctuantes máximos y mínimos son:

$$\sigma_{\text{máx}} = \sigma_{x_e} = 23,884 \text{ MPa}; \sigma_{\text{mín}} = -\sigma_{x_e} = -23,884 \text{ MPa}$$

A continuación se determina el factor de seguridad para la resistencia a la fatiga (n_R):

$$\sigma_m = \frac{23,884 \text{ MPa} - 23,884 \text{ MPa}}{2} = 0$$

$$\sigma_a = \frac{23,884 \text{ MPa} - 23,884 \text{ MPa}}{2} = 23,884 \text{ MPa}$$

$$S_a = 74,29 \text{ MPa} * \left(1 - \frac{0 \text{ MPa}}{400 \text{ MPa}}\right) = 74,29 \text{ MPa}$$

$$n_r = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{74,29 \text{ MPa}}{23,884 \text{ MPa}} = 3,11$$

Al analizar la posible fluencia del rodillo a causa de la fatiga se tiene el siguiente factor de seguridad:

$$n_r = \frac{S_y}{\sigma_{\text{máx}}} = \frac{S_y}{\sigma_a} = \frac{220 \text{ MPa}}{23,884 \text{ MPa}} = 9,21$$

Se tiene que el rodillo conducido no fallará ni por resistencia estática ni por fatiga.

6.6.2.6 Selección de los rodamientos de los rodillos

Se seleccionarán rodamientos rígidos de bolas (puesto que existen cargas pequeñas) en base al catálogo del fabricante SKF, para lo cual se utilizará la reacción A (1946,66 N) del rodillo conductor (por ser la de mayor existente entre ambos rodillos) y se elegirá un solo rodamiento debido a la semejanza de los rodillos y condiciones de montaje. Las siguientes ecuaciones permiten calcular de los rodamientos para carga radial pura con una confiabilidad de 90% y temperatura de funcionamiento $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$ [21]:

$$C_0 = S_0 * P_0 \quad [\text{N}] \quad (6.31)$$

$$P_0 = F_r \quad [\text{N}] \quad (6.32)$$

$$C = P * \sqrt[3]{\frac{60 * L_{10h} * n}{10^6}} \quad [\text{N}] \quad (6.33)$$

$$P = F_r \quad [\text{N}] \quad (6.34)$$

Donde:

C_0 : Capacidad de carga estática del rodamiento [N].

C : Capacidad de carga dinámica del rodamiento [N].

S_0 : Factor de seguridad estático [adimensional].

F_r : Carga radial real [N].

P_0 : Carga estática equivalente [N].

P : Carga dinámica equivalente [N].

L_{10h} : Duración nominal del rodamiento [h].

n : Velocidad constante de rotación [rpm].

El factor S_0 toma un valor de 1 para condiciones de trabajo medias y situaciones normales de vibración. Con las ecuaciones (6.31), (6.32) y (6.34) se tiene:

$$P_0 = F_r = A = 1946,66 \text{ N} = P$$

$$C_0 = 1 * 1946,66 \text{ N} = 1946,66 \text{ N}$$

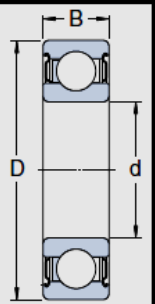
La duración del rodamiento es de 30 000 h para cintas transportadoras [21] y la velocidad de rotación equivale a la velocidad de rotación del rodillo ($n = n_R$).

$$C = 1946,66 \text{ N} * \sqrt[3]{\frac{60 * 30\,000 * 17,5}{10^6}} = 6147,9 \text{ N}$$

A continuación se buscará un rodamiento SKF que tenga diámetro interior de 25 mm por cuestiones de facilidad para el montaje, además debe existir una chumacera de pared y tensora para el rodamiento escogido. El rodamiento seleccionado es el 6005, cuyas características se muestran en la tabla 6.22.

TABLA 6.22: Características generales del rodamiento 6005.
Fuente: Catálogo de rodamientos SKF.

Rodamiento Rígido de Bolas						
Dimensiones principales			Capacidad de carga		Masa	Designación
d	D	B	estática C_0	dinámica C		
mm			N	N	kg	-
25	47	12	5 600	11 200	0,080	6005



Los valores de C_0 y C calculados son menores que los de la tabla 6.22, por lo tanto el rodamiento seleccionado cumple con seguridad los requerimientos de carga.

6.6.2.7 Diseño de la varilla roscada para la chumacera tensora.

Para el presente diseño se asumirá el diámetro exterior de la varilla roscada (D_v) debido al tamaño de agujero de la chumacera tensora, para proceder a determinar si el diámetro asumido satisface o no los requerimientos de seguridad mediante los siguientes métodos de diseño [20]: $D_v = 3/4$ pulg (19,05 mm).

Diseño de la varilla como columna

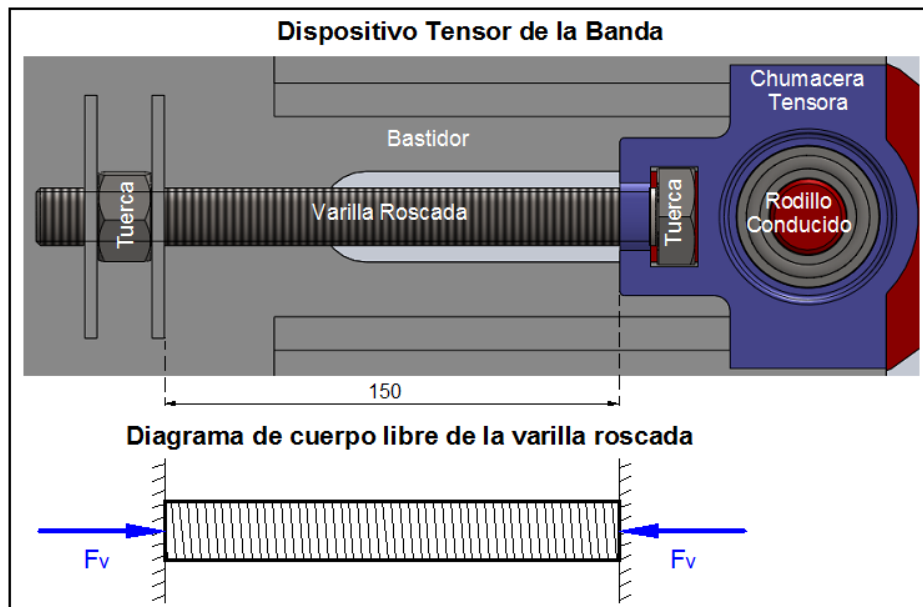


FIGURA 6.12: Dispositivo tensor y diagrama de cuerpo libre de la varilla roscada.

Fuente: Autor.

Para este análisis se considera la posición más extrema en la que puede ocurrir pandeo, la misma se presenta en la figura 6.12, donde F_v es la fuerza que ejerce el rodillo conducido (a través de la chumacera) sobre la varilla roscada.

$$F_v = \frac{F_w}{2} = \frac{1808,95 \text{ N}}{2} = 904,48 \text{ N}$$

Las siguientes ecuaciones permiten encontrar la carga crítica máxima (P_{crit}) que puede soportar este elemento a compresión sin que exista pandeo: [22]

$$r_G = \sqrt{\frac{I}{A_t}} \quad [\text{m}] \quad (6.35)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad (6.36)$$

$$\text{Si } \frac{k * l_V}{r_G} \geq C_c \Rightarrow \frac{P_{cr}}{A_t} = \frac{\pi^2 * E}{1,92 * \left(\frac{k * l_V}{r_G}\right)^2} \quad (6.37) \quad \text{Ecuación de Euler}$$

$$\text{Si } \frac{l_V}{r_G} < C_c \Rightarrow \frac{P_{cr}}{A_t} = \frac{\left[1 - \frac{\left(\frac{k * l_V}{r_G}\right)^2}{C_c^2}\right] * S_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 * \left(\frac{k * l_V}{r_G}\right)}{8 * C_c} + \frac{\left(\frac{k * l_V}{r_G}\right)^3}{8 * C_c^3}} \quad (6.38) \quad \text{Ecuación Parabólica}$$

Donde:

r_G : Radio de giro o radio de inercia [m].

I : Momento de inercia de área [m⁴].

A_t : Área media de la sección transversal [m²].

l_V : Longitud de la columna (varilla roscada) [m].

$k * l_V / r_G$: Relación de esbeltez [adimensional].

C_c : Relación de esbeltez crítica que separa el pandeo elástico del inelástico [adimensional].

k : Factor de longitud efectiva [adimensional].

E : Módulo de elasticidad del material [GPa].

P_{cr} : Carga crítica permisible de una columna [N].

El área transversal se toma de la tabla 6.23 para una rosca de ¾ pulg UNC, el diámetro medio (d_m) y el radio de giro se obtienen a continuación:

$$d_m = \sqrt{\frac{4 * A_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,334 * (0,0254\text{m})^2}{\pi}} = 0,0166 \text{ m}$$

$$r_G = \sqrt{\frac{I}{A_t}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi * d_m^4}{64}}{A_t}} = \sqrt{\frac{\pi * (0,0166 \text{ m})^4}{64 * 0,334 * (0,0254 \text{ m})^2}} = 4,159 \times 10^{-3} \text{ m}$$

TABLA 6.23: Características de roscas unificadas UNC y UNF.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. *Diseño en Ingeniería Mecánica.*

Características de roscas unificadas UNC y UNF							
Designación de Tamaño	Diámetro Mayor Nominal pulg	Serie Basta - UNC			Serie Fina - UNF		
		Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, A_t , pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²	Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, A_t , pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351

TABLA 6.24: Longitudes efectivas de columnas.

Fuente: McCormac Jack. *Diseño de Estructuras de Acero.*

LONGITUDES EFECTIVAS DE COLUMNAS						
Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo						
	Rotación y traslación impedidos	Rotación libre y traslación impedida	Rotación impedida y traslación libre	Rotación y traslación libres		

Según a tabla 6.24 se escoge el factor de longitud efectiva ($k = 0,65$). A continuación se asimilará la varilla roscada al perno de grado SAE No 2 (para uso general), cuyo límite de fluencia es de 392,7 MPa (57 kpsi) (ver tablas 6.25 y 6.26); además se escoge el módulo de elasticidad para el acero al carbono (ver anexo B), que tiene un valor de 207 GPa.

Al calcular las dos relaciones de esbeltez se tiene:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207 \times 10^9 \text{ Pa}}{392,7 \times 10^6 \text{ Pa}}} = 102,00$$

$$\frac{k * l_V}{r_G} = \frac{0,65 * 0,150 \text{ m}}{4,159 \times 10^{-3} \text{ m}} = 23,44$$

TABLA 6.25: Especificaciones SAE para pernos de acero.
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.



Especificaciones SAE para pernos de acero						
Grado SAE No.	Intervalo de tamaños, pulg	Resistencia de prueba mínima, kpsi	Resistencia mínima a la tensión, kpsi	Resistencia mínima a la fluencia, kpsi	Material	Marca de cabeza
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de mediano o bajo carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		

TABLA 6.26: Requerimientos mecánicos para pernos de acero.
Fuente: Catálogo de tuercas y tornillos Garniet 2009.

CATÁLOGO DE TUERCAS Y TORNILLOS 2009								
Marca Grado Tornillo	Especificación			Material	Diámetro	Resistente a la tracción mínima (PSI)	Límite de fluencia mínima (PSI)	Dureza
	SAE Grado	DIN Grado	ASTM Grado					
	J-429			Acero bajo carbono	$\frac{1}{4}$ " - $\frac{3}{4}$ "	74,000	53,000	80-100 Rb.
	2							
		267	A-307	SAE 1018	$\frac{7}{8}$ " - $1\frac{1}{2}$ "	60,000	36,000	70-100 Rb.
		5.6	B					
	J-1199							
	5.8							

Debido a que $\frac{k * l_V}{r_G} \leq C_c$ se aplicará la ecuación 6.38 (Parabólica) (ver anexo B):

$$P_{cr} = 0,334 * (0,0254\text{m})^2 * \frac{\left[1 - \frac{23,44^2}{102^2}\right] * 392,7 \times 10^6 \text{ Pa}}{\frac{5}{3} + \frac{3 * 23,44}{8 * 102} + \frac{23,44^3}{8 * 102^3}} = 45\,687 \text{ N}$$

Debido a que $P_{cr} \gg F_v$, no existirá pandeo (o desplazamiento lateral) en la varilla.

Diseño por resistencia estática

Para el diseño por resistencia estática se utilizará la longitud de la varilla (h) que va a estar en contacto con la tuerca reguladora, debido a que en esa zona se producen los esfuerzos, es decir el valor es de 16,27 mm (41/64 pulg) (ver tablas 6.20 y 6.21).

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene los esfuerzos normal y cortante por compresión:

$$\sigma_v = \frac{4 * F_v * p_v}{\pi * h * (D_v^2 - d_v^2)} \quad [\text{MPa}] \quad (6.39)$$

$$\tau_v = \frac{F_v}{\pi * h * d_v^2} \quad [\text{MPa}] \quad (6.40)$$

Donde:

p_v : Paso de la varilla roscada [m].

D_v : Diámetro exterior de la varilla roscada [m].

d_v : Diámetro interior de la varilla roscada [m].

TABLA 6.27: Dimensiones de tuercas hexagonales.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Dimensiones de tuercas hexagonales				
Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{3}{4}$	$1 \frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$

El paso toma un valor de $2,54 \times 10^{-3}$ m, el diámetro exterior es el nominal (19 mm) (ver tabla 6.23) y el diámetro interior se calcula a continuación:

$$d_i = \sqrt{\frac{4 * A_t}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,302 * (0,0254\text{m})^2}{\pi}} = 0,0158 \text{ m}$$

TABLA 6.28: Dimensiones de tuercas hexagonales livianas.

Fuente: Catálogo de tuercas y tornillos Garniet 2009.

CATÁLOGO DE TUERCAS Y TORNILLOS GARNIET 2009									
Tuerca Hexagonal liviana									
Diámetro Nominal		F			G		H		
		Distancia entre caras			Distancia entre esquinas		Altura		
Pulg.	mm.	Nom.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Nom.	Máx.	Min.
$\frac{3}{4}$	19.05	1-1/8	1.125	1.088	1.299	1.240	41/64	0.665	0.617

Al reemplazar valores en las ecuaciones (6.39) y (6.40) se tiene:

$$\sigma_v = \frac{4 * 904,48 \text{ N} * 0,00254 \text{ m}}{\pi * 0,01627 \text{ m} * [(0,019\text{m})^2 - (0,0158\text{m})^2]} = 1,61 \text{ MPa}$$

$$\tau_v = \frac{904,48 \text{ N}}{\pi * 0,01627 \text{ m} * (0,0158\text{m})^2} = 70,88 \text{ MPa}$$

Al aplicar la teoría de la energía de la distorsión se determina el esfuerzo efectivo:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_v^2 + 3 * \tau_v^2} = \sqrt{(1,61 \text{ MPa})^2 + 3 * (70,88 \text{ MPa})^2} = 122,78 \text{ MPa}$$

Para encontrar el factor de seguridad, se debe calcular el esfuerzo permisible (S_p) [20]:

$$S_p = 0,85 * S_y = 0,85 * 392,7 \text{ MPa} = 333,8 \text{ MPa}$$

Ahora se procede a calcular el factor de seguridad por resistencia estática:

$$n_v = \frac{S_p}{\sigma'} = \frac{333,8 \text{ MPa}}{122,78 \text{ MPa}} = 2,72$$

Se puede notar que el factor de seguridad estático tiene un valor mínimo permisible, por consiguiente el diseño es satisfactorio a pesar de que en el diseño como columna se haya obtenido una carga crítica demasiado alta.

No se realiza diseño a fatiga (carga variable) debido a que la varilla roscada está sometida únicamente a una carga constante.

La tuerca reguladora puede ser de grado SAE No 1 debido a que al aplicar el mismo diseño estático que para la varilla, se obtiene un esfuerzo cortante de 49 MPa, un esfuerzo efectivo de 84,90 MPa y finalmente un factor de seguridad de 2,92.

6.6.2.8 Diseño de los contenedores laterales

En la selección de los contenedores laterales se utilizará el diseño de resistencia estática por la presencia de únicamente cargas estáticas.

Primero se selecciona un perfil estructural basándose en el espesor de los desechos sobre la banda ($e = 10 \text{ cm}$), el cual corresponderá a la dimensión mayor del perfil. Entonces se escoge una correa G 100X50X15X2 mm para verificar su resistencia (ver tabla 6.29).

Para un diseño se debe analizar la condición más extrema, en este caso se considera que el peso máximo a soportar (W) se distribuye equitativamente en toda el área de contacto (A_T). Así la carga máxima (F_C) que soportará un contenedor es:

A_C : área de contacto de los desechos con cada contenedor [m^2].

$$W = m * g = 90,2 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 884,86 \text{ N}$$

TABLA 6.29: Especificaciones generales de la correa G del contenedor lateral.

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

DIMENSIONES							PESOS			PROPIEDADES					
A	B	C	e	6metros	1metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y					
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	i	I	W	i			
							cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm			
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86			

$$A_T = (a_B + 2 * e) * l_B = (0,6 \text{ m} + 2 * 0,1 \text{ m}) * l_B = (0,8 \text{ m}) * l_B$$

$$A_C = e * l_B = 0,01 \text{ m} * l_B = (0,01 \text{ m}) * l_B$$

$$F_C = \frac{A_C}{A_T} * W = \frac{(0,1 \text{ m}) * l_B}{(0,8 \text{ m}) * l_B} * 884,86 \text{ N} = 110,61 \text{ N}$$

La carga distribuida (q_c) y el momento torsor (T_c) que ejercen los residuos sobre el contenedor serán:

$$q_c = \frac{F_C}{l_B} = \frac{110,61 \text{ N}}{5 \text{ m}} = 22,122 \text{ N/m}$$

$$T_c = \frac{F_C * e}{2} = \frac{110,61 \text{ N} * 0,1 \text{ m}}{2} = 5,531 \text{ N * m}$$

La figura 6.13 muestra el diagrama de cuerpo libre del contenedor lateral. Para facilitar los cálculos se considera un solo tramo de los tres existentes en cada contenedor.

Al utilizar las ecuaciones para las reacciones y el momento máximo en el caso de apoyos simples con carga uniforme (ver anexo B), se tiene:

$$A_x = B_x = \frac{q_c * l}{2} = \frac{22,122 \text{ N/m} * 5/3 \text{ m}}{2} = 18,435 \text{ N}$$

$$M_c = \frac{q_c * x}{2} * (l - x) = \frac{q_c * l^2}{8} = \frac{22,122 \text{ N/m} * (5/3 \text{ m})^2}{8} = 7,681 \text{ N} * \text{m}$$

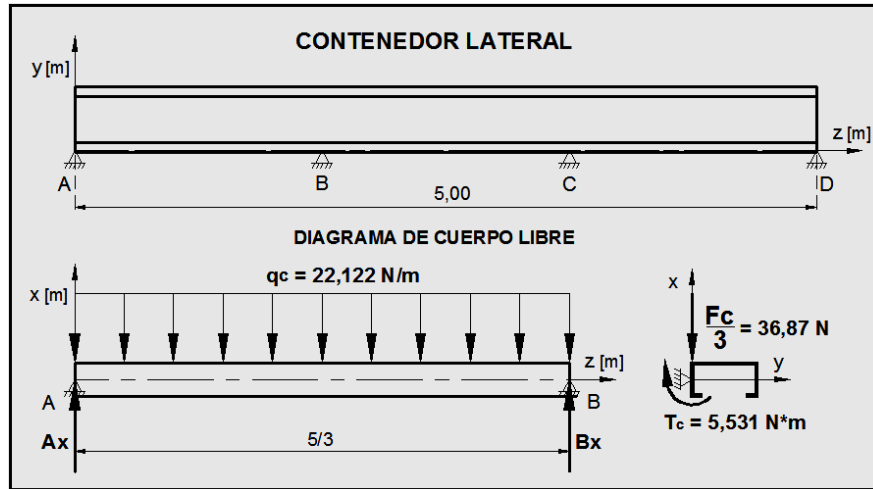


FIGURA 6.13: Diagrama de cuerpo libre del contenedor lateral.

Fuente: Autor.

A continuación se calcula los esfuerzos y el factor de seguridad del contenedor lateral, para lo cual primero se requiere calcular el momento de inercia con respecto al eje x (I_x). Aplicando el teorema de Steiner se tiene:

$$I_x = \Sigma I_{EN} + \Sigma(A * d^2) = 69,20 \text{ cm}^4 + 4,34 \text{ cm}^2 * (5 \text{ cm})^2 = 177,7 \text{ cm}^4$$

x: distancia desde el eje neutro a la fibra más externa [m].

$$\sigma_{y_c} = \frac{M_c * x}{I_y} = \frac{(7,681 \text{ N} * \text{m}) * 0,025 \text{ m}}{15 * 10^{-8} \text{ m}^4} = 1,280 \text{ MPa}$$

$$\tau_{yz_c} = \frac{T_c * x}{I_x + I_y} = \frac{(5,531 \text{ N} * \text{m}) * 0,025 \text{ m}}{(15 + 177,7) * 10^{-8} \text{ m}^4} = 0,0718 \text{ MPa}$$

El límite de fluencia (S_y) del Acero ASTM A500 es de 228 MPa (ver anexo B). Con las ecuaciones (6.11) y (6.12) se obtiene el factor de seguridad de un contenedor (n_c):

$$\sigma'_c = \sqrt{(1,280 \text{ MPa})^2 + 3 * (0,0718 \text{ MPa})^2} = 1,286 \text{ MPa}$$

$$n_c = \frac{228 \text{ MPa}}{1,286 \text{ MPa}} = 177,29$$

Se aprecia que el factor de seguridad es demasiado grande, sin embargo el perfil escogido para los contenedores laterales se mantiene debido a que es el más delgado que existe en el mercado (ver anexo B).

6.6.2.9 Diseño del bastidor o mesa de deslizamiento de la banda

El bastidor constará básicamente de las siguientes partes: 2 canales longitudinales, plancha de tol y 4 correas transversales. La figura 6.14 muestra las partes constitutivas del bastidor y las fuerzas que actúan en el mismo, donde:

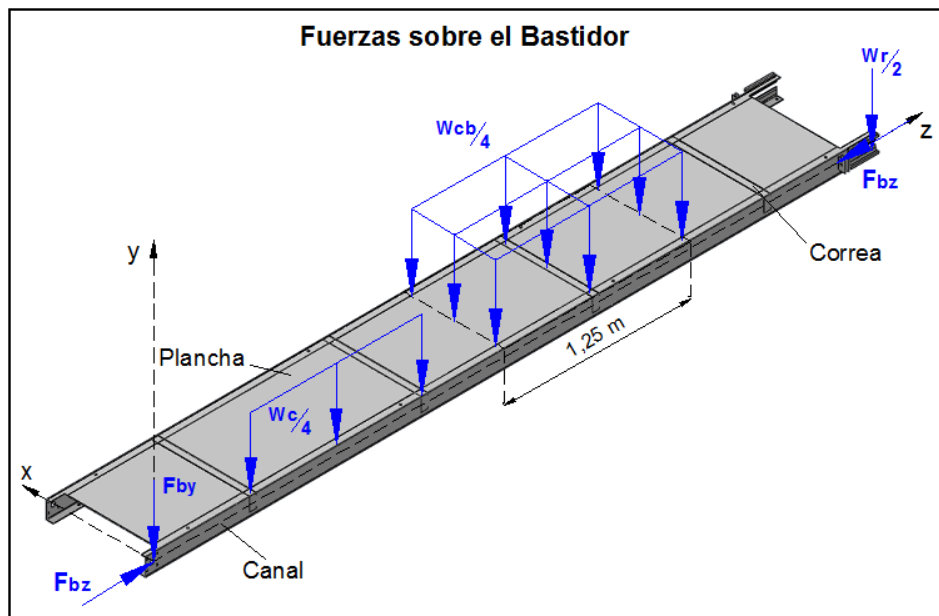


FIGURA 6.14: Fuerzas que actúan sobre el bastidor.

Fuente: Autor.

W_{cb} : peso distribuido que soporta la correa del bastidor [N].

W_{ub} : peso distribuido que soporta el canal del bastidor [N].

W_c : peso de un contenedor lateral [N].

W_r : peso del rodillo [N].

F_{by} : fuerza del rodillo y la banda en V sobre el bastidor en la dirección y [N].

F_{bz} : fuerza de la banda textil y la banda en V sobre el bastidor en la dirección z [N].

W_b : peso de la banda textil [N].

w_c : Peso por unidad de longitud del contenedor [N] (tabla 6.29).

$$W_{cb} = W + W_b = W + m_B * g = 884,86 \text{ N} + 25,2 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1132,07 \text{ N}$$

$$W_c = w_c * l_B * g = 3,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 166,77 \text{ N}$$

$$W_{ub} = W_{cb} + 2 * W_c = 1132,07 \text{ N} + 2 * 166,77 \text{ N} = 1465,61 \text{ N}$$

$$W_r = m_R * g = 20 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 196,2 \text{ N}$$

$$F_{by} = W_r/2 + F_{bvy} = 196,2 \text{ N}/2 + 675,25 \text{ N} = 871,45 \text{ N}$$

$$F_{bz} = F_v + F_{bvz} = 904,48 \text{ N} + 860,87 \text{ N} = 1765,35 \text{ N}$$

A continuación se realizará el diseño de uno de los canales y de una de las correas transversales del bastidor, para la plancha de tol se tomará un espesor de 0,9 mm.

Diseño de la correa del bastidor

Para facilitar la adquisición del material se asume el mismo perfil de los contenedores laterales (ver tabla 6.29 y anexo B).

La carga por unidad de longitud (q_{cb}) que se encontrará sobre cada correa del bastidor se calcula a continuación (ver figura 6.15):

$$q_{cb} = \frac{W_{cb}}{4 * a_B} = \frac{1132,07 \text{ N}}{4 * 0,6 \text{ m}} = 471,69 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Al aplicar la segunda ley de Newton, por simetría se tiene lo siguiente:

$$A_y = B_y = 183,20 \text{ N}$$

El límite de fluencia (S_y) del Acero ASTM A500 es de 228 MPa (ver anexo B).

El esfuerzo normal y factor de seguridad por resistencia estática (n_{cb}) en una de las correas del bastidor se calculan a continuación:

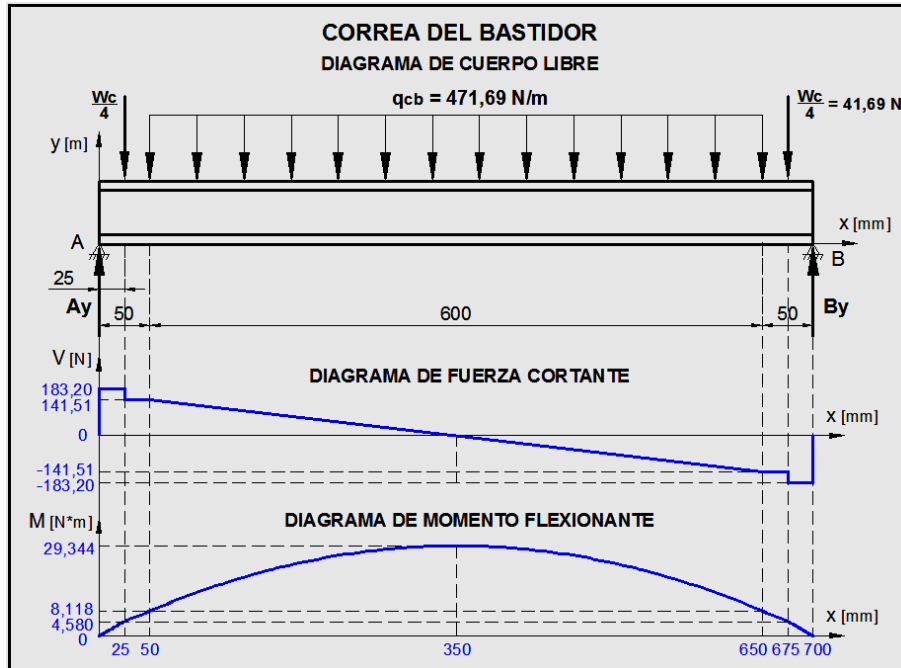


FIGURA 6.15: Diagramas de la correa del bastidor.

Fuente: Autor.

y: distancia desde el eje neutro a la fibra más externa [m].

$$\sigma_{xcb} = \frac{M * y}{I_x} = \frac{(29,344 \text{ N} * \text{m}) * 0,05 \text{ m}}{69,20 * 10^{-8} \text{ m}^3} = 2,120 \text{ MPa} = \sigma'$$

$$n_{cb} = \frac{228 \text{ MPa}}{2,120 \text{ MPa}} = 107,55$$

Se tiene un factor de seguridad alto, sin embargo no se cambia de perfil debido a que de los contenedores laterales existe un material sobrante.

Diseño del canal del bastidor

En la figura 6.16 se muestra las fuerzas que actúan sobre una canal del bastidor. De donde se observa que existe flexión, torsión y compresión. Se realizará el diseño por resistencia estática y el diseño como columna (entre dos de sus apoyos).

Para el diseño por resistencia estática se utiliza la figura 6.17 y las ecuaciones para las reacciones y el momento máximo en el caso de apoyos simples con carga

uniforme (ver anexo B), donde la carga por unidad de longitud (q_{ub}) y el torque (T_{ub}) son los siguientes:

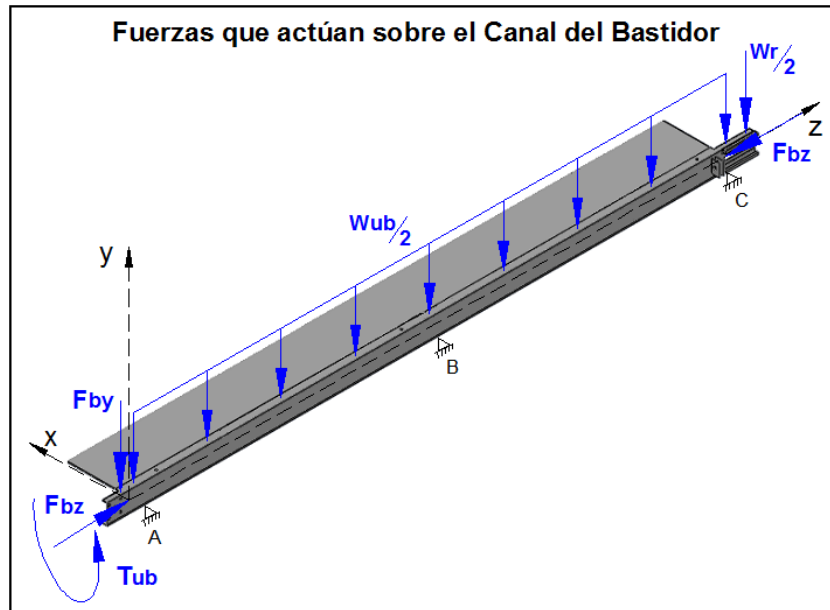


FIGURA 6.16: Fuerzas que actúan sobre el canal del bastidor.
Fuente: Autor.

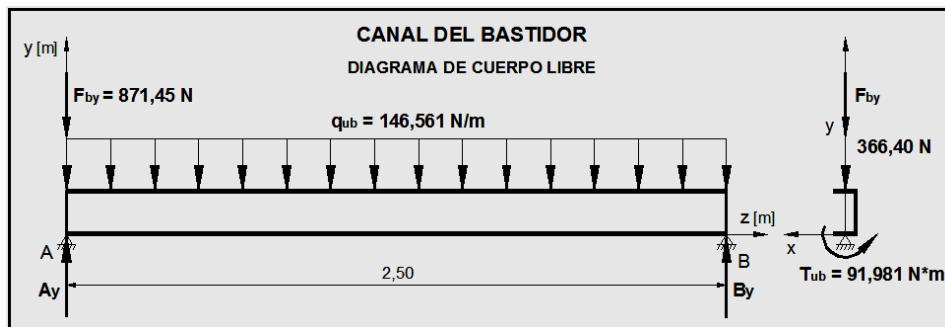


FIGURA 6.17: Diagrama de cuerpo libre del canal del bastidor.
Fuente: Autor.

$$q_{ub} = \frac{W_{ub}}{2 * l_B} = \frac{1465,61 \text{ N}}{2 * 5 \text{ m}} = 146,561 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$T_{ub} = \frac{W_{cb}}{2} * \frac{0,65}{4} = \frac{1132,07 \text{ N} * 0,65 \text{ m}}{8} = 91,981 \text{ N} * \text{m}$$

$$B_y = \frac{q_{ub} * l}{2} = \frac{146,561 \text{ N/m} * 2,5 \text{ m}}{2} = 183,20 \text{ N}$$

$$A_y = B_y + F_{by} = 183,20 \text{ N} + 871,45 \text{ N} = 1054,65 \text{ N}$$

$$M_{ub} = \frac{q_{ub} * l^2}{8} = \frac{146,561 \text{ N/m} * (2,5 \text{ m})^2}{8} = 114,50 \text{ N} * \text{m}$$

A continuación se selecciona un perfil (canal) estructural cuya dimensión mayor sobrepase al diámetro de los rodillos ($D_{tr} = 114 \text{ mm}$). Entonces se escoge un canal U 125X50X3 mm para verificar su resistencia (ver tabla 6.30).

El material a utilizar es el Acero ASTM A500. El factor de seguridad estático en el canal del bastidor (n_{ub}) se calcula a continuación:

A_{ub} : Área transversal del canal [m^2].

$$\sigma_{xub} = \frac{M_{ub} * y}{I_x} + \frac{F_{bz}}{A_{ub}} = \frac{(114,50 \text{ N} * \text{m}) * 0,0625 \text{ m}}{149 * 10^{-8} \text{ m}^4} + \frac{1765,35 \text{ N}}{6,45 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{xub} = 7,540 \text{ MPa}$$

TABLA 6.30: Especificaciones generales del canal U del bastidor.

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U" Especificaciones Generales												
DIMENSIONES			PESOS				TIPOS					
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	I	W	I	I	W	I	x
						cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24

$$\tau_{xyub} = \frac{T_{ub} * y}{I_x + I_y} = \frac{(91,981 \text{ N} * \text{m}) * 0,0625 \text{ m}}{(149 + 15,10) * 10^{-8} \text{ m}^4} = 3,503 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_{ub} = \sqrt{\sigma_{xub}^2 + 3 * \tau_{xyub}^2} = \sqrt{(7,540 \text{ MPa})^2 + 3 * (3,503 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma'_{ub} = 9,678 \text{ MPa}$$

$$n_{ub} = \frac{S_y}{\sigma'_{ub}} = \frac{228 \text{ MPa}}{9,678 \text{ MPa}} = 23,56$$

Ahora se procede a realizar el diseño como columna para determinar si la sección asignada es la correcta. Se utilizará las ecuaciones empleadas en la varilla roscada.

Debido a que existe soporte lateral en el lado más débil del perfil, se calculará la relación de esbeltez en ambas direcciones para utilizar la mayor.

Las variables tienen los siguientes valores: $k = 0,65$ (tabla 6.24); $l_x = 2,50$ m (figura 6.17); $l_y = 1,25$ m (figura 6.14); $r_x = 0,0481$ m (tabla 6.30); $r_y = 0,0124$ m (tabla 6.30); $E = 207$ GPa (anexo B); $S_y = 228$ MPa (anexo B); $A = 6,45 \cdot 10^{-4}$ m² (tabla 6.30).

$$\frac{k * l_x}{r_x} = \frac{0,65 * 2,50 \text{ m}}{0,0481 \text{ m}} = 33,78 \quad \frac{k * l_y}{r_y} = \frac{0,65 * 1,25 \text{ m}}{0,0124 \text{ m}} = 65,52$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207 \times 10^9 \text{ Pa}}{228 * 10^6 \text{ Pa}}} = 133,87$$

Debido a que $\frac{k * l_y}{r_y} < C_c$ se aplicará la ecuación parabólica (6.38):

$$P_{cr} = 6,45 * 10^{-4} * \left\{ \frac{\left[1 - \frac{65,52^2}{133,87^2} \right] * 228 * 10^6 \text{ Pa}}{\frac{5}{3} + \frac{3 * 65,52}{8 * 133,87} + \frac{65,52^3}{8 * 133,87^3}} \right\} = 59\,969 \text{ N}$$

Como $P_{cr} \gg F_{bz}$, por lo tanto no existirá pandeo (desplazamiento lateral) en el canal del bastidor.

En la construcción del bastidor se mantendrá las dimensiones indicadas (a pesar de sus altos factores de seguridad) para darle mayor rigidez a la parte estática de la máquina.

6.6.2.10 Diseño de la estructura

Para simplificar el diseño de la estructura, la misma se considera como un pórtico en dos dimensiones, sometido a cargas producidas por los pesos de diferentes elementos a soportar. Luego se diseñará la viga y columna más críticas.

El peso (W_e) a soportar por la base es de aproximadamente 3000 N para las condiciones extremas entre los pesos del bastidor, desechos, rodillos, carga y

descarga, etc. El peso del motor y reductor (W_{mr}) se estima de 600 N como máximo. La figura 6.18 muestra el esquema real y el simplificado de la estructura.

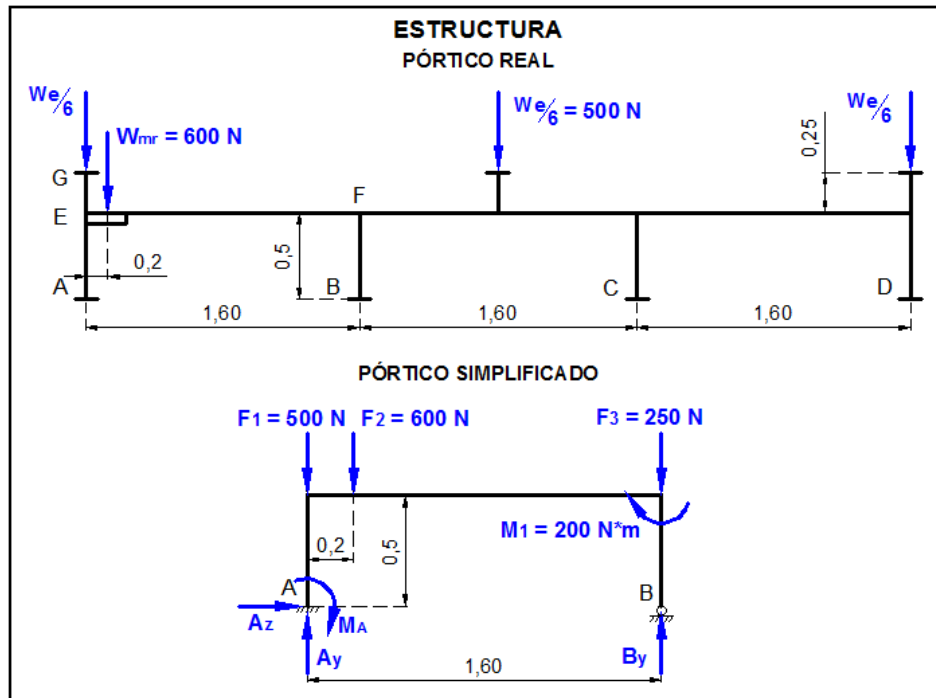


FIGURA 6.18: Esquemas real y simplificado de la estructura.
Fuente: Autor.

Para resolver el pórtico se seguirá el método de análisis de fuerzas o de Mohr, el mismo que consta de los siguientes pasos:

1. *Determinar el grado de hiperestaticidad y plantear las ecuaciones canónicas.* En este caso se aprecia que existe una reacción excesiva, por lo tanto se requiere de una sola ecuación para resolver el pórtico:

$$\delta_{11} * x_1 + \Delta_{1 F_1} + \Delta_{1 F_2} + \Delta_{1 F_3} + \Delta_{1 F_4} = 0 \quad (6.41)$$

2. *Construir los diagramas de momentos independientes para cada carga y reacciones excesivas que actúan en el sistema.* (ver figura 6.19).

3. *Calcular las deformaciones aplicando el método de multiplicación del área de momentos.* A continuación se realiza el cálculo de las deformaciones:

$$\delta_{11} = \frac{1,6 * 1,6}{2} * \frac{2}{3} * 1,6 + 1,6 * 0,5 * 1,6 = 2,645 \quad ; \Delta_{1 F_1} = 0$$

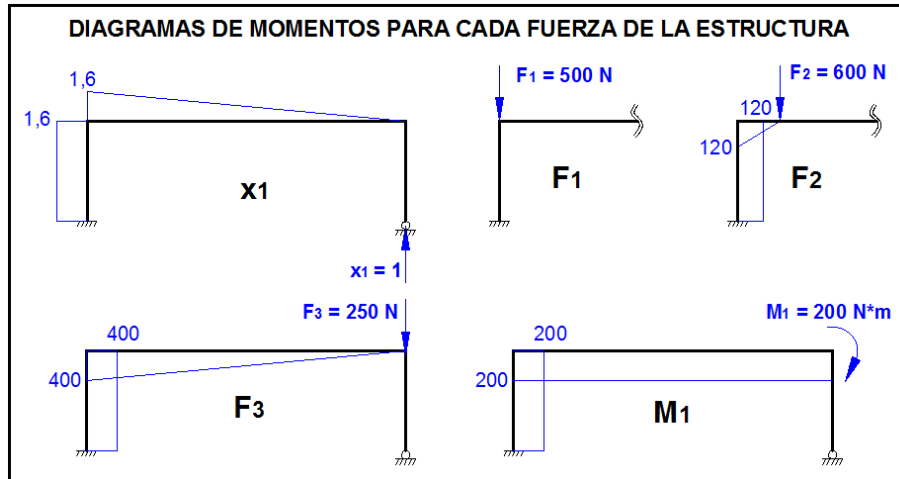


FIGURA 6.19: Diagramas de momentos independientes para cada fuerza de la estructura.

Fuente: Autor.

$$\Delta_{1 F2} = -\frac{120 * 0,2}{2} * \left(1,6 - \frac{0,20}{3}\right) - 120 * 0,5 * 1,6 = -114,4$$

$$\Delta_{1 F3} = -\frac{1,6 * 1,6}{2} * \frac{2}{3} * 400 - 1,6 * 0,5 * 400 = -661,333$$

$$\Delta_{1 F4} = -\frac{1,6 * 1,6}{2} * 200 - 1,6 * 0,5 * 200 = -416$$

4. Reemplazar los valores de las deformaciones en las ecuaciones correspondientes y calcular las reacciones excesivas. De la ecuación (6.41) se obtiene lo siguiente:

$$2,645 * x_1 + 0 - 114,4 - 661,333 - 416 = 0 \Rightarrow x_1 = 450,56 \text{ N} = B_y$$

5. Reemplazar los valores de las reacciones encontradas en los diagramas de momentos (ver figura 6.20) y calcular las reacciones sobrantes aplicando la segunda ley de Newton.

$$\Sigma F_z = 0 \Rightarrow A_z = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow A_y + 450,56 - 500 - 600 - 250 = 0 \Rightarrow A_y = 899,44 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow -M_A - 600 * 0,2 - 250 * 1,6 - 200 + 450,56 * 1,6 = 0$$

$$M_A = 0,896 \text{ N} * \text{m}$$

6. Sumar algebraicamente los diferentes puntos característicos de los diagramas de momentos de las cargas y reacciones calculadas y construir el diagrama final (ver figura 6.20).

Con el diagrama final de momentos se puede diseñar los elementos de la estructura.

De los cálculos anteriores se aprecia que los elementos AG y EF están sometidos a mayores cargas de compresión y flexión respectivamente, por lo tanto se realizará el diseño de los mismos.

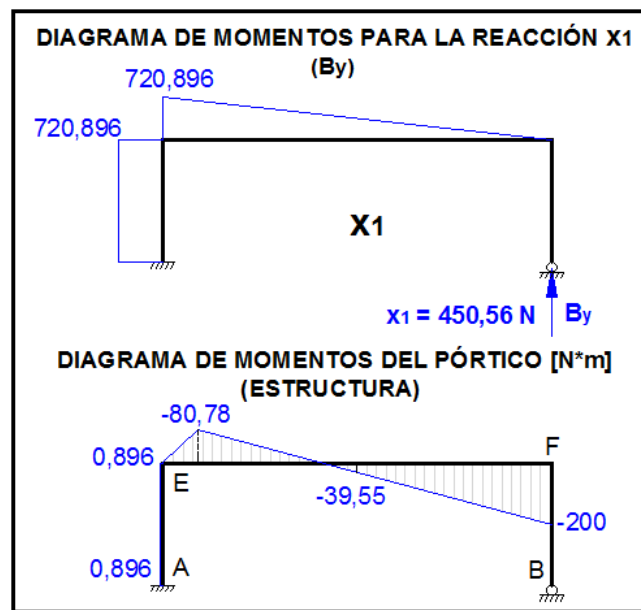


FIGURA 6.20: Diagramas de momentos de la reacción B_y y de la estructura.
Fuente: Autor.

Antes de empezar el diseño de los elementos mencionados, se selecciona la sección de tubo estructural cuadrado 50X2 mm, cuyas características se muestran en la tabla 6.31. El límite de fluencia (S_y) para el Acero ASTM A 500 es de 228 MPa.

Las variables de las ecuaciones tienen los siguientes valores: $k = 0,65$ (tabla 6.24); $l = 0,75 \text{ m}$ (figura 6.18); $r = 0,0194 \text{ m}$ (tabla 6.31); $A = 3,74 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$ (tabla 6.31).

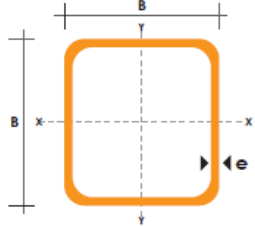
$$\frac{k * l}{r} = \frac{0,65 * 0,75 \text{ m}}{0,0194 \text{ m}} = 25,13$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 207 * 10^9 \text{ Pa}}{228 * 10^6 \text{ Pa}}} = 133,87$$

TABLA 6.31: Especificaciones generales del tubo cuadrado de la estructura.

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO						
Especificaciones Generales						
Norma ASTM A-500						
DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A	ESPESOR	PESO	AREA	I	W	r
mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94



Debido a que $\frac{k \cdot l_y}{r_y} < C_c$ se aplicará la ecuación parabólica (6.38):

$$P_{cr} = 3,74 * 10^{-4} * \left\{ \frac{\left[1 - \frac{25,13^2}{133,87^2} \right] * 228 * 10^6 \text{ Pa}}{\frac{5}{3} + \frac{3 * 25,13}{8 * 133,87} + \frac{25,13^3}{8 * 133,87^3}} \right\} = 47\ 337 \text{ N}$$

Como $P_{cr} \gg A_y$, por lo tanto no existirá pandeo en la columna AG de la estructura.

Diseño del elemento EF de la estructura

El elemento EF se diseñará por resistencia estática como viga sometida a flexión, donde: $M = 200 \text{ N} \cdot \text{m}$ (figura 6.20); $W = 5,65 * 10^{-6} \text{ m}^3$ (tabla 6.31).

$$\sigma_z = \frac{M}{W} = \frac{200 \text{ N} \cdot \text{m}}{5,65 * 10^{-6} \text{ m}^3} = 35,398 \text{ MPa} = \sigma'$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{228 \text{ MPa}}{35,398 \text{ MPa}} = 6,44$$

Se tiene un factor de seguridad un poco alto, sin embargo se mantendrá la sección asignada para minimizar la vibración y mejorar la estética de la máquina.

6.6.2.11 Diseño de la carga y descarga

La carga y descarga tendrán configuraciones similares, por lo que se realizará un diseño único.

Cálculo del ángulo de inclinación mínimo de la carga y descarga.

Para calcular el ángulo de inclinación mínimo (α) para que se deslicen los desechos sobre la carga y descarga se debe tomar el coeficiente de rozamiento o fricción dinámico (μ_k) máximo (debido a que los desechos no parten del reposo). En este caso μ_k toma el valor de 0,56 para deslizamiento de correa de cuero seca sobre metal [23].

El cálculo de dicho ángulo mínimo se realiza a continuación utilizando la segunda ley de Newton en base a la figura 6.21. Se considera velocidad de descenso constante (aceleración nula)

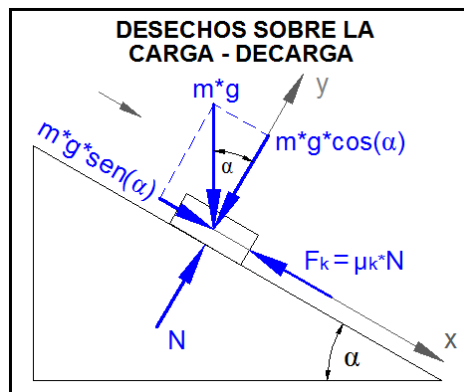


FIGURA 6.21: Diagrama de cuerpo libre de los desechos sobre la carga/descarga.
Fuente: Autor.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$N - m * g * \cos(\alpha) = 0$$

$$N = m * g * \cos(\alpha)$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$m * g * \sin(\alpha) - \mu_k * N = 0$$

$$m * g * \sin(\alpha) - \mu_k * m * g * \cos(\alpha) = 0$$

$$\mu_k = \tan(\alpha) \Rightarrow \alpha = \arctan(\mu_k)$$

$$\alpha = \arctan(0,56) = 29,25^\circ$$

Se redondeará a 30° el ángulo de inclinación de la carga y descarga.

Diseño de los soportes laterales de la carga y descarga

La carga y descarga se construirá con una lámina de Acero ASTM A366 (ver anexo B) de 0,9 mm, para su refuerzo se ubicará tres vigas transversales que eviten la deflexión.

A continuación se asume el ángulo AL 20X2 para la sección de los soportes transversales (ver tabla 6.32).

El peso máximo que soportará la carga y/o descarga (W_{c-d}) y la carga por unidad de longitud (q_{c-d}) se calcula a continuación:

TABLA 6.32: Especificaciones generales del ángulo de la carga y descarga.

Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.

PERFILES IMPORTADOS					
ANGULOS					
Especificaciones Generales					
Calidad ASTM A 36 SAE 1008					
DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76



l_{c-d} : longitud de la carga y descarga [m].

$$W_{c-d} = \delta_S * V_{c-d} * g = \delta_S * a_B * e * l_{c-d} * g$$

$$W_{c-d} = 206,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,6 \text{ m} * 0,1 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 60,70 \text{ N}$$

$$q_{c-d} = \frac{W_{c-d}}{3 * a_B} * \cos(\alpha) = \frac{60,70 \text{ N}}{3 * 0,6 \text{ m}} * \cos(30^\circ) = 29,204 \text{ N/m}$$

La figura 6.22 muestra el diagrama de cuerpo libre del ángulo de la carga y descarga.

Al utilizar las ecuaciones para calcular las reacciones, el momento y la deflexión máximos en el caso de apoyos simples con carga uniforme (ver anexo B), se tiene:

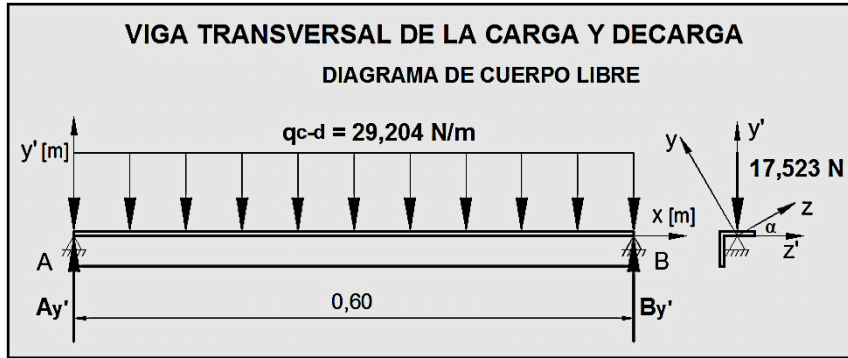


FIGURA 6.22: Diagrama de cuerpo libre de la viga transversal de la carga /descarga.

Fuente: Autor.

$$A_y = B_y = \frac{q_{c-d} * a_B}{2} = \frac{29,204 \text{ N/m} * 0,6 \text{ m}}{2} = 8,761 \text{ N}$$

$$M_{c-d} = \frac{q_{c-d} * l^2}{8} = \frac{29,204 \text{ N/m} * (0,6 \text{ m})^2}{8} = 1,314 \text{ N} * \text{m}$$

El centro de gravedad y momento de inercia para la sección con respecto al eje z' se calcula a continuación:

$$\bar{y} = \frac{\Sigma(A * y)}{\Sigma A} = \frac{(20 * 2) * 1 + (18 * 2) * (-9)}{20 * 2 + 18 * 2} \text{ mm} = -3,74 \text{ mm}$$

$$I_{z'} = \Sigma I_{EN} + \Sigma(A * d^2) = \frac{0,2 * 1,8^3}{12} + \frac{2 * 0,2^3}{12} + 0,2 * 1,8 * 0,9^2 + 0,2 * 2 * 0,1^2$$

$$I_{z'} = 0,3941 \text{ cm}^4 = 3,941 * 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$y_{\text{máx}} = \frac{5 * q_{c-d} * l^4}{384 * E * I} = \frac{5 * 29,204 \text{ N/m} * (0,6 \text{ m})^4}{384 * 207 * 10^9 \text{ Pa} * 3,941 * 10^{-9} \text{ m}^4} = 6,04 * 10^{-5} \text{ m}$$

Se tiene una deflexión mínima, por lo tanto la sección asumida resiste con total seguridad.

El material para el ángulo es acero ASTM A36, cuyo límite de fluencia (S_y) es de 248 MPa (36 kpsi) (ver anexo B). El factor de seguridad por resistencia estática se obtiene a continuación:

$$\sigma_z = \frac{M_{c-d} * y}{I_{z'}} = \frac{1,314 \text{ N} * \text{m} * 0,018 \text{ m}}{3,941 * 10^{-9} \text{ m}^4} = 6,00 \text{ MPa} = \sigma'$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{248 \text{ MPa}}{6,00 \text{ MPa}} = 41,33$$

Se aprecia que la sección asumida resiste con un alto factor de seguridad las cargas a las que está sometida. Por ser la más pequeña existente, se mantendrá su sección.

6.6.2.12 Selección de los pernos

Para facilitar el montaje de la máquina se seleccionarán sólo tres diámetros para los pernos. El primero se selecciona en base a los agujeros del reductor, el segundo depende de los agujeros del motor y el tercero se elige de acuerdo a los agujeros de las chumaceras. A continuación se realiza las selecciones.


TABLA 6.33: Características de roscas unificadas UNC y UNF.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Características de roscas unificadas UNC y UNF							
Designación de Tamaño	Diámetro Mayor Nominal pulg	Serie Basta - UNC			Serie Fina - UNF		
		Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, At, pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²	Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, At, pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0

TABLA 6.34: Especificaciones SAE para pernos de acero.

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Especificaciones SAE para pernos de acero						
Grado SAE No.	Intervalo de tamaños, pulg	Resistencia de prueba mínima, kpsi	Resistencia mínima a la tensión, kpsi	Resistencia mínima a la fluencia, kpsi	Material	Marca de cabeza
1	$\frac{5/16}{7/16}$ $\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de mediano o bajo carbono	
2	$\frac{1/4}$ $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$	55	74	57	Acero de mediano o bajo carbono	
	$\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36		

Selección de pernos del reductor

En base al agujero disponible del reductor de velocidades se escoge el perno 1/4 pulg UNC de grado SAE No 2 (para uso general) mostrado en las tablas 6.33, 6.34 y 6.35.

TABLA 6.35: Dimensiones de pernos de cabeza cuadrada y hexagonal.
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Dimensiones de pernos de cabeza cuadrada y hexagonal											
Tamaño nominal, pulg	Tipo de cabeza										
	Cuadrada		Hexagonal regular			Hexagonal pesada			Hexagonal estructural		
	W	H	W	H	R _{mín}	W	H	R _{mín}	W	H	R _{mín}
$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{11}{64}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{64}$	0.01						
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{13}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{32}$	0.01						
$\frac{7}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{19}{64}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{19}{64}$	0.01						

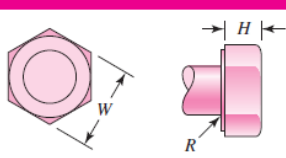


TABLA 6.36: Dimensiones de tuercas hexagonales.
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Dimensiones de tuercas hexagonales				
Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$

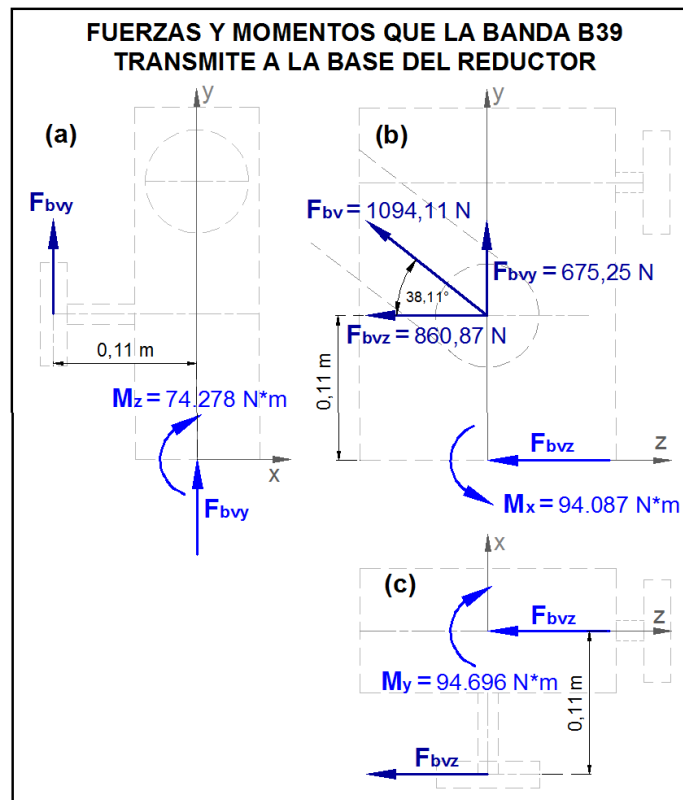


FIGURA 6.23: Fuerzas y momentos que la banda B39 transmite a la base del reductor.
Fuente: Autor.

Las fuerzas que actúan sobre los pernos se deben a la tensión de la banda B39, la figura 6.23 muestra las fuerzas y momentos que actúan sobre la base del motor.

La vista (c) de la figura 6.23 muestra la fuerza y momento cortante y la vista (a) muestra la fuerza de tensión a las que estarán sometidos los pernos. Los momentos M_z y M_x no influyen en el cálculo de dichos pernos.

Para calcular la fuerza cortante (F_{cp}) y esfuerzo cortante (τ_{cp}) máximos que soportarán los pernos, se utiliza las siguientes ecuaciones y la figura 6.24: [20]

$$F' = \frac{V}{n} \quad [N] \quad (6.42)$$

$$F'' = \frac{M}{n * r} \quad [N] \quad (6.43)$$

$$\vec{F} = \vec{F}' + \vec{F}'' \quad [N] \quad (6.44)$$

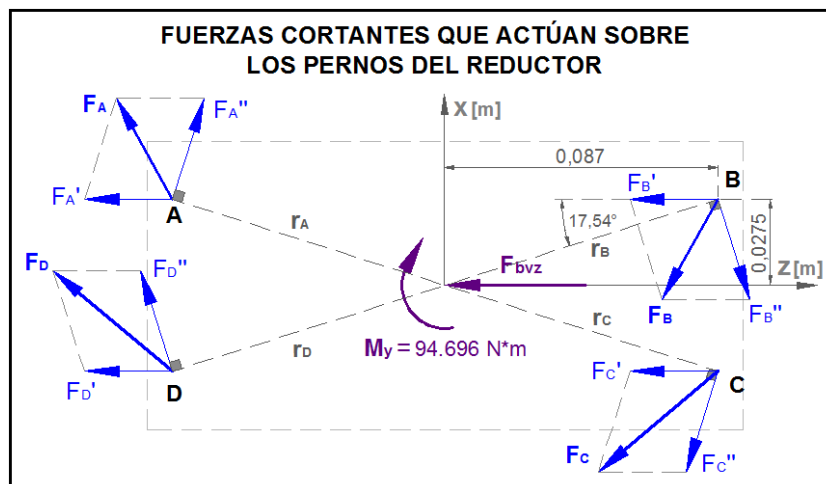


FIGURA 6.24: Fuerzas cortantes que actúan sobre los pernos del reductor.

Fuente: Autor.

Donde:

F' : Fuerza cortante primaria de un perno [N].

F'' : Fuerza cortante secundaria de un perno [N].

F : Fuerza cortante resultante de un perno [N].

V : fuerza cortante total transmitida por la tensión de la banda [N].

$\#_p$: número de pernos a utilizar [adimensional].

M : momento transmitido por la tensión de la banda [N*m].

r: distancia radial desde el centro de gravedad hasta el centro de cada perno [m].

Para facilitar los cálculos en las ecuaciones (6.42), (6.43) y (6.44) se utilizarán magnitudes vectoriales:

$$\vec{F}'_A = \frac{\vec{F}_{bvz}}{\#_p} = \frac{-860,87 \vec{k}}{4} = (-215,22 \vec{k}) \text{ N} = \vec{F}'_B = \vec{F}'_C = \vec{F}'_D$$

$$\vec{r}_A = (-0,0870 \vec{k} + 0,0275 \vec{i}) \text{ m} \quad \vec{r}_B = (0,0870 \vec{k} + 0,0275 \vec{i}) \text{ m}$$

$$\vec{r}_C = (0,0870 \vec{k} - 0,0275 \vec{i}) \text{ m} \quad \vec{r}_D = (-0,0870 \vec{k} - 0,0275 \vec{i}) \text{ m}$$

$$\vec{F}''_A = \frac{\vec{M}_y}{\#_p * \vec{r}_A} = \frac{(-94,696 \vec{j}) \text{ N} * \text{m}}{4 * (-0,0870 \vec{k} + 0,0275 \vec{i}) \text{ m}} = (272,11 \vec{i} + 860,87 \vec{k}) \text{ N}$$

$$\vec{F}''_B = \frac{\vec{M}_y}{\#_p * \vec{r}_B} = \frac{(-94,696 \vec{j}) \text{ N} * \text{m}}{4 * (0,0870 \vec{k} + 0,0275 \vec{i}) \text{ m}} = (-272,11 \vec{i} + 860,87 \vec{k}) \text{ N}$$

$$\vec{F}''_C = \frac{\vec{M}_y}{\#_p * \vec{r}_C} = \frac{(-94,696 \vec{j}) \text{ N} * \text{m}}{4 * (0,0870 \vec{k} - 0,0275 \vec{i}) \text{ m}} = (-272,11 \vec{i} - 860,87 \vec{k}) \text{ N}$$

$$\vec{F}''_D = \frac{\vec{M}_y}{\#_p * \vec{r}_D} = \frac{(-94,696 \vec{j}) \text{ N} * \text{m}}{4 * (-0,0870 \vec{k} - 0,0275 \vec{i}) \text{ m}} = (272,11 \vec{i} - 860,87 \vec{k}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_A = [(-215,22 \vec{k}) + (272,11 \vec{i} + 860,87 \vec{k})] \text{ N} = (645,65 \vec{k} + 272,11 \vec{i}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_B = [(-215,22 \vec{k}) + (-272,11 \vec{i} + 860,87 \vec{k})] \text{ N} = (645,65 \vec{k} - 272,11 \vec{i}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_C = [(-215,22 \vec{k}) + (-272,11 \vec{i} - 860,87 \vec{k})] \text{ N} = (-1076,09 \vec{k} - 272,11 \vec{i}) \text{ N}$$

$$\vec{F}_D = [(-215,22 \vec{k}) + (272,11 \vec{i} - 860,87 \vec{k})] \text{ N} = (-1076,09 \vec{k} + 272,11 \vec{i}) \text{ N}$$

Las magnitudes escalares de los vectores fuerza cortante son:

$$F_A = \sqrt{(645,65)^2 + (272,11)^2} \text{ N} = 700,65 \text{ N} = F_B$$

$$F_C = \sqrt{(-1076,09)^2 + (-272,11)^2} \text{ N} = 1109,96 \text{ N} = F_D = F_{cp}$$

A continuación se utiliza el área A_i (tabla 6.33) para calcular el esfuerzo cortante:

$$\tau_{cp} = \frac{F_{cp}}{A_t} = \frac{1109,96 \text{ N}}{0,0318 * (0,0254 \text{ m})^2} = 54,102 \text{ MPa}$$

Para calcular el esfuerzo normal (σ_{cp}) que soportará cada perno, se utiliza las siguientes ecuaciones: [20]

$$F_p = S_p * A_t \quad [\text{N}] \quad (6.45)$$

$$0,6 * F_p \leq F_i \leq 0,9 * F_p \quad (6.46)$$

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (6.47)$$

$$k_b = \frac{\pi * d^2 * E}{4 * l} \quad (6.48)$$

$$k_m = \frac{\pi * d * E}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{1 + 0,5 * d}{1 + 2,5 * d} \right) \right]} \quad (6.49)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{F_i}{A_t} + \frac{C * F_t}{\#_p * A_t} \quad [\text{MPa}] \quad (6.50)$$

Donde:

F_p : Carga de prueba [N].

S_p : Resistencia a la prueba [MPa].

F_t : Carga total de tensión que se aplica al perno [N].

F_i : Precarga del perno debida al apriete, la cual existe antes que se aplique F_t [N].

C : Relación de rigideces [adimensional].

k_b : Constante de rigidez del perno [N/m].

k_m : Constante de rigidez de los elementos unidos (junta atornillada) [N/m].

d : Diámetro nominal del perno [m].

l : Longitud de agarre entre el perno y la tuerca [m].

La resistencia de prueba es de 55 kpsi (378,95 MPa) y el límite de fluencia de 57 kpsi (392,73 MPa) (tabla 6.34); la fuerza de tensión se va a tomar la mínima recomendada ($0,60 * F_p$); se supone que los materiales a unir son del mismo material y que el módulo de elasticidad de todos los materiales es de 207 GPa; la

longitud l es de 2 cm.; y la carga que se aplica al perno es F_{bvy} . Al reemplazar valores se tiene:

$$F_p = 378,95 * 10^6 \text{ Pa} * 2,052 * 10^{-5} \text{ m}^2 = 7,776 \text{ kN}$$

$$F_i = 0,60 * F_p = 0,60 * 7,776 \text{ kN} = 4,666 \text{ kN}$$

$$k_b = \frac{\pi * (6,35 * 10^{-3} \text{ m})^2 * 207 * 10^9 \text{ Pa}}{4 * 0,02 \text{ m}} = 3,278 * 10^8 \text{ N/m}$$

$$k_m = \frac{\pi * (6,35 * 10^{-3} \text{ m}) * 207 * 10^9 \text{ Pa}}{2 * \ln \left[5 * \left(\frac{0,02 \text{ m} + 0,5 * 6,35 * 10^{-3} \text{ m}}{0,02 \text{ m} + 2,5 * 6,35 * 10^{-3} \text{ m}} \right) \right]} = 17,610 * 10^8 \text{ N/m}$$

$$C = \frac{3,278}{3,278 + 17,610} = 0,157$$

$$\sigma_{cp} = \frac{4,666 * 10^3 \text{ N}}{2,052 * 10^{-5} \text{ m}^2} + \frac{0,157 * 675,25 \text{ N}}{4 * 2,052 * 10^{-5} \text{ m}^2} = 228,68 \text{ MPa}$$

Aplicando la teoría de la energía de la distorsión se tiene un factor de seguridad único para tensión y cortante:

$$\sigma' = \sqrt{(228,68 \text{ MPa})^2 + 3 * (54,102 \text{ MPa})^2} = 247,13 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{392,73 \text{ MPa}}{247,13 \text{ MPa}} = 1,59$$

Se tiene que el factor de seguridad sobrepasa el mínimo recomendado (1,5), por lo tanto el perno seleccionado es suficiente.

Los pernos del motor son de mayor tamaño (5/16 pulg UNC de grado SAE No 1) (ver tablas 6.33 y 6.34) que los del reductor y están sometidos a cargas de tensión menores, por lo tanto no es necesario verificar su resistencia. Para sujetar el protector también se utilizará este tamaño de perno.

Selección de los pernos de las chumaceras de pared

Los pernos de las chumaceras están sometidos a fuerzas cortantes que actúan en su centro de gravedad. Las fuerzas totales cortantes que se ejercen sobre los pernos de la chumacera más crítica son: la reacción A_y del canal del bastidor y la

fuerza F_{bz} . Para el cálculo del esfuerzo cortante máximo se requiere determinar la fuerza cortante resultante de dichas fuerzas (F_{cp}).

$$F_{cp} = \sqrt{A_y^2 + F_{bz}^2} = \sqrt{(1054,65 \text{ N})^2 + (1765,35 \text{ N})^2} = 1805,42 \text{ N}$$

En base a los agujeros de las chumaceras, se escoge el perno 7/16 pulg UNC de grado SAE No 1 (para uso general) mostrado en las tablas 6.33, 6.34 y 6.35.

El área transversal A_t es de 0,1063 pulg² ($6,858 * 10^{-5} \text{ m}^2$) (ver tabla 6.33), con lo anterior se puede calcular el esfuerzo cortante (τ_{cp}):

$$\tau_{cp} = \frac{F_{cp}}{n * A_t} = \frac{1805,42 \text{ N}}{4 * 6,858 * 10^{-5} \text{ m}^2} = 6,580 \text{ MPa}$$

Al utilizar las ecuaciones (6.45), (6.46) y (6.50) con $F_i = 0,6 F_p$, se determina el esfuerzo normal debido a la tensión inicial del perno. S_p vale 33 kpsi (227,37 MPa) y S_y es de 36 kpsi (248,04 MPa) (ver tabla 6.34). Para calcular el factor de seguridad por resistencia estática del perno se utiliza la teoría de la energía de la distorsión.

$$\sigma_{cp} = 0,6 * S_p = 0,6 * 227,37 \text{ MPa} = 136,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{(136,42 \text{ MPa})^2 + 3 * (6,580 \text{ MPa})^2} = 136,90 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{cp}} = \frac{248,04 \text{ MPa}}{136,90 \text{ MPa}} = 1,81$$

La selección de este tipo de perno es la correcta ya que $n \geq 1,5$. Este tamaño de perno también se utilizará en el ensamblaje de la carga y descarga, contenedores laterales y el bastidor.

6.7 METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

Una vez realizado el diseño de los elementos constitutivos de la máquina, la descripción, función y orden de ensamblaje se presenta a continuación (en todos los elementos se utilizará el electrodo E-6011 para las uniones soldadas).

6.7.1 Estructura

La estructura es uno de los componentes estáticos, sirve para soporte del resto de partes y debe ser rígida para evitar vibración durante el funcionamiento de la máquina. Este componente está fabricado con los siguientes elementos:

- Tubo cuadrado 50X2 mm de Acero ASTM A500.
- Ángulos AL 40X4 mm y AL 30X3 mm de Acero ASTM A36.
- Plancha PL de 5 mm de Acero ASTM A366.
- Platina PLT 50X9 mm de Acero ASTM A36 (SAE 1008).
- Platina PLT 50X4 mm de Acero ASTM A36 (SAE 1008).



FIGURA 6.25: Vista de la estructura.

Fuente: Autor.

6.7.2 Bastidor

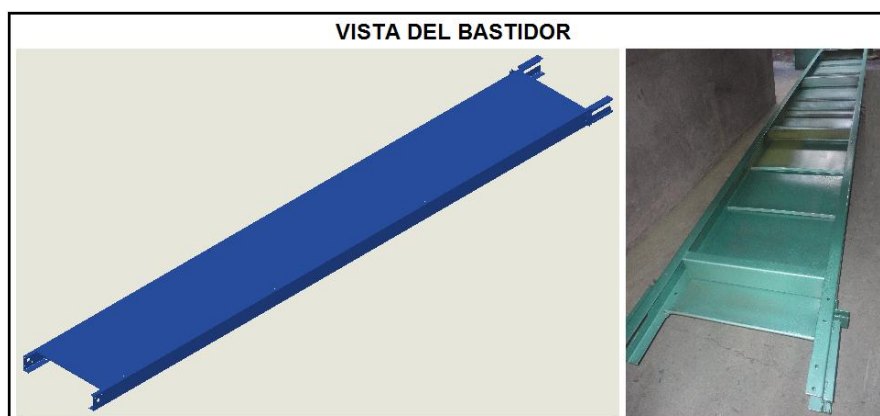


FIGURA 6.26: Vista del bastidor.

Fuente: Autor.

El bastidor es otro componente estático, sirve para apoyo de todos los elementos de la máquina a excepción de la estructura y también debe ser rígida para un buen funcionamiento de máquina. Para la construcción del bastidor se utilizan varios elementos que se presentan a continuación:

- Canal U 125X50X3 mm de Acero ASTM A500.
- Correa G 100X50X15X2 mm de Acero ASTM A500.
- Plancha PL de 0,9 mm de Acero ASTM A366.
- Ángulo AL 25X3 mm de Acero ASTM A36.
- Varilla cuadrada lisa VCU ½ pulg de Acero ASTM A36.
- Platina PLT 50X4 mm de Acero ASTM A36 (SAE 1008).

6.7.3 Rodillos

Los rodillos son componentes móviles por los cuales gira la banda de transporte, deben ser algo rugosos y de diámetro suficiente para tener un buen agarre y evitar el deslizamiento. Ambos rodillos tienen dimensiones similares. Para su construcción se utiliza los siguientes materiales:

- Tubo poste de 4 pulg de Acero ASTM A500.
- Eje de 30 mm de diámetro de Acero AISI 1020.
- Plancha PL de 3 mm de Acero ASTM A366.
- Lámina de cuero de 1 mm de espesor.



FIGURA 6.27: Vista de los rodillos.

Fuente: Autor.

6.7.4 Chumaceras de pared y dispositivos tensores

Las chumaceras de pared sujetan al rodillo conductor mediante pernos. Cada dispositivo tensor es móvil y sirve para tensar la banda de transporte, se sujeta mediante una tuerca que regula la distancia al desplazarse por la varilla roscada.

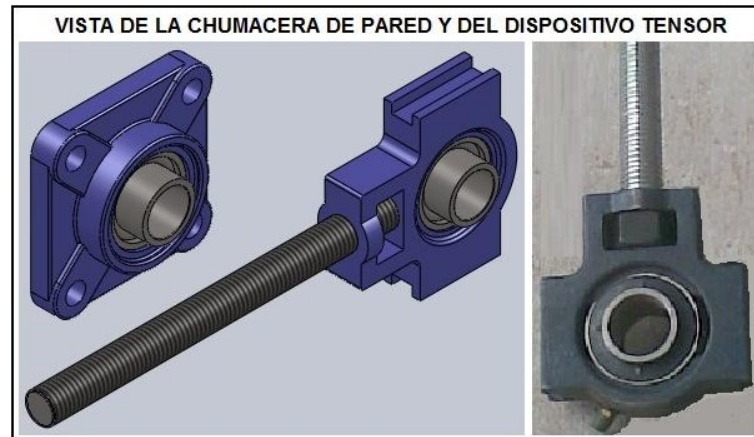


FIGURA 6.28: Vista de la chumacera de pared y del dispositivo tensor.

Fuente: Autor.

6.7.5 Banda de transporte

La banda de transporte se monta mediante el empalmador mecánico de apriete, los rodillos deben estar perfectamente alineados (paralelos) para su buen funcionamiento.

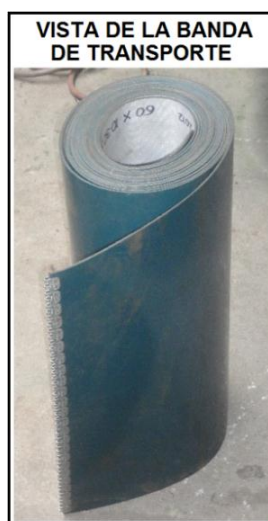


FIGURA 6.29: Vista de la banda de transporte.

Fuente: Autor.

6.7.6 Contenedores laterales

Los contenedores laterales se utilizan para evitar el desbordamiento de los residuos durante la selección, están formados del siguiente perfil:

- Correa G 100X50X15X2 mm de Acero ASTM A500.



FIGURA 6.30: Vista de los contenedores laterales.

Fuente: Autor.

6.7.7 Carga y descarga

La carga es el lugar por donde ingresan los desechos sólidos a la banda, la descarga es la parte por donde salen los desechos sólidos orgánicos de la banda, están formadas por los siguientes elementos:

- Plancha PL de 0,9 mm de Acero ASTM A366 (carga y descarga).
- Platina PLT 50X4 mm de Acero ASTM A36 (SAE 1008) (carga).
- Varilla cuadrada lisa VCU 5/16 pulg de Acero ASTM A36 (carga).
- Ángulo AL 20X2 mm de Acero ASTM A36 (carga y descarga).



FIGURA 6.31: Vista de la carga y descarga.

Fuente: Autor.

6.7.8 Motor y reductor

Primero se debe montar el reductor y luego el motor para una buena tensión de las bandas de transmisión de potencia y así un correcto funcionamiento de la máquina.



FIGURA 6.32: Vista del motor y reductor.

Fuente: Autor.

6.7.9 Protectores de las bandas en V

Para seguridad de las personas que operarán en la banda de selección, es necesario ubicar protectores para las bandas de transmisión de potencia. Los protectores constan de los siguientes materiales:

- Plancha PL de 0,9 mm de Acero ASTM A366 (protector 1 y protector 2).
- Ángulo AL 20X2 mm de Acero ASTM A36 (protector 1).

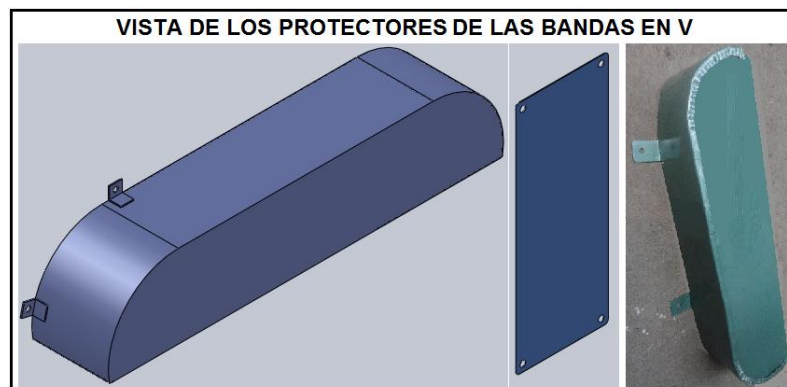


FIGURA 6.33: Vista de los protectores de las bandas en V.

Fuente: Autor.

6.8 ADMINISTRACIÓN

6.8.1 Análisis de costos

Costos directos

Los costos directos son los egresos por concepto de materiales, la tabla 6.37 muestra en detalle dichos costos.

TABLA 6.37: Egresos por concepto de materiales.

Fuente: Autor.

EGRESOS POR CONCEPTO DE MATERIALES					
Ítem	Concepto	Unidad	Canti- dad	Costo [USD]	
				Unitario	Total
1	Banda de transporte de 10,3X0,6mX3mm	u	1	495,31	495,31
2	Reductor de velocidades de 100	u	1	240,00	240,00
3	Motor monofásico de 1 hp y 1750 rpm	u	1	140,00	140,00
4	Tubo cuadrado 50X2 mm	m	24	5,68	136,40
5	Canal U 125X50X3	m	12	5,98	71,80
6	Correa G 100X50X15X2 mm	m	12	4,02	48,20
7	Plancha PL de 0,9 mm	u	1	28,32	28,32
8	Plancha PL de 800X500X0,9 mm	u	2	12,50	25,00
9	Tubo redondo de 4pulgX2mm de espesor	m	1,5	13,33	20,00
10	Chumacera tensora	u	2	8,00	16,00
11	Cable excéntrico 2X12	m	5	2,76	13,78
12	Pintura de fondo verde	lt	3	4,20	12,60
13	Platina PLT 50X4 mm	m	6	2,01	12,05
14	Pintura esmalte verde	lt	2	5,68	11,36
15	Perno 7/16X1½ pulg con tuerca	u	42	0,25	10,50
16	Chumacera de pared	u	2	5,00	10,00
17	Polea de 3 pulg	u	4	2,40	9,60
18	Electrodos 6011	lb	5	1,85	9,25
19	Varilla roscada de 3/4 pulg	m	1	8,40	8,40
20	Eje de 1 1/4 pulg de diámetro	cm	50	0,16	8,06
21	Plancha PL de 30X40X5 mm	u	1	8,00	8,00
22	Tiñer	lt	5	1,46	7,30
23	Banda B39	u	1	6,00	6,00
24	Botonera metálica on-off	u	1	5,73	5,73
25	Plancha redonda de 3 mm	u	4	1,25	5,00

TABLA 6.37: Egresos por concepto de materiales. (Continuación)

Fuente: Autor.

EGRESOS POR CONCEPTO DE MATERIALES					
Ítem	Concepto	Unidad	Canti- dad	Costo [USD]	
				Unitario	Total
26	Arandela de presión 7/16 pulg	u	42	0,11	4,70
27	Retenedor	u	2	2,00	4,00
28	Arandela plana 7/16 pulg	u	42	0,07	2,82
29	Ángulo 20X2 mm	m	3	0,92	2,75
30	Enchufe	u	1	2,60	2,60
31	Banda A24	u	1	2,00	2,00
32	Ángulo 25X3 mm	m	1	1,68	1,68
33	Lámina de cuero de 1 mm de espesor	u	1	1,65	1,65
34	Varilla cuadrada lisa VCU ½ pulg	m	1	1,51	1,51
35	Perno 5/16X1 pulg con tuerca	u	7	0,18	1,26
36	Prisionero	u	6	0,20	1,20
37	Pegamento llama roja pequeña	u	1	1,15	1,15
38	Tuerca de 3/4 pulg	u	4	0,22	0,90
39	Pincel	u	1	0,78	0,78
40	Lija No.100	u	1	0,60	0,60
41	Arandela de presión 5/16 pulg	u	7	0,07	0,49
42	Arandela plana 7/16 pulg	u	7	0,05	0,35
43	<i>Transporte del material y de la máquina</i>				70,00
TOTAL			-		1459,11

Costos Indirectos

TABLA 6.38: Egresos varios.

Fuente: Autor.

COSTOS VARIOS	
Concepto	Costo [USD]
Alquiler del taller y mano de obra	650,00
Transporte	180,00
Gastos informáticos	180,00
Otros	90,00
TOTAL	1100,00

Los costos indirectos representan los egresos económicos por motivo de alquiler del taller, mano de obra, transporte, gastos informáticos, entre otros. La tabla 6.38 muestra un resumen de dichos gastos.

Costo Total

El costo total de la inversión está constituido por los costos directos e indirectos. La tabla 6.39 da a conocer su valor.

TABLA 6.39: Egresos totales.
Fuente: Autor.

COSTOS TOTALES	
Concepto	Costo [USD]
Adquisición de materiales	1459,11
Egresos varios	1100,00
TOTAL	2559,11

6.8.2 Análisis económico

La presente investigación se centra únicamente en uno de los procesos que son parte del proyecto de la planta de tratamiento de desechos sólidos orgánicos. Para hacer el análisis económico se considerará la parte proporcional al costo de la banda de selección en relación al costo total del proyecto. De la tabla 6.40 se determina que el porcentaje que representa la banda de selección es del 3,31% del total del proyecto.

La duración del proyecto (en funcionamiento) se estima de 10 años, iniciando en el 2013.

Financiamiento

El financiamiento de los egresos por concepto de materiales la realizará la empresa Promabal, mientras que los egresos varios serán cubiertos por el autor del presente.

TABLA 6.40: Componentes de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.
Fuente: Bautista F., Tesis de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista.

COMPONENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS					
TIPO	TABLA DE COSTOS DE INVERSIÓN (USD)				
	COMPONENTES	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT	P.TOTAL
OBRAS CIVILES	EXCAVACIÓN PLATAFORMAS	m ³	500	4,00	2000,00
	PAVIMENTACIÓN DE PISO	m ²	600	10,00	6000,00
	ESTRUCTURA METÁLICA	m ²	600	7,00	4200,00
	CUBIERTA DE GALVALUM	m ²	600	10,00	6000,00
	ACCESOS VARIOS	m ²	500	4,00	2000,00
	INST.DE ENERGÍA ELÉCTRICA	global	1	5000,00	5000,00
EQUIPO PLANTA	TROMEL	u	1	3000,00	3000,00
	BANDA TRANSPORTADORA	u	1	3000,00	3000,00
	MOLINO	u	1	3000,00	3000,00
	MEZCLADOR	u	1	3000,00	3000,00
	TANQUE LECHO DE SECADO	u	1	1500,00	1500,00
	DIGESTOR	u	1	10000,00	10000,00
	TAMIZADORA MECÁNICA	u	1	2000,00	2000,00
TRANS-PORTE	VOLQUETA KODIAK 2003	u	1	20000,00	20000,00
	BALDES CONTENEDORES	u	5	2000,00	10000,00
	TERRENO ÁREA= 2 500 m ²	global	1	10000,00	10000,00
SUBTOTAL					90700,00
IVA (12%)					10884,00
TOTAL					101584,00

Depreciación de la máquina

Para establecer la depreciación (D) de la máquina se utiliza el método de suma de dígitos de los años: [24]

Donde:

D: Depreciación del activo [\$].

n: Vida útil o período de recuperación de la inversión [años].

t: Tiempo de análisis [años].

P: Valor inicial del activo a depreciar, inversión [\$].

VS: Valor de salvamento o valor de venta del activo al final de su vida útil [\$].

$$D = \left[\frac{n - (t - 1)}{n * (n + 1) / 2} \right] * (P - VS) \quad [\$] \quad (6.51)$$

Se estima la vida útil de 10 años (máquinas), el valor inicial de activo es \$ 2559,11 (ver tabla 6.39) y el valor de salvamento es el 60% del valor inicial. Las depreciaciones para cada año de estudio se muestran en la tabla 6.41.

TABLA 6.41: Depreciación y valor en libros de la máquina.

Fuente: Autor.

DEPRECIACIÓN DE LA MÁQUINA				
Inver- sión	V.Salva- mento	Año	Deprecia- ción	Valor en Libros
2559,11	1535,47	0	0	2559,11
		1	186,12	2373,00
		2	167,51	2205,49
		3	148,89	2056,60
		4	130,28	1926,31
		5	111,67	1814,64
		6	93,06	1721,59
		7	74,45	1647,14
		8	55,84	1591,30
		9	37,22	1554,08
		10	18,61	1535,47

Ingresos anuales

Actualmente el abono cuesta alrededor de \$3,00 por quintal. En el presente análisis se considera que éste se venderá a \$2,50 por quintal para que los proveedores de productos del mercado mayorista adquieran el abono a un costo conveniente.

TABLA 6.42: Ingresos anuales de la planta de tratamiento.

Fuente: Autor.

INGRESOS ANUALES		
Ingreso [\$]	Por qq	2,50
	Por ton	55,00
Planta	Cantidad [ton]	Ingresos [USD]
Diaria	9,71	533,93
Semanal	48,54	2669,67
Anual	2524,05	138823,00
Banda de Selección (3,31%)		4591,72

Costos Anuales

TABLA 6.43: Egresos anuales de la planta de tratamiento.

Fuente: Autor.

EGRESOS ANUALES	
CONCEPTO	TOTAL (USD)
Transporte de materia prima	91000,00
Materiales y aditivos	27764,55
Servicios básicos	7000,00
Mantenimiento	3000,00
Herramientas	1000,00
Total Planta	129764,55
Total Banda de Selección	4292,10

Existen varios tipos de egresos (ver tabla 6.43). El carro recolector de basura cobra \$ 8000/mes por prestar el servicio, con una regla de tres se determina que diario se gastará aproximadamente \$ 350 en el transporte de la materia prima a la planta.

Se establece que por quintal se invierte \$0,50 en materiales y aditivos para la preparación del compost, por lo tanto por tonelada se va a gastar \$ 11,00.

Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

La TMAR con y sin inflación con las ecuaciones (6.52) y (6.53):

$$TMAR_{f=0} = i \quad [\%] \quad (6.52)$$

$$TMAR_f = i + f + i * f \quad [\%] \quad (6.53)$$

Donde:

i: Tasa de interés a la que se desea que crezca la inversión o premio al riesgo [%].

f: Tasa de inflación [%].

La tasa de interés toma un valor de 15% [10]. La inflación es de 0,38 %, valor que se obtuvo del promedio de enero a julio de 2012 [25].

$$\text{TMAR}_{f=0} = 0,15 = 15 \%$$

$$\text{TMAR}_f = 0,15 + 0,0038 + 0,15 * 0,0038 = 0,1544 = 15,44 \%$$

Estado de resultados

Con los valores encontrados se procede a realizar el estado de resultados equivalente al proceso de clasificación de desechos sólidos orgánicos.

TABLA 6.44: Estado de resultados equivalente al proceso de clasificación.
Fuente: Baca Urbina Gabriel. Fundamentos de Ingeniería Económica; Autor.

ESTADO DE RESULTADOS											
	AÑO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
- Inversión	1459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Ingresos	0	4592	4592	4592	4592	4592	4592	4592	4592	4592	4592
- Costos	0	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292	4292
- Depreciación	0	186	168	149	130	112	93	74	56	37	19
UAI	0	114	132	151	169	188	207	225	244	262	281
- Impuesto sobre rentas (25%)	0	28	33	38	42	47	52	56	61	66	70
- Reparto de utilidades (11,25%)	0	13	15	17	19	21	23	25	27	30	32
UDI	0	72	84	96	108	120	132	144	155	167	179
+ Depreciación	0	186	168	149	130	112	93	74	56	37	19
+ Valor de salvamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1535
Flujo neto de efectivo (FNE)	-1459	258	252	245	238	231	225	218	211	204	1733

Valor Actual Neto (VAN) y Tasa interna de retorno (TIR).

En el cálculo del VAN se utilizará la $\text{TMAR}_{f=0}$ debido a que los resultados con y sin inflación son idénticos.

$$\text{VAN} = -P + \frac{\text{FNE}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{FNE}_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{\text{FNE}_n}{(1+i)^n} \quad [\$] \quad (6.54)$$

$$\text{VAN} = -1459 + \frac{258}{(1+0,15)^1} + \frac{252}{(1+0,15)^2} + \dots + \frac{1733}{(1+0,15)^{10}} = \$103,10$$

La TIR es la tasa de interés i que se obtiene por iteración cuando el VAN es nulo.

$$0 = -P + \frac{\text{FNE}_1}{(1+\text{TIR})^1} + \frac{\text{FNE}_2}{(1+\text{TIR})^2} + \dots + \frac{\text{FNE}_n}{(1+\text{TIR})^n}$$

$$0 = -1459 + \frac{258}{(1+\text{TIR}_{f=0})^1} + \frac{252}{(1+\text{TIR}_{f=0})^2} + \dots + \frac{1733}{(1+\text{TIR}_{f=0})^{10}}$$

$$TIR_{f=0} = 0,1643 = 16,43 \%$$

La TIR con inflación (TIR) se calcula de la siguiente forma:

$$TIR_f = TMAR_f + (1 + f) * (TIR_{f=0} - TMAR_{f=0})$$

$$TIR_f = 0,1544 + (1 + 0,0038) * (0,1643 - 0,15) = 0,1688 = 16,88 \%$$

Debido a que el VAN ≥ 0 y la TIR \geq TMAR, se establece que el proyecto es rentable.

6.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

En la presente sección se muestra los resultados de las pruebas realizadas de la máquina, además se establece un plan de mantenimiento para que ésta tenga un funcionamiento óptimo y una larga vida útil.

6.9.1 Resultados de las Pruebas

El propósito de la realización de ensayos en la máquina está centrado en verificar su correcto funcionamiento.

Es imposible realizar las pruebas de funcionamiento de la máquina en el interior de planta completa a la que pertenecerá, por la razón de que la misma constará de varios elementos (ver tabla 6.40) que no se han construido y/o adquirido aún. Se estima que la planta de tratamiento de desechos orgánicos empezará a funcionar en el año 2013.

Por lo tanto se realizaron pruebas del proceso unitario de clasificación de desechos sólidos, para lo cual se evaluó el cumplimiento de los siguientes parámetros que ya se definieron con anterioridad:

- *Peso máximo a transportar.* La banda transportó a dos personas con un peso total aproximado de 110 kg (242 lb) \geq 90,2 kg.

- *Altura y ancho de la zona de selección.* Las dimensiones concuerdan con las necesarias.

- *Velocidad óptima de transporte de la banda.* La velocidad es la adecuada para una correcta separación.

En base a las pruebas realizadas se estima que la eficiencia de separación de los operarios será del 95%, debido a que la velocidad a la que se moverán los desechos permite su adecuada manipulación y separación. Por lo tanto el porcentaje de aprovechamiento de los desechos sólidos orgánicos será superior al 90%, considerando pérdidas del 5% en los demás procesos de la planta de tratamiento.

6.9.2 Operación y mantenimiento

Para una correcta operación de la máquina, se presenta los siguientes consejos:

- Encender la máquina únicamente cuando los protectores de las bandas se encuentren ensamblados.
- Respetar las señales de seguridad de la máquina, ya que éstos están ubicados en las zonas de riesgo o peligro.
- Los operarios de la máquina deben llevar el siguiente equipo de protección personal:
 - Tapones auditivos para reducir el nivel de ruido al que están expuestos los operarios por el funcionamiento de varias máquinas en la planta.
 - Mascarilla para proteger del olor fuerte que generan los desechos sólidos.
 - Guantes para proteger las manos de desechos cortantes durante la manipulación de los desechos.
- No exceder la carga para la que fue diseñada la máquina, esto ayudará a que todos sus elementos constitutivos se conserven en buen estado.

El mantenimiento de la máquina deberá realizarse de la siguiente manera:

- Revisar semanalmente el nivel de aceite recomendado (la mitad de la capacidad) del reductor para prevenir fugas inesperadas. Cambiar el aceite semestralmente.
- Realizar un chequeo o revisión general de la máquina cada seis meses.

- Limpiar semanalmente y lubricar bimestralmente los rodamientos de los rodillos para su buen funcionamiento.
- Revisar bimensualmente el desgaste de las bandas de transmisión de potencia.
- Realizar la limpieza general de la máquina semanalmente.
- Revisar mensualmente el estado del motor y reductor.

6.9.3 Conclusiones y Recomendaciones

6.9.3.1 Conclusiones

- En el diseño de los materiales se ha realizado con factores de seguridad altos con la consideración de un posible incremento futuro de la capacidad de carga, la velocidad de transporte o la longitud de la banda.
- Con la implementación de la banda de selección en la planta, se facilita la separación de desechos para volver a utilizar la materia orgánica.
- La banda de selección requiere un dosificador (trómel) que alimente su carga y elimine objetos diminutos, el cual debe ser diseñado para que la capacidad de carga que ingrese a la banda sea el establecido.
- Los desechos que salgan por la descarga pasarán directamente a ser triturados en la máquina respectiva.

6.9.3.2 Recomendaciones

- Reemplazar la transmisión de banda B39 - poleas por una de cadena - catalinas en el caso de incrementarse la capacidad de carga de la máquina.
- Diseñar el triturador de desechos sólidos orgánicos en función de la descarga o salida de la banda de selección para que el proceso sea continuo.
- La zona de selección o clasificación de desechos produce olores que pueden afectar a los operarios, por lo que se recomienda que ésta se encuentre en un lugar que tenga ventilación.

MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2005, 17 de Enero). *Política de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Conama.
- [2]. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, División de salud y ambiente. (2002, Mayo). *Análisis sectorial de residuos sólidos Ecuador*.
- [3]. Diario El Heraldo. (2011, 17 de Marzo). *La basura y la construcción*. Ambato.
- [4]. El Diario. (2007, 6 de Septiembre). *La preservación de nuestro planeta*. Portoviejo.
- [5]. Aguilar, L. (2009). *Contaminación Ambiental*. Obtenido de <http://www.contaminacion-ambiente.blogspot.com>
- [6]. Narváez, C. (2010). *I Seminario Internacional de Residuos Sólidos*. Universidad Técnica de Ambato.
- [7]. Ardila, F. *El Fin del Fin*. Bogotá: Editorial Panamericana.
- [8]. Facultad de Semillero de investigación LOGO (2010). *Gestión pública ambiental sobre el manejo de Residuos sólidos en Bogotá 2003-2009*. Escuela Superior de Administración Pública ESAP.
- [9]. Tchobanoglous, G., Theisen H. y Vigil S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos* (Vol. 1 y 2). México: McGraw-Hill.
- [10]. Bautista, F. (2011). *Tesis de gestión de residuos sólidos orgánicos del mercado mayorista de Ambato y su incidencia en la calidad ambiental*. Universidad Técnica de Ambato.
- [11]. <http://www.slideshare.net/nestorbalcazar/ingeniera-de-procesos-447590>.
- [12]. Díaz, L. y de Janon C. (2010). *Reciclaje y Tratamiento Biológico de los Residuos Sólidos Municipales*. Quito: ISBN.

- [13]. Fida. (2011). Obtenido de Gestión de Residuos-Procesos y tecnologías-clasificación: <http://www.fida.es:8001/fida/VisNot>.
- [14]. *Monografías.com*. (2011). Obtenido de Contaminación ambiental: <http://www.monografias.com/trabajos34/contaminacion-ambiental>.
- [15]. http://www.gipuzkoa.net/estructura-economica/Cap6/1_Inicio_Cap6.html.
- [16]. Herrera, L., Medina, A., Naranjo, G. (2004). *Tutoría de la Investigación Científica*. Ambato: Tiraje.
- [17]. <http://www.ambato-ema.gob.ec>
- [18]. Lund, H. *Manual de Reciclaje*. McGraw-Hill.
- [19]. Siegling Transilon. *Cálculo de bandas de transporte y procesamiento*. Forbo.
- [20]. Shigley, J. y Mischke Ch. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México: McGraw-Hill.
- [21]. SKF. *Catálogo de rodamientos*.
- [22]. AISC ASD. *Manual 9th Edition*.
- [23]. Koshkin I. y Shirkévich G. (1975). *Manual de Física Elemental*. Mir.
- [24]. Baca, G. (2003). *Fundamentos de Ingeniería Económica*. México: McGraw-Hill.
- [25]. Banco Central del Ecuador.
- [26]. TULAS. *Norma de Calidad ambiental para el manejo y disposición final de desechos sólidos no peligrosos*, Libro VI Anexo 6. Ecuador.
- [27]. Avallone, E. & Baumeister, T. (1996). *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*. New York: McGraw-Hill.
- [28]. McCormac J. (2002). *Diseño de estructuras de Acero*. México: Alfaomega.
- [29]. Panero, J. y Zelnik, M. *Las Dimisiones Humanas en los Espacios Interiores*.
- [30]. Villegas, F. (1995). *Evaluación y control de la contaminación*. Bogotá: Universidad Nacional de Bogotá.

- [31]. Pirelli. *Manual de cálculo de cintas transportadoras*. Bellavista: Industrias Pirelli.
- [32]. Dipac. *Catálogo de productos de acero*. Manta.
- [33]. Garniet. (2009). *Catálogo de tornillos y tuercas*. México.
- [34]. REM. *Catálogo de reductores sinfín corona*.
- [35]. Roflex. *Catálogo de bandas en V*.
- [36]. Siegling Transilon. *Catálogo de bandas de transporte y procesamiento*. Forbo.
- [37]. Weg. *Catálogo de motores monofásicos*. México.
- [38]. Chérrez, D. (2011). *Tesis de los desechos sólidos y su incidencia en el medio ambiente del cantón Cevallos provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato.
- [39]. Morales, M. (2011). *Tesis de propuesta de un plan de manejo ambiental aplicado a la empresa de balanceados Avimentos para reducir su impacto ambiental*. Universidad Técnica de Ambato.
- [40]. Vásquez, V. (2011). *Tesis del sistema de tratamiento de desechos biodegradables para generación de biogás en la finca San José" del cantón Shushufindi*. Universidad Técnica de Ambato.
- [41]. Yanchaliquín, L. (2012). *Tesis de Los desechos y sobrantes de materiales y su incidencia en el proceso de producción de la fábrica de calzado Mishell*. Universidad Técnica de Ambato.
- [42]. CONEAU, Ministerio de Educación (2002, Agosto). *Cálculo de una cinta transportadora*. Argentina.
- [43]. Norma NTP 511. *Señales visuales de seguridad*.
- [44]. Lezama, J. L. (2005, Aug 21). *Jose Luis Lezama / agenda 2006: Desechos*. Mural. Guadalajara: El Sol, S.A.
- [45]. <http://www.bandastarragona.com>.

ANEXO A

FORMATO DE FICHAS DE ENSAYO DE

CAMPO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ENSAYO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS



INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Ensayo:	Estudio de las Dimensiones Unitarias de los Desechos Sólidos.		
Nombre del Ejecutor:	Mauro Toalombo	Lugar de la Práctica:	Mercado Mayorista Ambato
Fecha de Ejecución:	lunes, 03 de octubre de 2011	Número de Ensayo:	1
Hora de Inicio:	08h00	Hora de Salida:	11h00

REGISTRO DE DATOS

TIPO DE MATERIA	TIPO DE DESECHO	DIMENSIONES UNITARIAS PROMEDIO				
		LARGO [cm]	ANCHO [cm]	ALTURA [cm]	DIÁMETRO [cm]	VOLUMEN [cm ³]
ORGÁNICA	HOJA DE CEBOLLA BLANCA	24,0			1,3	31,856
	HOJA DEL MAÍZ	33,0			9,0	2099,369
	HOJAS DE FRÉJOL	12,5			1,0	9,817
	HOJAS DE HABAS	12,0			1,5	21,206
	PIMIENTO	12,0			5,0	235,619
	TALLO DE PIÑA	25,0			6,0	706,858
	TALLO DEL PLÁTANO	100,0			10,0	7853,982
	TALLOS Y HOJAS DE EUCALIPTO	40,0			10,0	3141,593
	TRONCO DE BRÓCOLI	10,0			15,0	1767,146
	TRONCO DEL MAÍZ Y PALOS	100,0			2,5	490,874
	TUZA DEL MAÍZ	12,0			3,0	84,823
NORGÁNICA	PAPEL					
	CAJAS DE CARTÓN					
	CUBETAS DE CARTÓN					
	PLATOS DE CARTÓN					
	BOTELLAS PLÁSTICAS					
	VASOS PLÁSTICOS					
	CAJAS DE MADERA					
	TIERRAS Y CENIZAS					
	LONAS					

OBSERVACIONES:

LA MEDICIÓN DE LAS DIMENSIONES PROMEDIO DE ALGUNOS TIPOS DE DESECHO COMO PAPEL Y PLÁSTICO ES MUY COMPLICADA DEBIDO A QUE EXISTEN GRAN VARIEDAD DE ESTE TIPO DE DESECHOS, QUE OCUPAN DIVERSAS FORMAS.

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

MAGNITUD O PARÁMETRO	EQUIPO Y/O TÉCNICA
Dimensiones Unitarias (Volumen Unitario)	Calibrador, Flexómetro.

OBSERVACIONES FINALES:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ENSAYO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS



INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Ensayo:	Estudio de la Composición Volumétrica de los Desechos Sólidos.		
Nombre del Ejecutor:	Mauro Toalombo	Lugar de la Práctica:	Mercado Mayorista de Ambato
Fecha de Ejecución:	lunes, 03 de octubre de 2011	Número de Ensayo:	1
Hora de Inicio:	08h00	Hora de Salida:	11h00

REGISTRO DE DATOS

# DE NAVE	# CONTE- NEDORES	# DE FOTO GRAFÍAS	TIP O	# CONTE- NEDOR	COMPOSIC. ORGÁNICO/ CONTENED	COMPOSIC. INORGÁNICO/ CONTENED	COMPOSIC. ORGÁNICO/ NAVE	COMPOSIC. INORGÁNICO/ NAVE
A	1	3	bodega	1ero	30%	70%	30,0%	0,0%
B	2	5	plaza	1ero 2do	40% 50%	60% 50%	45,0%	55,0%
C	1	3	bodega	1ero	15%	85%	15,0%	85,0%
D	1	3	plaza	1ero	90%	10%	90,0%	10,0%
E	0	1	bodega					
F	1	3	plaza	1ero	50%	50%	50,0%	50,0%
G	1	3	plaza	1ero	45%	55%	45,0%	55,0%
H	2	5	plaza	1ero 2do	65% 30%	35% 70%	47,5%	52,5%
I	0	1	bodega					
J	0	1	bodega					
K	1	3	plaza	1ero	65%	35%	65,0%	35,0%
L	3	8	plaza	1ero 2do 3ero	95% 70% 30%	5% 30% 70%	65,0%	35,0%
LL	0	1	plaza					
M	2	5	plaza	1ero 2do	90% 60%	10% 40%	75,0%	25,0%
N	2	5	plaza	1ero 2do	45% 90%	55% 10%	67,5%	32,5%
Ñ	0	1	plaza					
O	6	11	plaza	1ero 2do 3ero 4to 5to 6to	90% 90% 95% 90% 90% 80%	10% 10% 5% 10% 10% 20%	89,2%	10,8%
P	2	5	plaza	1ero 2do	80% 85%	20% 15%	82,5%	17,5%
Q	2	5	plaza	1ero 2do	60% 90%	40% 10%	75,0%	25,0%
R	1	3	abierto	1ero	90%	10%	90,0%	10,0%
TOTAL	28	75		PROMEDIO	67,9%	32,1%		

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Cámara Fotográfica, Observación, Flexómetro

OBSERVACIONES:

LA NAVE "O" ES LA MAYOR PRODUCTORA DE DESECHOS ORGÁNICOS DEBIDO A QUE HACEN FALTA 6
CONTENEDORES PARA ABASTECER LA CANTIDAD DE BASURA PRODUCIDA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ENSAYO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS



INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Ensayo:	Estudio de las Densidades Unitarias de los Desechos Sólidos Orgánicos.		
Nombre del Ejecutor:	Mauro Toalombo	Lugar de la Práctica:	Lab. de Materiales FICM
Fecha de Ejecución:	lunes, 03 de octubre de 2011	Número de Ensayo:	1
Hora de Inicio:	08h00	Hora de Salida:	11h00

REGISTRO DE DATOS

N°	TIPO DE DESECHO ORGÁNICO	MASA (g)	VOLUMEN INICIAL DE LÍQUIDO (m ³)	VOLUMEN FINAL DE LÍQUIDO (m ³)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
1	CÁSCARA DE HUEVO	3,9	500	502,5	2,5	1,560
2	TRONCO DE BRÓCOLI	288,3	1300	1515	215,0	1,341
3	HOJA DE PIÑA	186,3	1300	1460	160,0	1,164
4	PAPA	22,3	450	470	20,0	1,115
5	LIMÓN	23	450	472,5	22,5	1,022
6	NARANJILLA	49,1	450	500	50,0	0,982
7	GUAYABA	58,9	1300	1360	60,0	0,982
8	NARANJA	176,4	1300	1480	180,0	0,980
9	TRONCO DE MADURO	332,7	1300	1645	345,0	0,964
10	TOMATE DE RIÑÓN	76,7	1300	1380	80,0	0,959
11	PEPINILLO	228,9	1300	1540	240,0	0,954
12	ACELGA	81,5	1300	1390	90,0	0,906
13	CASCARA DE FRÉJOL	9,0	450	460	10,0	0,900
14	HOJA DE CHOCLO	73,3	1300	1385	85,0	0,862
15	PEREJIL	77,5	1301	1390	89,0	0,871
16	MANDARINA	169,3	1302	1500	198,0	0,855
17	RÁBANO	33,6	450	490	40,0	0,840
18	CEBOLLA ROJA	36,9	451	495	44,0	0,839
19	TOMATE DE ÁRBOL	85,7	1300	1405	105,0	0,816
20	CEBOLLA BLANCA	4,0	450	455	5,0	0,800
21	HOJA DE COL	31,8	1300	1340	40,0	0,795
22	HOJA DE BRÓCOLI	66,0	1300	1385	85,0	0,776
23	CÁSCARA DE HABA	7,5	450	460	10,0	0,750
24	LECHUGA	101,1	1300	1440	140,0	0,722
25	PIMIENTO	99,8	1300	1440	140,0	0,713
26	GRANADILLA	48,6	1300	1390	90,0	0,540
27	HOJA DE PLÁTANO	7,5	1300	1318	18,0	0,417

EQUIPOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

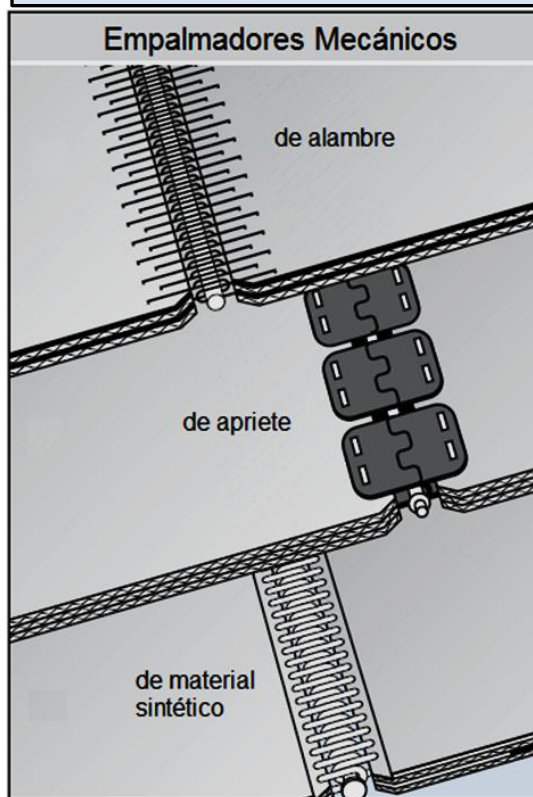
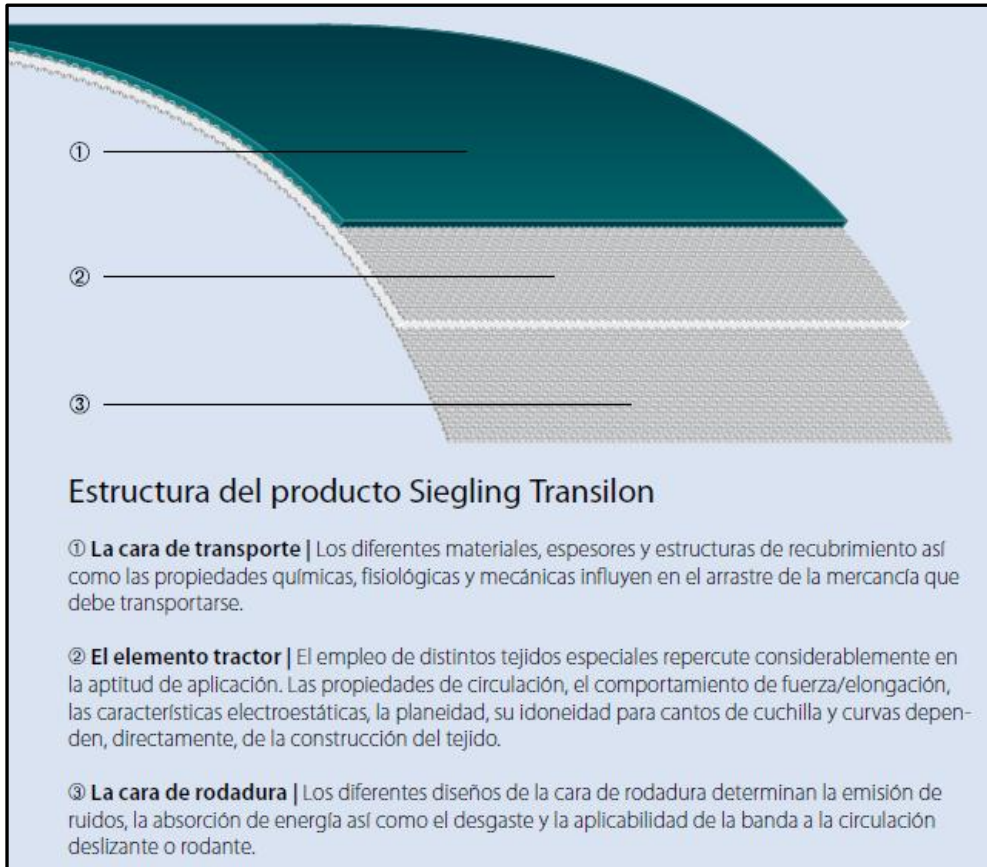
MAGNITUD O PARÁMETRO	EQUIPO Y/O TÉCNICA
Masa Unitaria	Balanza
Volumen Unitario	Proveta graduada

OBSERVACIONES:

LA MA YORÍA DE LOS DESECHOS ORGÁNICOS TIENDEN A FLOTAR EN EL AGUA

ANEXO B

TABLAS, FIGURAS Y CATÁLOGOS DE PRODUCTOS



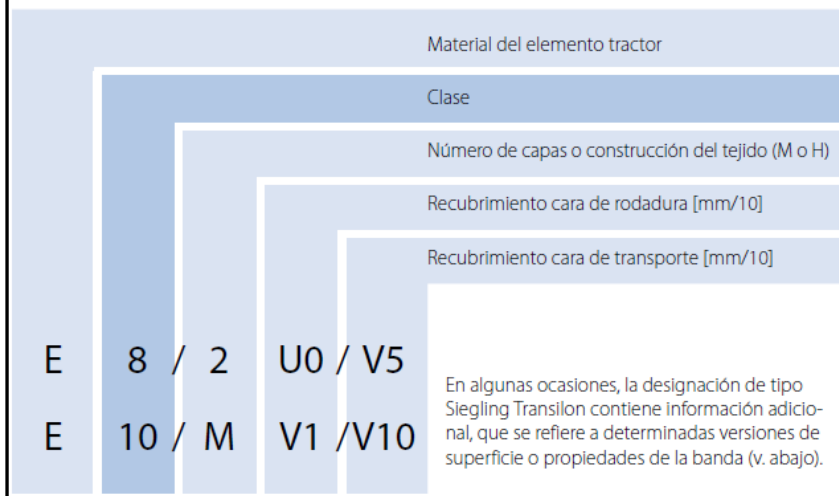
Empalmadores mecánicos

Este tipo de unión permite

- desmontar y montar una banda rápidamente y sin tener que desmontar componentes del equipo,
- reparar la banda en poco tiempo insertando un empalmador,
- confeccionar la unión de modo rápido y sencillo.

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Denominación de las Bandas



Abreviaturas

Elementos tractoros

AE	Mezcla de aramida y poliéster
E	Poliéster
EC	Mezcla de poliéster y algodón
EP	Mezcla de poliéster y poliamida
P	Poliamida

Construcción

1,2,3	Número capas textiles
M	Tejido capas múltiples
NOVO	Fibras de poliéster
H	Tejido de alta tecnología

Recubrimientos

A	Polioléfina
C	Algodón
E	Poliéster
G	Goma
P	Poliamida
S	Silicona
U	Uretano
UH	Uretano duro
V	PVC
VH	PVC duro
VS	PVC suave
o	Sin recubrimiento
F, Z	Fielto/velour
Uo, Eo,	Con impregnación
Ao, So, Yo	

Estructuras cara transporte

AR	Antideslizante
CH	Facturación en mostrador
FG	Espina de pez
FSTR	Fina
GL	Superficie lisa
GSTR	Gruesa
KN	Nudos cruciformes
LG	Ranura longitudinal
MT	Superficie mate
NP	Piramidal negativa
R	Rómbica
RF	Rómbica fina
RFF	Rómbica fina plana
RPH	Perfil longitudinal en relieve
R80	Estructura rómbica
SG	Reticular
SP	Estructura de pirámide estrella
STR	Normal
VN	Nudos en V
WAR	Estructura antideslizante de ondas
Rough	Tejido estructurado grueso
Fine	Tejido estructurado fino

Propiedades de la banda

ATEX	Protección contra explosiones con conformidad ATEX
C	Flexibilidad transversal, apto para bandas curvas
FDA	Homologado por la FDA
HACCP	Cumplen con el protocolo HACCP
HC	Alta conductividad
HW	Agua caliente
LF	Bajo rozamiento
M	Rigidez transversal especial
NA	No antiestático
S	Insonorizado
SE	Difícilmente inflamable
TT	Cumple con la norma de la pirólisis
Q	Sin rigidez transversal, no apto para bandas curvas

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Programa de suministro estándar		Datos técnicos, propiedades y recomendaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m²]	Fuerza de tracción con un 1% de elongación después de la relajación (kg) [N/mm de ancho]*	diám. aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]
E	2/1	A2/A2-NA-TT ¹⁾	azul	900360	0,75	0,7	**	-
E	2/1	U0/U2 HACCP	blanco	900176	0,65	0,65	3,5	r 3-8
E	2/2	U0/V0	transp.	900102	1,2	1,2	3	r 3-8
E	3/1	E0/E0TT	transp.	900339	0,9	0,65	3,5	r 3-8
E	3/1	E2/E2 MT/AGL-C-TT	transp.	900340	1,15	1,3	3,5	25
E	3/1	U0/S3	blanco	900184	1,1	1,05	3	r 3-8
E	3/1	U0/U0	transp.	906430	0,85	0,6	3,5	r 3-8
E	3/1	U0/U2 HACCP	blanco	900006	1,15	1,2	3,5	r 3-8
E	3/1	U0/U2 MT-C-HACCP	blanco	900008	0,7	0,7	2	r 3-8
E	3/1	U0/U2 MT-NA-HACCP	blanco	900201	0,8	0,9	3	r 3-8
E	3/1	U0/U2 RF	marrón	900007	1,2	1,1	4	r 3-8
E	3/2	U0/U0	transp.	900009	1,2	1,1	5	r 3-8
E	3/2	U0/U/C FEIN	blanco	999638	1,4	1,4	2	r 3-8
E	3/2	U0/U/C GROB-NA	transp.	906407	2	1,7	2	r3
E	3/2	U0/U2 HACCP-FF FDA	azul	906664	1,45	1,6	5	r 3-8
E	3/2	U0/U2 HACCP	blanco	900103	1,45	1,6	5	r 3-8
E	4/1	P2/P2 MT/MT-HC	negro	906396	0,75	0,8	4	60/80
E	4/1	U0/VSH MT	verde	900171	1,1	1,25	4	30
E	4/2	U0/P2 MT-HC	negro	906212	0,9	1	4	60
E	4/2	S0/S0	transp.	900135	1,3	1,1	2	40
E	4/2	S0/S3 PSTR	blanco	900136	1,5	1,6	3	40
E	4/2	U0/U0	transp.	900206	1,1	1,1	4	r 3-8
E	4/2	U0/U2 HACCP-FF FDA	blanco	906645	1,35	1,55	4	r 3-8
E	4/2	U0/U2 LF	blanco	906373	1,35	1,5	4	r 3-8
E	4/2	U0/U2 MT	azul	906540	1,35	1,55	4	r 3-8
E	4/2	U0/U2 MT-HACCP	blanco	900207	1,35	1,55	4	r 3-8
E	4/2	U1/U2H ATEX	negro	906389	1,4	1,55	5	40/80 ³⁾
E	5/2	0/0	transp.	900104	1,45	1,5	1,5	25 ²⁾
E	5/2	0/V5	verde	900016	1,95	2,3	4,5	25
E	5/2	0/V5H MT	negro	906176	1,9	2,2	4,5	40
E	6/1	U0/UH	verde	900019	0,6	0,6	7	25 ²⁾
E	6/2	U0/U/S3	blanco	906477	1,6	1,8	6	20/40 ³⁾
E	8/2	U0/U2	verde	900320	1,4	1,6	7,5	40 ²⁾
E	8/2	U0/U2 LF	verde	906460	1,45	1,6	7,5	40 ²⁾
E	8/2	U0/U2 MT-NA	blanco	900277	1,4	1,45	7,5	25
E	8/2	U0/VU2H MT	verde	900170	1,6	1,8	8	40/60 ³⁾
E	8/2	U0/VU2H MT-SE	negro	906401	1,65	2	7	40/60 ³⁾
E	8/2	U0/U8	transp.	900024	2	2,2	7,5	60
E	8/2	0/U10 S/AG	verde	904358	2,2	2,2	8	40
E	8/2	U0/VU20	verde	900151	3,6	4,2	9	60
E	8/2	V1/V1	azul	996060	2	2,35	6,5	50
E	8/2	U0/V2H MT	verde	900208	1,5	1,65	8	40
E	8/2	Y0/Y4 GSTR	negro	996125	2,1	2,25	6	40
E	8/2	U0/V5	verde	900025	2,2	2,55	8	40
E	8/2	U0/V5 MT	blanco	900028	2,2	2,5	8	40
E	8/2	U0/V5 NP	blanco	900029	2,1	2,15	8	40
E	8/2	U0/V5 STR	verde	900027	2,4	2,8	8	60
E	8/2	V5/V5 STR/GL	verde	900030	2,65	3,2	4	60 ²⁾
E	8/2	0/V5H S/MT	negro	996141	2,2	2,5	8	50
E	8/2	U0/V5H MT	negro	900026	2,2	2,5	8	50
E	8/2	U0/V5H MT-SE	negro	999967	2,25	2,7	6,5	60
E	8/2	U0/V7 SG	negro	906286	2,3	2,45	8	40
E	8/2	U0/V10 SG	verde	900086	2,6	2,85	8	60
E	8/2	U0/V10H-M-SE	negro	906538	3,1	3,6	7	60/90
E	8/2	U0/V15 LG	verde	900199	3,1	3,4	8	60
E	8/2	U0/V15 LG	negro	900275	3,1	3,3	8	60
E	8/2	U0/V15 LG-SE	negro	906313	3,1	3,4	7,5	60
E	8/2	U0/V20 AR	verde	900037	4,9	4	8	60 ²⁾
E	8/2	U0/V20 AR	negro	900087	4,9	4	8	60 ²⁾
E	8/2	U0/V20 AR-SE	negro	999532	4,9	4,2	7,5	60
E	8/2	U0/V20 KN	verde	900139	3,6	3,2	8	60
E	8/2	U0/V80 R80-SE	negro	996121	8,2	4,7	8	60/120 ³⁾
E	8/H	S0/S5 MT-HACCP FDA	blanco	906478	1,4	1,5	6	40
E	8/H	U0/U2 MT-HACCP	azul	906473	1,35	1,25	12	r 3-8
E	8/H	U0/U2 MT-HACCP	blanco	906451	1,35	1,25	12	r 3-8
E	8/H	U2/U2 MT/MT-HACCP	azul	906604	1,6	1,7	11	10
E	8/H	U0/U5 NP-HACCP	azul	906605	1,6	1,65	12	r 3-8
E	8/H	U0/U5 NP-HACCP	blanco	906489	1,6	1,65	12	r 3-8

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Programa de suministro estándar	Rigidez transversal	Concavable	Insonorización especial	Apropiado p. curvas	Apropiado p. cantos de cucullilla	Acabado antiestático	Difícilmente inflamable según DIN EN 20340 (SE)	Alta conductividad (HC/ATEX)***	Conformidad FDA	Superficie estructurada
E 2/1 A2/A2-NA-TT [®]		●							●	
E 2/1 U0/U2 HACCP					●	●			●	
E 2/2 U0/0	●				●	●			●	Tejido
E 3/1 E0/E0TT	●				●	●			●	Tejido
E 3/1 E2/E2 MT/GL-C-TT		●				●			●	
E 3/1 U0/S3	●				●	●			●	
E 3/1 U0/U0	●				●	●			●	Tejido
E 3/1 U0/U2 HACCP	●				●	●			●	
E 3/1 U0/U2 MT-C-HACCP		●		●	●	●			●	
E 3/1 U0/U2 MT-NA-HACCP	●				●	●			●	
E 3/1 U0/U2 RF	●				●	●			●	
E 3/2 U0/U0	●				●	●			●	Tejido
E 3/2 U0/U/C FEIN	●				●	●			□	Tejido
E 3/2 U0/U/C GROB-NA	●				●	●			□	Tejido
E 3/2 U0/U2 HACCP-FFDA	●				●	●			□	Tejido
E 3/2 U0/U2 HACCP	●				●	●			●	
E 4/1 P2/P2 MT/MT-HC	●				●	●		●		
E 4/1 U0/V5H MT	●				●	●			□	
E 4/2 U0/P2 MT-HC	●				●	●		●		
E 4/2 S0/S0	●				●	●			●	Tejido
E 4/2 S0/S3 FSTR	●				●	●			●	●
E 4/2 U0/U0	●				●	●			●	Tejido
E 4/2 U0/U2 HACCP-FFDA	●				●	●			□	
E 4/2 U0/U2 LF	●				●	●			□	
E 4/2 U0/U2 MT	●				●	●			●	
E 4/2 U0/U2 MT-HACCP	●				●	●			●	
E 4/2 U1/U2 HATEX	●				●	●		●		
E 5/2 0/0		●		●	●	●				Tejido
E 5/2 0/V5		●	●	●	●	●			□	
E 5/2 0/V5H MT		●	●	●	●	●			□	
E 6/1 U0/UH	●				●	●			□	
E 6/2 U0/U/S3	●				●	●			□	
E 8/2 U0/U2	●				●	●			●	
E 8/2 U0/U2 LF	●				●	●			●	
E 8/2 U0/U2 MT-NA	●				●	●	***		●	
E 8/2 U0/V/U2H MT	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/V/U2H MT-SE	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/U8	●		●		●	●			□	
E 8/2 0/U10 SAG	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/V/U20	●		●		●	●			□	Tejido
E 8/2 V1/V1	●				●	●			□	
E 8/2 U0/V2H MT	●				●	●			●	●
E 8/2 Y0/A4 GSTR	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/V5	●				●	●			□	
E 8/2 U0/V5 MT	●				●	●			●	
E 8/2 U0/V5 NP	●				●	●			●	●
E 8/2 U0/V5 STR	●				●	●			□	●
E 8/2 V5/V5 STR/GL	●				●	●			□	●
E 8/2 0/V5H S/MT	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/V5H MT	●		●		●	●			□	
E 8/2 U0/V5H MT-SE	●				●	●		●		
E 8/2 U0/V7 SG	●				●	●				●
E 8/2 U0/V10 SG	●				●	●				●
E 8/2 U0/V10H-M-SE	●		●		●	●		●		
E 8/2 U0/V15 LG	●		●		●	●			□	●
E 8/2 U0/V15 LG	●		●		●	●				●
E 8/2 U0/V15 LG-SE	●		●		●	●		●		●
E 8/2 U0/V20 AR	●		●		●	●			□	●
E 8/2 U0/V20 AR	●		●		●	●				●
E 8/2 U0/V20 AR-SE	●		●		●	●		●		
E 8/2 U0/V20 KN	●		●		●	●				
E 8/2 U0/V80 R80-SE	●		●		●	●		●		
E 8/H S0/S5 MT-HACCP FDA				***	●	●		●		
E 8/H U0/U2 MT-HACCP	●			***	●	●			●	
E 8/H U0/U2 MT-HACCP	●			***	●	●			●	
E 8/H U2/U2 MT/MT-HACCP					●	●			●	
E 8/H U0/U5 NP-HACCP					●	●			●	
E 8/H U0/U5 NP-HACCP		●			●	●			●	●

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Programa de suministro estándar		Datos técnicos, propiedades y recomendaciones, aplicaciones	N° de artículo	Espesor total aprox. [mm]	Peso aprox. [kg/m²]	Fuerza de tracción con un 1% de elongación después de la relajación (k _N) [N/mm de ancho]*	d _{min} aprox. [mm]**	Temperatura de servicio admisible [°C]	
E	8/H	U0/V6 NP	negro	906386	1,85	1,6	12	20/40 ³⁾	-10°/+70°
E	8/H	U0/V10S LG	negro	906446	2,15	2,1	12	40 ⁴⁾	-10°/+70°
E	9/2	A0/A1SVN-TT	transp.	900344	4,8	3,3	4,5	90	-10°/+60°
E	10/1	U1/Z30-Q	transp.	906384	4	1,7	15	40	-30°/+100°
E	10/2	E0/AS TT	transp.	906505	2,6	2,4	11	90 ²⁾	-10°/+60°
E	10/2	E0/E10 VN-TT	transp.	900343	4,4	3,3	13	60	-30°/+100°
E	10/2	0/P2 GL	transp.	906459	1,9	1,9	17	90 ²⁾	-10°/+100°
E	10/M	U1/U3-NA	verde	900064	3,1	3,3	7,5	60	-10°/+80°
E	10/M	U1/U3 GSTR-NA	verde	900065	3,5	3,4	7	60	-10°/+80°
E	10/M	V1/V10	verde	900066	2,85	3,3	9	60	-10°/+70°
E	10/M	V1/V10 MT	blanco	900092	2,85	3,3	9	60	-10°/+70°
E	12/2	A0/A3 MT-TT	verde	900347	1,8	1,8	14	60	-10°/+80°
E	12/2	A0/A3 MT-TT	transp.	906583	1,8	1,8	14	60	-10°/+80°
E	12/2	E0/E3 MF-TT	transp.	900348	1,7	1,8	12	50	-30°/+100°
E	12/2	U0/U0	transp.	900040	1,4	1,4	6,5	60	-30°/+100°
E	12/2	0/UH	verde	906509	1,45	1,5	14	60 ²⁾	-30°/+100°
E	12/2	U0/WU0	anthrazit	906458	2,05	2,2	13	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/WU0	transp.	900164	1,5	1,55	13	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/WU0 SE	negro	999903	2	2,3	10	90	-10°/+70°
E	12/2	U0/WU2H MT	verde	900173	2,2	2,55	13	80/100 ³⁾	-10°/+70°
E	12/2	U0/WU4 GSTR-C	negro	999979	2,4	2,3	6,5	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/U20 GSTR	verde	900168	3,8	14	14	90	-10°/+80°
E	12/2	U0/V3-C	verde	900044	2,3	2,7	6,5	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/V3 MT-C	negro	900264	2,3	2,7	6,5	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/V6 GSTR-C-SE	negro	906495	2,55	2,7	6,5	60 ²⁾	-10°/+70°
E	12/2	U0/V7	verde	900045	2,85	3,4	11	60	-10°/+70°
E	12/2	V5/V10 STR/GL	verde	900053	3,25	3,9	14	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/V20	verde	900262	3,35	4,1	14	60	-10°/+70°
E	12/2	U0/V20 MT-NA	weiß	900050	3,7	4,4	12	60	-10°/+70°
E	15/M	V1/V10 MT	weiß	900093	5	5	12	125	-10°/+70°
E	15/M	V1/V10H MT	verde	900324	5	5,4	12	125	-10°/+70°
E	18/3	E0/E3 MT-TT	transp.	900350	2,6	2,8	16	60	-30°/+100°
E	18/3	U0/WU2H MT	verde	900174	2,8	3,2	21	150/200 ³⁾	-10°/+70°
E	18/3	U0/V20	verde	900088	4,8	5,7	21	120	-10°/+70°
E	18/H	U0/U2 MT	blanco	906420	1,75	1,75	22	202)	-30°/+100°
E	20/M	U1/U3-NA	verde	900074	5,4	6	12	160	-10°/+80°
E	20/M	U1/U3 GSTR-NA	verde	900075	5,7	6	12	160	-10°/+80°
E	30/3	U0/V25 GSTR	verde	906387	6,2	7	35	250/350 ³⁾	-10°/+70°
E	44/3	U0/V20	verde	999995	5,8	7	50	160	-10°/+70°
AE	140/3	U0/U4H MT	verde	906441	3,7	4,2	75	250	-30°/+100°
EP		U5/U5 GL/GL-NA ¹⁾	verde	900205	7,3	6,5	***	120	-10°/+80°
NOVO		25-HC	negro	900195	2,5	1,3	9,5	40	-10°/+120
NOVO		25-NA	blanco	996160	2,5	1,3	9,5	40	-10°/+121
NOVO		40-HC	negro	900221	4	2,2	12	70	-10°/+122
NOVO		40-NA	verde	900222	4	2,2	12	70	-10°/+123
NOVO		60-HC	negro	900286	5,5	31,1	12	120	-10°/+124

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Programa de suministro estándar			Rigidez transversal	Concavable	Insonorización especial	Apropiado p. curvas	Apropiado p. cantos de cuchilla	Acabado antiestático	Difícilmente inflamable según DIN/EN 20340 (SE)	Alta conductividad (HC/ATEX)***	Conformidad FDA	Superficie estructurada
E 8/H	U0/V6 NP		●					●				●
E 8/H	U0/V10S LG		●		●							●
E 9/2	A0/A1SVN-TT			●				●			●	●
E 10/1	U1/Z30-Q			●				●				Tejido
E 10/2	E0/ASTT			●				●			●	
E 10/2	E0/E10 VN-TT		●	●				●			●	●
E 10/2	0/P2 GL		●					●				
E 10/M	U1/U3 NA			●		●					□	
E 10/M	U1/U3 GSTR-NA			●		●					□	●
E 10/M	V1/V10			●		●		●			□	
E 10/M	V1/V10 MT			●		●		●			□	
E 12/2	A0/A3 MT-TT		●	●				●			●	
E 12/2	A0/A3 MT-TT		●	●				●			●	
E 12/2	E0/E3 MT-TT		●	●				●			●	
E 12/2	U0/U0		●		●			●				Tejido
E 12/2	0/UH		●		●			●			□	
E 12/2	U0/WU0		●		●			●			□	Tejido
E 12/2	U0/WU0		●		●			●			□	Tejido
E 12/2	U0/WU0 SE		●		●			●	●			Tejido
E 12/2	U0/WU2H MT		●		●			●				
E 12/2	U0/WU4 GSTR-C			●		●		●				●
E 12/2	U0/U20 GSTR		●		●			●				●
E 12/2	U0/V3-C			●		●		●			□	
E 12/2	U0/V3 MT-C			●		●		●			□	
E 12/2	U0/V6 GSTR-C-SE			●		●		●	●			●
E 12/2	U0/V7		●		●			●			□	
E 12/2	V5/V10 STR/GL		●					●			□	●
E 12/2	U0/V20		●		●			●			□	
E 12/2	U0/V20 MT-NA							●			□	
E 15/M	V1/V10 MT			●		●		●			□	
E 15/M	V1/V10H MT			●		●		●			□	
E 18/3	E0/E3 MT-TT		●					●			●	
E 18/3	U0/WU2H MT		●					●				
E 18/3	U0/V20		●					●			□	
E 18/H	U0/U2 MT		●				●	●			●	
E 20/M	U1/U3 NA		●					●			□	
E 20/M	U1/U3 GSTR-NA		●					●			□	●
E 30/3	U0/V25 GSTR		●					●			□	●
E 44/3	U0/V20		●		●			●			□	
AE 140/3	U0/U4H MT							●			●	
EP	US/US GL/GL-NA ¹⁾											
NOVO	25-HC			●	●	●		●		●	□	Filtro
NOVO	25-NA			●	●	●		●				Filtro
NOVO	40-HC			●	●	●		●		●		Filtro
NOVO	40-NA			●	●	●		●				Filtro
NOVO	60-HC			●	●	●		●		●		Filtro

El programa Siegling Transilon se adapta permanentemente a las exigencias de mercado mediante la incorporación de productos innovadores.

Los tipos mostrados en esta tabla son una pequeña parte de nuestro amplio programa.

Por favor, visite www.forbo-siegling.com para obtener los datos y ejemplos de aplicaciones actuales.

* Determinado según ISO 21181:2005

** Los diámetros de tambor mínimos admisibles se determinaron a temperatura ambiente. A temperaturas inferiores, diámetros superiores. Bandas dotadas de perfiles o bordes ondulados necesitan diámetros de tambor superiores. Véase el folleto "Notas técnicas 2" (Ref. nº 318).

*** Bajo demanda

**** Para más detalles al respecto, véase la hoja de datos

● Sí

□ Cumple los requisitos de las directivas de la FDA según comportamiento extraído.

¹⁾ Sólo para aplicaciones especiales. Sin banda transportadora

²⁾ Disponible valor inferior para aplicaciones especiales. Se ruega consultar.

³⁾ Sin/con contraflexión

⁴⁾ Utilizable sólo sin contraflexión

Fuente: Siegling Transilon. Catálogo de bandas de transporte y procesamiento.

Datos de Engranés

Reductor: REM090					
i	Z1	β	m	η_d (1400)	η_s
7,5	4	23°57'45"	4,5	91,30%	74,05%
10	4	18°26'06"	3,5	89,90%	70,71%
15	2	15°56'43"	5	88,20%	65,64%
20	2	9°55'30"	3,5	84,10%	60,07%
25	2	10°18'17"	3	83,50%	57,02%
30	1	8°07'48"	5	80,80%	50,76%
40	1	5°	3,5	74,00%	44,40%
50	1	5°11'40"	3	73,10%	41,63%
60	1	4°23'55"	2,5	69,60%	38,33%
80	1	2°51'45"	1,75	61,40%	31,19%
100	1	2°51'45"	1,5	59,00%	28,00%

Z1: número de entradas de la hélice del tornillo sinfín.

β : ángulo de hélice de la corona (o ángulo de avance del sinfín).

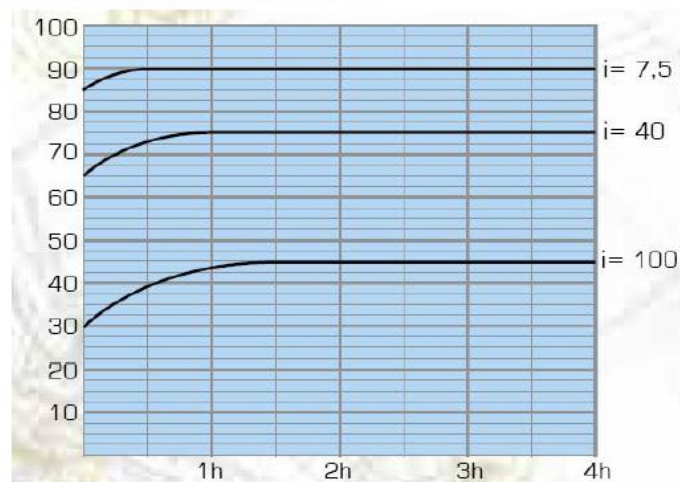
m: módulo de la corona.

fs: factor de servicio del reductor.

Tablas de Selección

Reductor: REM090						
i	n_M [rpm]	n_R [rpm]	T_{SALIDA} [N*m]	P_M [kW]	η_d [%]	f_s
7,5	1400	186,7	180	4	91,3	1,5
10		140	245	4	89,9	1,2
15		93,3	361	4	88,2	1,0
20		70	458	4	84,1	0,8
25		56	420	3	83,5	0,8
30		46,7	496	3	80,8	0,9
40		35	444	2,2	74	0,8
50		28	548	2,2	73,1	0,6
60		23,3	424	1,5	69,6	0,8
80		17,5	365	1,1	61,4	0,8
100		14	302	0,75	59	0,9

Rendimiento dinámico η_d



Fuente: Catálogo de reductores sinfín corona REM.

Datos Eléctricos

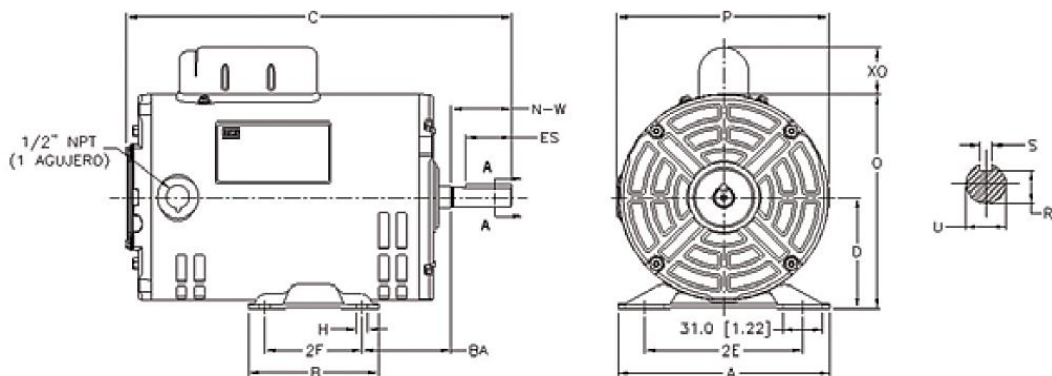
Potencia		Factor de Servicio	Polos	Armazón	Código de Referencia	Tensión V	RPM min ⁻¹	Corriente Nominal A	Corriente a Factor de Servicio A	Clave KVA/HP	Eficiencia Nominal %	Factor de Potencia pu
HP	KW											
0,25	0,187	1,35	2	56	.25360S1PA56	127/220	3510	6.28/2.35	6.50/2.70	R	52,5	0,44
		1,35	4	56	.25180S1P56	127/220	1745	5.50/2.50	5.80/2.80	P	50,5	0,52
0,33	0,249	1,35	2	56	.33360S1PA56	127/220	3510	7.21/2.70	7.40/3.10	P	55,0	0,57
		1,35	4	56	.33180S1P56	127/220	1750	6.40/2.50	7.00/3.00	P	52,5	0,57
0,50	0,373	1,25	2	56	.50360S1PA56	127/220	3515	9.10/3.70	9.70/4.60	N	59,5	0,58
		1,25	4	56	.50180S1P56	127/220	1740	8.00/3.80	8.70/4.30	N	57,5	0,63
0,75	0,560	1,25	2	56	.75360S1PA56	127/220	3500	11.50/5.00	12.55/5.85	M	62,0	0,61
		1,25	4	56	.75180S1P56	127/220	1750	12.5/5.50	13.10/6.10	P	59,5	0,59
1.0	0,746	1,25	2	56	001360S1P56	127/220	3515	13.00/6.20	14.00/7.30	M	64,0	0,70
		1,15	4	56	001180S1P56	127/220	1750	15.00/7.50	17.50/8.62	M	62,0	0,63
1,5	1,119	1,15	2	56	001560S1P56	127/220	3500	16.50/8.80	18.90/10.10	L	68,0	0,78
		1,15	4	56	001580S1P56	127/220	1730	20.20/9.37	21.30/10.60	M	66,0	0,66
2.0	1,492	1,15	2	56H	002360S1P56	127/220	3520	20.0/10.5	22.0/11.5	M	72,0	0,81
		1,15	4	56H	002180S1P56	127/220	1735	29.00/13.50	33.3/15.50	M	70,0	0,57

Datos Mecánicos

Potencia		Polos	Armazón	Código de Referencia	D	2E	2F	BA	H	U	N-W	R	ES Min.	S	C	P	O	XO (1)																																																																		
HP	KW																																																																																			
0,25	0,187	2	56	.25360S1PA56	88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]	69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	267 [10.5]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																																																		
		4	56	.25180S1P56											267 [10.5]	147 [5.8]	161 [6.3]																																																																			
0,33	0,249	2	56	.33360S1PA56											88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	277 [10.9]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																																							
		4	56	.33180S1P56																						277 [10.9]	147 [5.8]	161 [6.3]																																																								
0,50	0,373	2	56	.50360S1PA56																						88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																												
		4	56	.50180S1P56																																	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]																																													
0,75	0,560	2	56	.75360S1PA56																																	88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	287 [11.3]	147 [5.8]	161 [6.3]	37.5 [1.47]																																	
		4	56	.75180S1P56																																												312 [12.2]	166 [6.5]	171 [6.7]																																		
1.0	0,746	2	56	001360S1P56																																												88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	312 [12.2]	166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]																						
		4	56	001180S1P56																																																							312 [12.2]	166 [6.5]	171 [6.7]																							
1,5	1,119	2	56	001560S1P56																																																							88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	322 [12.6]	166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]											
		4	56	001580S1P56																																																																		322 [12.6]	166 [6.5]	171 [6.7]												
2.0	1,492	2	56H	002360S1P56																																																																		88.9 [3.50]	61.976 [2.44]	76.2 [3.00]		69.85 [2.75]	8.636 [0.34]	15.875 [0.6250]	47.752 [1.88]	13.1318 [0.517]	35.814 [1.41]	4.7752 [0.188]	352 [13.8]	166 [6.5]	171 [6.7]	37.5 [1.47]
		4	56H	002180S1P56																																																																													362 [14.2]	166 [6.5]	171 [6.7]	

Todas las dimensiones estan en mm [pulgadas]

(1) La distancia XO varia para motores de doble capacitor.



Fuente: Catálogo de motores monofásicos WEG (www.weg.net).

Factor de servicio para transmisiones de banda en V						
Ejemplo de máquinas accionadas	Ejemplo de máquinas motrices					
	Los motores CA y trifásicos con un momento de arranque normal (de hasta 1,8 veces el momento nominal), por ejemplo, motores síncronos y monofásicos con fase auxiliar de arranque, motores trifásicos con arranque directo, arranque estrella/triángulo, con anillo colector; de corriente continua, de combustión interna y turbinas de $n > 600$ r.p.m			Los motores CA y trifásicos con un momento de arranque alto (más de 1,8 veces el momento nominal), por ejemplo, motores monofásicos con alto momento de arranque, motores con conexión principal CC conectados en serie y combinación, motores de combustión interna y turbinas de $n \leq 600$ r.p.m		
	para servicio diario (horas)			para servicio diario (horas)		
	hasta 10	más de 10 hasta 16	a partir de 16	up to 10	más de 10 hasta 16	a partir de 16
Transmisiones ligeras Bombas centrífugas y compresores, byas transportadoras (cargas ligeras) ventiladores y bombas de hasta 7,5 kW	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Transmisiones medias Guillotinas, prensas, transportadores de cadena y bya (cargas pesadas), tamices vibradores, generadores y excitadores, amasadoras, máquinas herramienta (tornos, esmeriladoras), lavadoras, impresoras, ventiladores y bombas de más de 7,5 kW	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Transmisiones pesadas Molinos, compresores de pistón, transportadores de carga pesada, expulsores (transportadores helicoidales, cintas de placas, cangilones y pala), ascensores, prensas de ladrillos, maquinaria textil, maquinaria del papel, bombas de pistón, bombas draga, aserraderos, molinos de machacado	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Transmisiones muy pesadas Molinos de carga pesada, trituradoras de piedra, calyras, mezdadoras, tornos, grúas, dragas, maquinaria pesada para madera	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fuente: Manual técnico para transmisiones por correas trapeciales Optibelt.

Potencias nominales de bandas en V estándar , hp								
Sección de la banda	Velocidad del eje más rápido, rpm	Potencia nominal por banda para el diámetro de paso de la polea menor, pulg						
		2.60	3.00	3.40	3.80	4.20	4.60	5.00
A	200	0.20	0.27	0.33	0.40	0.46	0.52	0.59
	800	0.59	0.82	1.04	1.27	1.49	1.70	1.92
	1,400	0.87	1.25	1.61	1.97	2.32	2.67	3.01
	2,000	1.09	1.59	2.08	2.56	3.02	3.47	3.91
	2,600	1.25	1.87	2.47	3.04	3.59	4.12	4.61
	3,200	1.37	2.08	2.76	3.41	4.01	4.57	5.09
	3,800	1.43	2.23	2.97	3.65	4.27	4.83	5.32
	4,400	1.44	2.29	3.07	3.76	4.36	4.86*	5.26*
	5,000	1.39	2.28	3.05	3.71	4.24*	4.48*	4.64*
	5,600	1.29	2.17	2.92	3.50*			
	6,200	1.11	1.98	2.65*				
	6,800	0.87	1.68*	2.24*				
	7,400	0.56	1.28*					
	7,800	0.31*						

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Potencias nominales de bandas en V estándar , hp								
Sección de la banda	Velocidad del eje más rápido, rpm	Potencia nominal por banda para el diámetro de paso de la polea menor, pulg						
		4.60	5.20	5.80	6.40	7.00	7.60	8.00
B	200	0.69	0.86	1.02	1.18	1.34	1.50	1.61
	600	1.68	2.12	2.56	2.99	3.41	3.83	4.11
	1,000	2.47	3.16	3.84	4.50	5.14	5.78	6.20
	1,400	3.13	4.03	4.91	5.76	6.59	7.39	7.91
	1,800	3.67	4.75	5.79	6.79	7.74	8.64	9.21
	2,200	4.08	5.31	6.47	7.55	8.56	9.48	10.05
	2,600	4.36	5.69	6.91	8.01	9.01	9.87	10.36
	3,000	4.51	5.89	7.11	8.17	9.04	9.73*	
	3,400	4.51	5.88	7.03	7.95*			
	3,800	4.34	5.64	6.65*				
	4,200	4.01	5.17*					
	4,600	3.48						
	5,000	2.76*						

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Factor de corrección del ángulo de contacto para transmisiones de bandas en V		
$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	K_1
0.00	180	1.00
0.10	174.3	0.99
0.20	166.5	0.97
0.30	162.7	0.96
0.40	156.9	0.94
0.50	151.0	0.93
0.60	145.1	0.91
0.70	139.0	0.89
0.80	132.8	0.87
0.90	126.5	0.85
1.00	120.0	0.82
1.10	113.3	0.80
1.20	106.3	0.77
1.30	98.9	0.73
1.40	91.1	0.70
1.50	82.8	0.65

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Longitud estándar, pulg, y Factor de corrección de longitud para bandas en V					
Longitud nominal	Sección transversal				
	A	B	C	D	E
26	0.78				
31	0.82				
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			
51	0.93	0.88	0.80		
55	0.95	0.89			
60	0.97	0.91	0.83		
68	1.00	0.94	0.85		
75	1.02	0.96	0.87		
80	1.04				
81		0.98	0.89		
85	1.05	0.99	0.90		
90	1.07	1.00	0.91		
96	1.08		0.92		
97		1.02			
105	1.10	1.03	0.94		
112	1.12	1.05	0.95		
120	1.13	1.06	0.96	0.88	
128	1.15	1.08	0.98	0.89	
144		1.10	1.00	0.91	
158		1.12	1.02	0.93	
173		1.14	1.04	0.94	
180		1.15	1.05	0.95	0.92
195		1.17	1.06	0.96	0.93
210		1.18	1.07	0.98	0.95
240		1.22	1.10	1.00	0.97
270		1.24	1.13	1.02	0.99
300		1.27	1.15	1.04	1.01
330			1.17	1.06	1.03
360			1.18	1.07	1.04
390			1.20	1.09	1.06
420			1.21	1.10	1.07
480				1.13	1.09
540				1.15	1.11
600				1.17	1.13
660				1.18	1.15

Fuente: Marks'. Manual del Ingeniero Mecánico.

Propiedades mecánicas

Norma Americana

Norma ASTM A 500 Grado del Acero	Propiedades Mecánicas (mínimas)					
	Límite de Fluencia Mpa (Kg/cm ²)	Límite de Fluencia psi	Resistencia a la Tracción Mpa (Kg/cm ²)	Resistencia a la Tracción psi	% Elong	
Circular	A	228 (2.320)	33,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	290 (2.955)	42,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	317 (3.230)	46,000	427 (4.360)	62,000	21(*)
Cuadrado y rectangular	A	269 (2.740)	39,000	310 (3.170)	45,000	25
	B	317 (3.230)	46,000	400 (4.080)	58,000	23
	C	345 (3.515)	50,000	427 (4.360)	62,000	21(*)

(*) Para espesores menores a 3,00 mm, el valor mínimo de elongación garantizado es de 15%

Fuente: Industrias Unicon C.A.; Tubac S.A. (Guatemala).

Características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros

1 UNS No.	2 SAE y/o AISI No.	3 Procesa- miento	4 Resistencia Última, MPa (kpsi)	5 Resistencia de Fluencia, MPa (kpsi)	6 Elongación en 2 pulg, %	7 Reducción en Área, %	8 Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

PROPIEDADES DE ACEROS ESTRUCTURALES					
Designación de la ASTM	Tipo de Acero	Formas	Usos recomendados	Esfuerzo mín de fluencia, kpsi	Resistencia mín a la tensión, kpsi
A36	Al carbono	Perfiles, barras y placas	Edificios, puentes y otras estructuras atornilladas o soldadas	36, pero 32 si el espesor es mayor de 8 pulg	58-80
A529	Al carbono	Perfiles y placas hasta de 1/2 pulg	Similar al A36	42-50	60-100
A572	Columbio-vanadio de alta resistencia y baja aleación	Perfiles, placas y barras hasta de 6 pulg	Construcción soldada o atornillada. No para puentes soldados con Sy grado 55 o mayor	42-65	60-80
A242	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión	Perfiles, placas y barras hasta de 5 pulg	Construcciones atornilladas, soldadas o remachadas; técnica de soldado muy importante	42-50	63-70
A588	De alta resistencia, baja aleación y resistente a la corrosión atmosférica	Placas y barras hasta de 4 pulg	Construcción atornillada	42-50	63-70
A852	Aleación templada y revenida	Placas sólo hasta de 4 pulg	Construcción soldada o atornillada, principalmente para puentes y edificios soldados. Proceso de soldadura de importancia fundamental	70	90-110
A514	Baja aleación templada y revenida	Placas sólo de 2 1/2 a 6 pug	Estructura soldada con gran atención a la técnica; no se recomienda si la ductilidad es importante	90-100	100-130

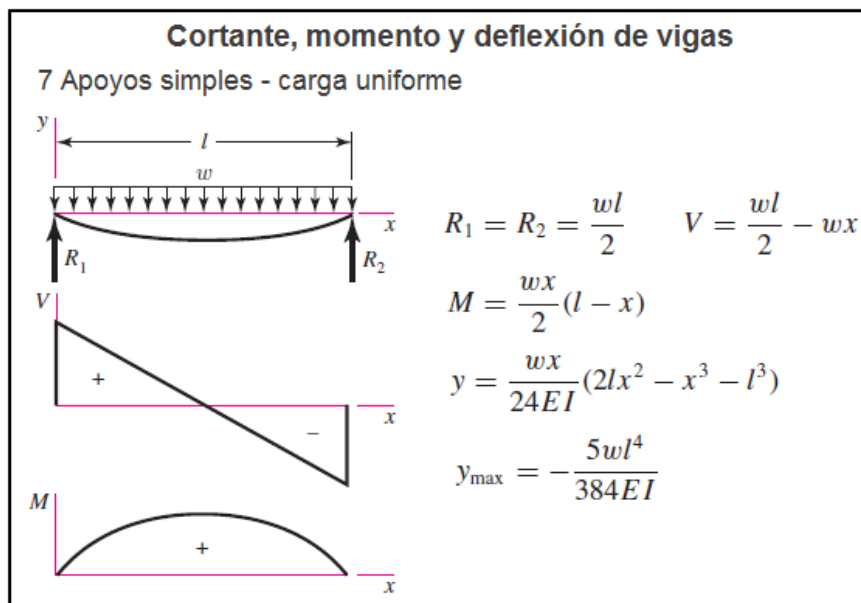
Fuente: McCormac. Diseño de Estructuras de Acero.

Constantes elásticas y físicas de materiales								
Material	Modulus of Elasticity E		Modulus of Rigidity G		Relación de poisson ν	Unit Weight w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lbf/in ³	lbf/ft ³	kN/m ³
Aluminio y sus aleaciones	10.4	71.7	3.9	26.9	0.333	0.098	169	26.6
Cobre al Berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero al Carbono	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel Plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al Níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce Fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero Inoxidable (18-8)	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0
Aleaciones de Titanio	16.5	114.0	6.2	42.4	0.340	0.160	276	43.4

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.









Características de roscas unificadas UNC y UNF

Designación de Tamaño	Diámetro Mayor Nominal pulg	Serie Basta - UNC			Serie Fina - UNF		
		Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, At, pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²	Hilos por Pulgada N	Área de Esfuerzo de Tensión, At, pulg ²	Área del Diámetro Menor, pulg ²
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
1/4	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
5/16	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
3/8	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
7/16	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
1/2	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
9/16	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
5/8	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
3/4	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
7/8	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
1 1/4	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
1 1/2	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521



Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE No.	Intervalo de tamaños, pulg	Resistencia de prueba mínima, kpsi	Resistencia mínima a la tensión, kpsi	Resistencia mínima a la fluencia, kpsi	Material	Marca de cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de mediano o bajo carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de mediano o bajo carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de mediano carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de mediano carbono, templado y revenido (T y R)	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de mediano carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de mediano carbono, T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.

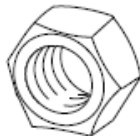
VARILLA Roscada		Anclo SM		
Varilla roscada Galvanizada				
Diámetro Nominal mm	Cuerda	Catálogo		
		1 Mts.	1..2 Mts.	3.05 Mts
4.7	3/16"	BR36100		
6.5	1/4"	BR14100	BR14122	BR14300
7.9	5/16"	BR56100	BR56122	BR56300
9.5	3/8"	BR38100	BR38122	BR38300
11	7/16"	BR76100		BR76300
13	1/2"	BR12100		BR12300
16	5/8"	BR58100		BR58300
19	3/4"	BR34100		BR34300
22	7/8"	BR78100		BR78300
25	1"	BR100100		BR100300
28	1 1/8"	BR118100		
32	1 1/4"	BR114100		
38	1 1/2"	BR112100		




Fuente: Catálogo de varilla roscada Anclo.

Tuercas hexagonales

Cuerda		Catálogo
mm	Pulg	
4.7	3/16"	TH36
6.5	1/4"	TH14
7.9	5/16"	TH56
9.5	3/8"	TH38
13	1/2"	TH12
16	5/8"	TH58
19	3/4"	TH34
22	7/8"	TH78
25	1"	TH100



Fuente: Catálogo de varilla roscada Anclo.



TORNILLOS Y ESPECIALIDADES GARNIET

CATÁLOGO DE TUERCAS Y TORNILLOS 2009

Materiales

Acero bajo carbono SAE 1010

Se utiliza para tornillos, tuercas, pernos, birlos y remaches para uso general, de acuerdo a las normas SAE-J-429 Grado I, ASTM-A-307 Grado A, DIN 267 Grado 4.6, SAE-J-1199 Grado 4.6.

Acero bajo carbono 1213-12L14

Se utiliza principalmente para la fabricación de tuercas maquinadas de uso general de acuerdo a las normas SAE-J-995 Grado 2, ASTM-A-563 Grado A.

Acero bajo carbono 1018

Se utiliza para la fabricación de tornillos de resistencia media como el tornillo tipo CAP Grado 2, de acuerdo a las normas SAE-J-429 Grado 2, ASTM-A-307 Grado B, DIN 267 Grado 5.6, SAE-J-1199 Grado 5.8.

Acero de medio carbono 1038-1041-1045

Se utiliza en la fabricación de tornillos CAP Grado 5 y tornillos y tuercas de alta resistencia y para uso estructural, de acuerdo con las normas SAE-J-429 Grado 5, ASTM-A-449, ASTM-325 Tipo 1, DIN 267 Grado 8.8, SAE-J-1199 Grado 8.8 y 9.8.

Acero aleado de medio carbono 4140-8740

Se utiliza en la fabricación de tornillos CAP Grado 8 y tornillos y espárragos de muy alta resistencia y para uso estructural, de acuerdo con las normas SAE-J-429, Grado 8, ASTM-A-354, ASTM-A-490 Tipo 1, ASTM-A-193 Grados B7 y L7, ASTM-A-320 Grados B7M y L7M, DIN 267 Grados 10.9 y 12.9, SAE -J-1199 Grados 10.9 y 12.9.







Fuente: Catálogo de tuercas y pernos Garniet.



TORNILLOS Y ESPECIALIDADES GARNIET

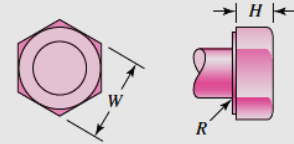
CATÁLOGO DE TUERCAS Y TORNILLOS 2009

Normas equivalentes y requerimientos mecánicos

Marca Grado Tornillo	Especificación			Material	Diámetro	Resistente a la tracción mínima (PSI)	Límite de fluencia mínima (PSI)	Dureza
	SAE Grado	DIN Grado	ASTM Grado					
	J-429 1			Acero bajo carbono	1/4"-1 1/2"	60,000	36,000	70-100 Rb.
		267 4.6	A-307 A y B					
	J-1199 4.6			SAE 1010				
	J-429 2			Acero bajo carbono	1/2"-3/4"	74,000	53,000	80-100 Rb.
		267 5.6	A-307 B					
	J-1199 5.8			SAE 1018	7/8"-1 1/2"	60,000	36,000	70-100 Rb.
	J-429 2		A-449	Acero Medio carbono	1/2"-1"	120,000	92,000	25-34 Rc.
		267 8.8						
	J-1199 8.8			SAE 1038/1041	1 1/8"-1 1/2"	105,000	81,000	19-30 Rc.
	-	-	A-325 tipo 1	Acero Medio carbono	1/2"-1"	120,000	92,000	24-35 Rc.
				SAE 1041	1 1/8"-1 1/2"	105,000	81,000	19-31 Rc.
	-	-	A-490 tipo 1	Acero Aleado Medio Carbono 8740	1/2"-1 1/2"	150,000	130,000	33-38 Rc.
	J-429	267 10.9		Acero Aleado Medio Carbono 8740	1/4" - 1 1/2"	150,000	130,000	33-39 Rc.

Fuente: Catálogo de tuercas y pernos Garniet.

Dimensiones de pernos de cabeza cuadrada y hexagonal											
Tamaño nominal, pulg	Tipo de cabeza										
	Cuadrada		Hexagonal regular			Hexagonal pesada			Hexagonal estructural		
	W	H	W	H	R _{mín}	W	H	R _{mín}	W	H	R _{mín}
$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{11}{64}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{64}$	0.01						
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{13}{64}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{32}$	0.01						
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{4}$	0.01						
$\frac{7}{16}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{19}{64}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{19}{64}$	0.01						
$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{11}{32}$	0.01	$\frac{7}{8}$	$\frac{11}{32}$	0.01	$\frac{7}{8}$	$\frac{5}{16}$	0.009
$\frac{5}{8}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{27}{64}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{27}{64}$	0.02	$1\frac{1}{16}$	$\frac{27}{64}$	0.02	$1\frac{1}{16}$	$\frac{25}{64}$	0.021
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{1}{2}$	0.02	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	0.02	$1\frac{1}{4}$	$\frac{15}{32}$	0.021
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{21}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{43}{64}$	0.03	$1\frac{5}{8}$	$\frac{43}{64}$	0.03	$1\frac{5}{8}$	$\frac{39}{64}$	0.062
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{3}{4}$	0.03	$1\frac{13}{16}$	$\frac{3}{4}$	0.03	$1\frac{13}{16}$	$\frac{11}{16}$	0.062
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$\frac{27}{32}$	$1\frac{7}{8}$	$\frac{27}{32}$	0.03	2	$\frac{27}{32}$	0.03	2	$\frac{25}{32}$	0.062
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$\frac{29}{32}$	$2\frac{1}{16}$	$\frac{29}{32}$	0.03	$2\frac{3}{16}$	$\frac{29}{32}$	0.03	$2\frac{3}{16}$	$\frac{27}{32}$	0.062
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	1	$2\frac{1}{4}$	1	0.03	$2\frac{3}{8}$	1	0.03	$2\frac{3}{8}$	$\frac{15}{16}$	0.062



Dimensiones de tuercas hexagonales				
Tamaño nominal, pulg	Ancho W	Altura H		
		Hexagonal regular	Gruesa o ranurada	Contra-tuerca
$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$	$\frac{9}{32}$	$\frac{5}{32}$
$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{17}{64}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{3}{8}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{21}{64}$	$\frac{13}{32}$	$\frac{7}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{11}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{29}{64}$	$\frac{1}{4}$
1	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{31}{64}$	$\frac{39}{64}$	$\frac{5}{16}$
$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$\frac{35}{64}$	$\frac{23}{32}$	$\frac{3}{8}$
$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{41}{64}$	$\frac{13}{16}$	$\frac{27}{64}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{5}{16}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{29}{32}$	$\frac{31}{64}$
1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{55}{64}$	1	$\frac{35}{64}$
$1\frac{1}{8}$	$1\frac{11}{16}$	$\frac{31}{32}$	$1\frac{5}{32}$	$\frac{39}{64}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{16}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{23}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{16}$	$1\frac{11}{64}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{25}{32}$
$1\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{4}$	$1\frac{9}{32}$	$1\frac{1}{2}$	$\frac{27}{32}$

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica.



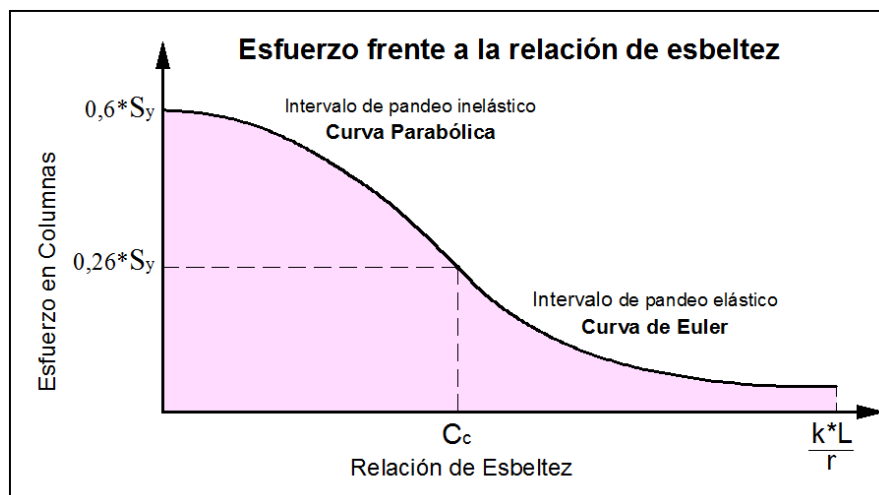
TORNILLOS Y ESPECIALIDADES GARNIET

CATÁLOGO DE TUERCAS Y TORNILLOS GARNIET 2009

Tuerca Hexagonal liviana

Diámetro Nominal		F			G		H		
		Distancia entre caras			Distancia entre esquinas		Altura		
Pulg.	mm.	Nom.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Nom.	Máx.	Min.
¼	6.35	7/16	0.438	0.428	0.505	0.488	7/32	0.266	0.212
5/16	7.93	½	0.500	0.489	0.577	0.557	17/64	0.273	0.258
3/8	9.52	9/16	0.562	0.551	0.650	0.628	21/64	0.337	0.320
7/16	11.11	11/16	0.688	0.675	0.794	0.768	3/8	0.385	0.365
½	12.70	¾	0.750	0.736	0.866	0.840	7/16	0.448	0.427
9/16	14.28	7/8	0.875	0.861	1.010	0.982	31/64	0.496	0.473
5/8	15.87	15/16	0.938	0.922	1.083	1.051	35/64	0.559	0.535
¾	19.05	1-1/8	1.125	1.088	1.299	1.240	41/64	0.665	0.617
7/8	22.22	1-5/16	1.312	1.269	1.516	1.447	¾	0.776	0.724
1	25.40	1-1/2	1.500	1.450	1.732	1.653	55/64	0.887	0.831
1-1/8	28.57	1-11/16	1.688	1.631	1.949	1.859	31/32	0.999	0.939
1-1/4	31.75	1-7/8	1.875	1.812	2.165	2.066	1-1/16	1.094	1.030
1-3/8	34.92	2-1/16	2.062	1.994	2.382	2.273	1-11/64	1.206	1.138
1-1/2	38.10	2-1/4	2.250	2.175	2.598	2.480	1-9/32	1.317	1.245
1-3/4	44.45	2-5/8	2.625	2.537	3.031	2.892	1-1/2	1.540	1.460
2	50.80	3	3.000	2.900	3.064	3.306	1-23/32	1.763	1.675

Fuente: Catálogo de tuercas y pernos Garniet.



Fuente: Especificaciones AISC-ASD.



TUBO POSTE

TUBO POSTE

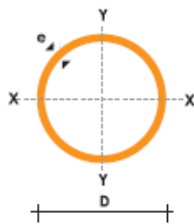
Cerramientos, Estructuras y Funiculares

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 1/2" a 4"
Espesor	Desde 1,8mm a 2,0mm



DIMENSIONES				PROPIEDADES			
DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR	PESO	AREA	I	W	I
D	e	P	A	I	W	I	
Pulg.	mm	mm	Kg/m	cm ²	cm ³	cm ³	cm
1"	25.40	1.80	1.09	1.34	0.93	0.73	0.83
1"	25.40	2.00	1.21	1.47	1.01	0.79	0.83
1 1/4"	31.75	1.80	1.37	1.69	1.90	1.20	1.06
1 1/4"	31.75	2.00	1.52	1.87	2.07	1.30	1.05
1 1/2"	38.10	1.80	1.65	2.05	3.38	1.78	1.28
1 1/2"	38.10	2.00	1.84	2.27	3.70	1.94	1.28
1 3/4"	44.45	1.80	1.98	2.41	5.48	2.47	1.51
1 3/4"	44.45	2.00	2.20	2.67	6.01	2.70	1.50
1 7/8"	47.63	1.80	2.11	2.59	6.80	2.86	1.62
1 7/8"	47.63	2.00	2.34	2.87	7.46	3.13	1.61
2"	50.80	1.80	2.22	2.77	8.32	3.27	1.73
2"	50.80	2.00	2.48	3.07	9.13	3.59	1.73
2 3/8"	60.33	2.00	2.92	3.67	15.58	5.17	2.06
2 1/2"	63.50	2.00	3.09	3.86	18.27	5.75	2.17
2 7/8"	73.03	2.00	3.56	4.46	28.14	7.71	2.51
3"	88.90	2.00	4.35	5.46	51.54	11.60	3.07
4"	114.30	2.00	5.67	7.06	111.23	19.46	3.97



NOMENCLATURA

- A= Área de la selección transversal del tubo, cm²
- I= Momento de inercia de la sección, cm⁴
- W= Módulo resistente de la sección, cm³
- I= Radio de giro de la sección cm

PLANCHAS LAMINADAS AL FRIO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A366 JIS 3141 SPCC SAE 1008 SAE 1010
Espesores	0,40 a 1,90
Rollos	X 1219
Planchas	4 X 8 y medidas especiales



PLANCHAS



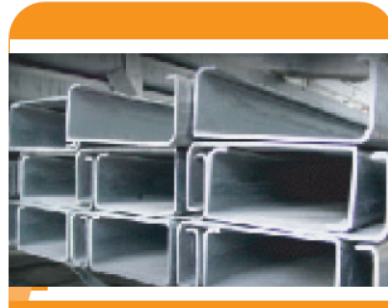
DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



**PERFILES ESTRUCTURALES
CORREAS "G"**

Especificaciones Generales

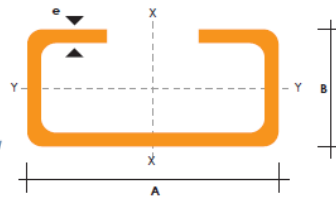
- Norma: INEN 1 623: 2000
- Otras calidades: Previa consulta
- Largo normal: 6mts
- Otros largos: Previa consulta
- Espesores: Desde 1.5mm hasta 12mm
- Acabado: Natural
- Otro acabado: Previa consulta



CORREAS "G"

DIMENSIONES				PESOS			PROPIEDADES						
A	B	C	e	6metros	1metro	SECCION	EJE X-X						
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	I	I	W	I	
							cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12	
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09	
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04	
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51	
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51	
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46	
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86	
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80	
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83	
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83	
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83	
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77	
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80	
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82	
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81	
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79	
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73	
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77	
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72	
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74	
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75	
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70	
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75	
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69	
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72	
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72	
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65	
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71	
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66	
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68	
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64	
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49	
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69	
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58	
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62	
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56	

También en galvanizado e inoxidable



www.dipacmanta.com

PBX: (02) 2293 750 / Quito - Ecuador

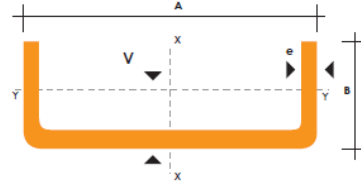
Fuente: Catálogo de productos de acero Dipac.



PERFILES ESTRUCTURALES
CANALES "U"

Especificaciones Generales

- Norma** INEN 1 623: 2000
- Otras calidades** Previa consulta
- Largo normal** 6mts
- Otros largos** Previa consulta
- Espesores** Desde 1.5mm hasta 12mm
- Acabado** Natural
- Otro acabado** Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	I	W	I	I	W	I	x
						cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43

También en galvanizado e inoxidable



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

D SERVICIOS

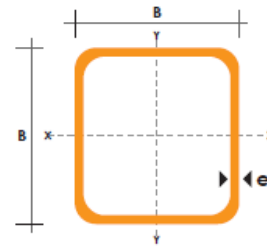
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-500
Recubrimiento	Negro o galvanizado
Largo normal	6 mts.
Otros largos	Previa Consulta
Dimensiones	Desde 20mm a 100mm
Espesor	Desde 2,0mm a 3,0mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,58
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,08	4,42	1,97
50	2,0	3,03	3,74	14,13	5,65	1,94
50	3,0	4,48	5,61	21,20	8,48	1,91
60	2,0	3,66	3,74	21,26	7,09	2,39
60	3,0	5,42	6,61	35,08	11,69	2,34
75	2,0	4,52	5,74	50,47	13,46	2,97
75	3,0	6,71	8,41	71,54	19,08	2,92
75	4,0	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
100	2,0	6,17	7,74	122,99	24,60	3,99
100	3,0	9,17	11,41	176,95	35,39	3,94
100	4,0	12,13	14,95	226,09	45,22	3,89
100	5,0	14,40	18,36	270,57	54,11	3,84





**PERFILES IMPORTADOS
ANGULOS**

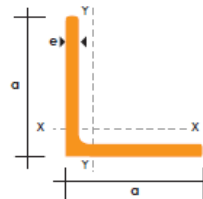
Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.64
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable



SEÑALES DE SEGURIDAD PARA LA BANDA DE SELECCIÓN

DE PROHIBICIÓN



DE ADVERTENCIA

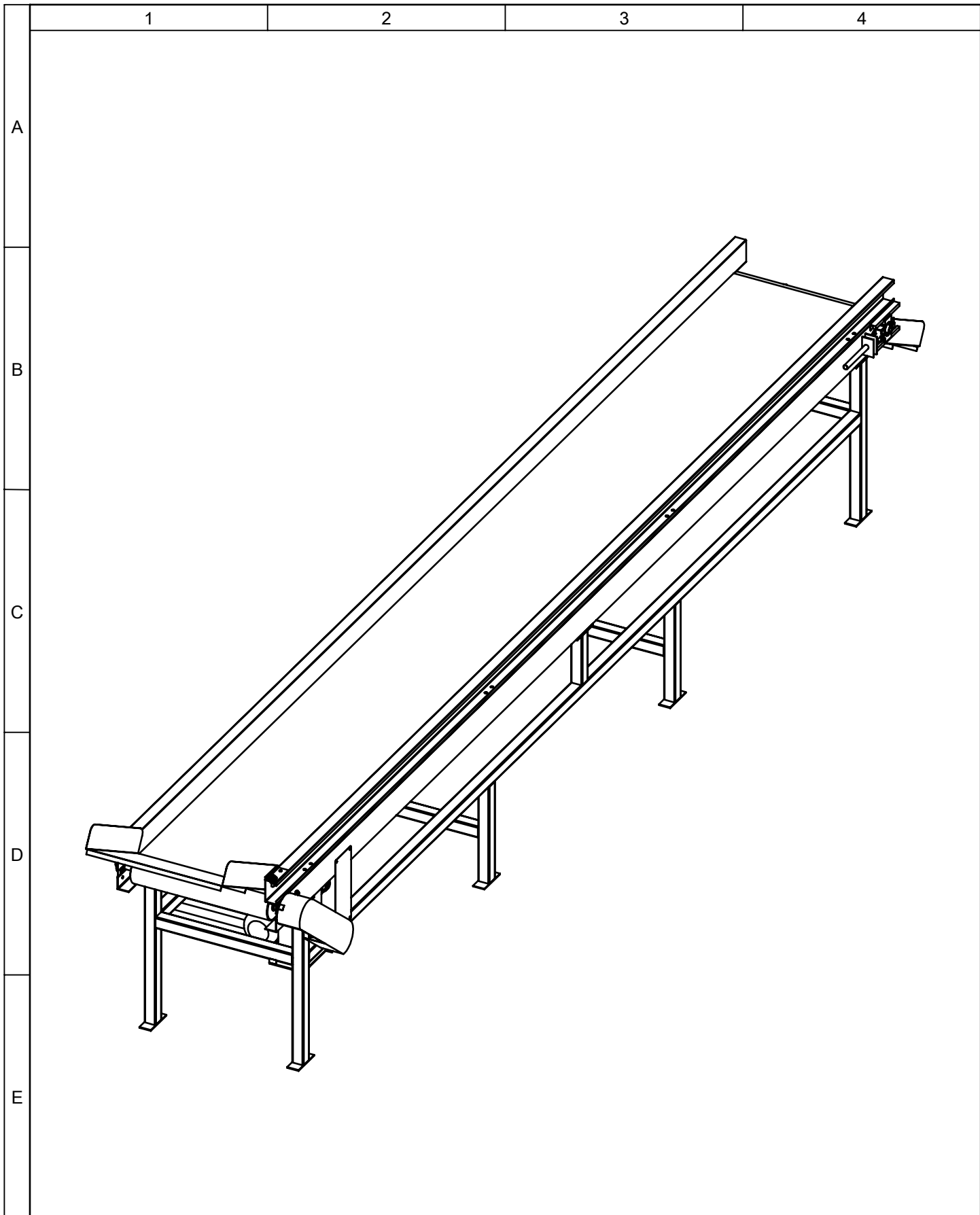


DE OBLIGACIÓN



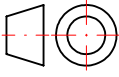
ANEXO C

PLANOS DE LA BANDA DE SELECCIÓN MANUAL

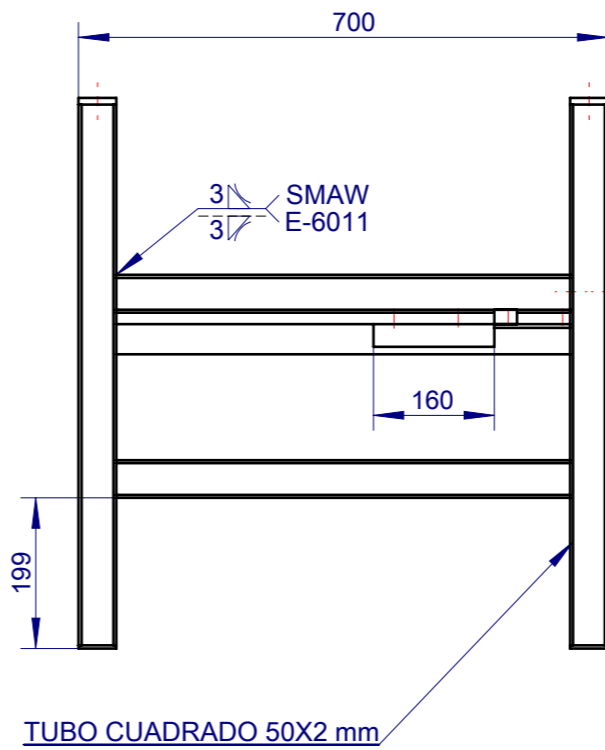
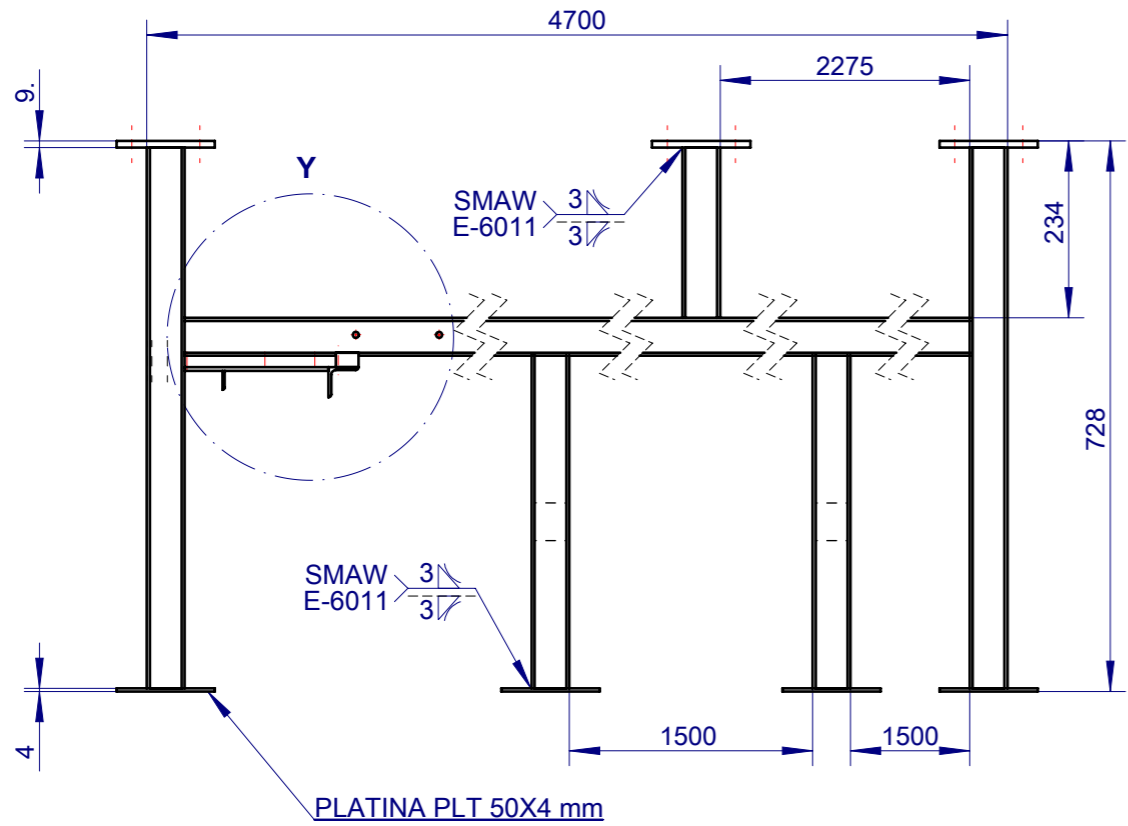


					Tolerancias ±0,1	(Peso) 300 kg	Materiales:				
							Fecha	Nombre	Denominación: BANDA DE SELECCIÓN VISTA ISOMÉTRICA	Escala: 1:20	
							Dib.	14-09-12			M. TOALOMBO
							Rev.				
							Apro.				
					U.T.A		Número del dibujo: 1 de 13				
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)					

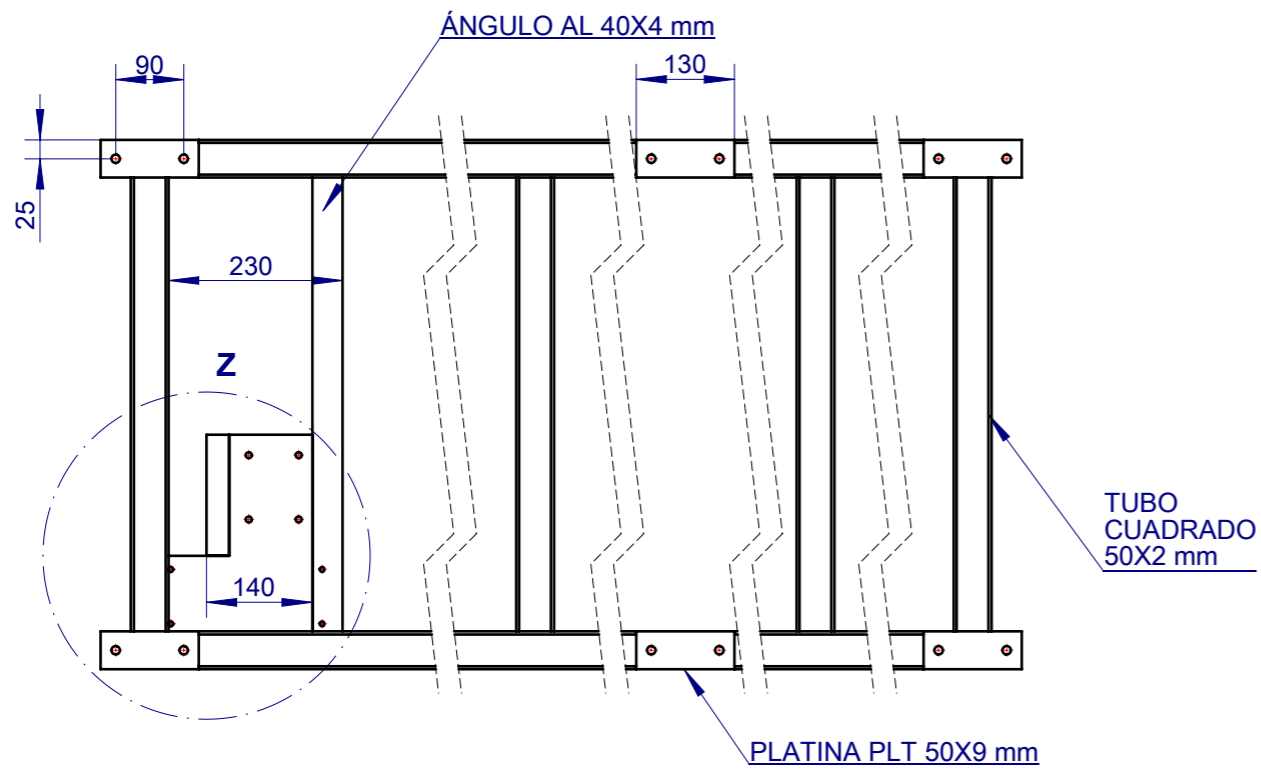
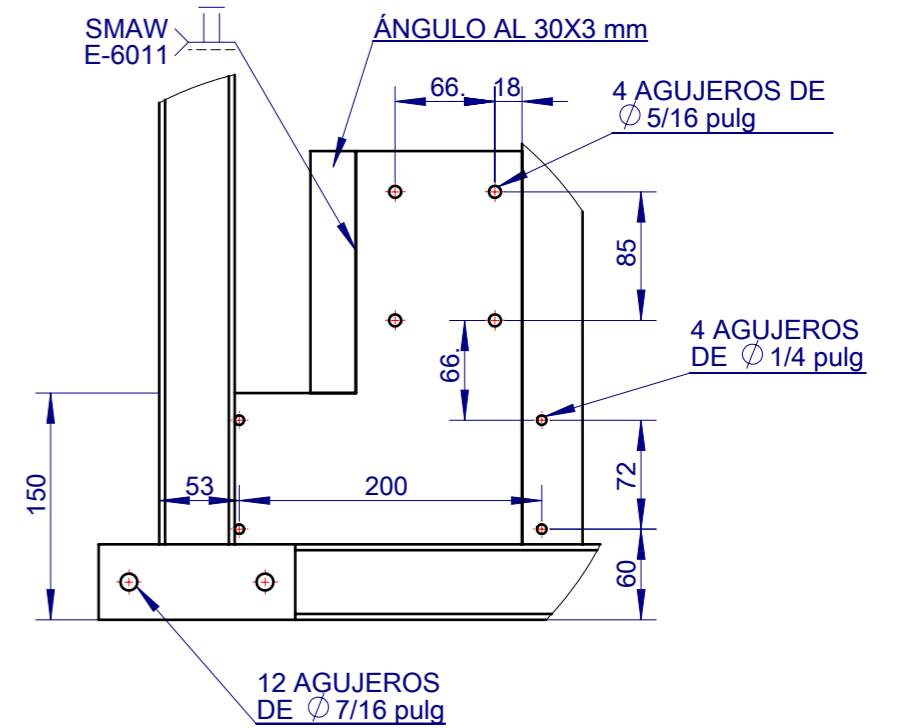
1		2		3		4		
No. de orden	No. de piezas	Denominación		No. de dibujo	Material	Observaciones		
A	1	Estructura		4	Acero ASTM A500	Construido		
	2	Bastidor		5	Aceros ASTM A500 y ASTM A36	Construido		
	3	Contenedor lateral derecho		6	Acero ASTM A500	Construido		
	4	Contenedor lateral izquierdo		7	Acero ASTM A500	Construido		
	5	Rodillo conductor		8	Aceros ASTM A500 y AISI 1018	Construido		
B	6	Rodillo conducido		9	Aceros ASTM A500 y AISI 1018	Construido		
	7	Carga		10	Aceros ASTM A366 y ASTM A36	Construido		
	8	Descarga		11	Aceros ASTM A366 y ASTM A36	Construido		
	9	Protector 1		12	Acero ASTM A366	Construido		
	10	Protector 2		13	Acero ASTM A366	Construido		
	11	2	Chumacera de pared de 25 mm		-	-	Adquirido	
	12	2	Chumacera tensora de 25 mm		-	-	Adquirido	
C	13	2	Varilla roscada de 3/4 pulg X 30 cm		-	-	Adquirido	
	14	1	Banda de transporte de 10,3X6 m		-	-	Adquirido	
	15	1	Motor de 1hp 1750 rpm		-	-	Adquirido	
	16	1	Reductor de 100:1		-	-	Adquirido	
	17	3	Polea de 3 pulg con agujero de 15 mm		-	-	Adquirido	
	18	1	Polea de 3 pulg con agujero de 25 mm		-	-	Adquirido	
	19	1	Banda A24		-	-	Adquirido	
	20	1	Banda B39		-	-	Adquirido	
	D	21	4	Tuerca de 3/4 pulg UNC		-	-	Adquirido
22		4	Arandela plana de 3/4 pulg		-	-	Adquirido	
23		42	Perno hexa. de 7/16 pulg UNC X 1,5 pulg		-	-	Adquirido	
24		42	Tuerca hexagonal de 7/16 pulg UNC		-	-	Adquirido	
25		42	Arandela plana de 7/16 pulg		-	-	Adquirido	
26		42	Arandela elástica de 7/16 pulg		-	-	Adquirido	
27		7	Perno hexag. de 5/16 pulg UNC X 1 pulg		-	-	Adquirido	
E	28	7	Tuerca hexagonal de 5/16 pulg UNC		-	-	Adquirido	
	29	7	Arandela plana de 5/16 pulg		-	-	Adquirido	
	30	7	Arandela elástica de 5/16 pulg		-	-	Adquirido	
	31	4	Perno hexag. de 1/4 pulg UNC X 1,5 pulg		-	-	Adquirido	
	32	4	Tuerca hexagonal de 1/4 pulg UNC		-	-	Adquirido	
	33	4	Arandela plana de 1/4 pulg		-	-	Adquirido	
	34	4	Arandela elástica de 1/4 pulg		-	-	Adquirido	

				Tolerancias ±0,1	(Peso) 300 Kg	Materiales:		
						Denominación: BANDA DE SELECCIÓN	Escala: -	
				Dib.	19-04-12			M. TOALOMBO
				Rev.				
				Apro.				
				U.T.A		Número del dibujo: 3 de 13		
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)		

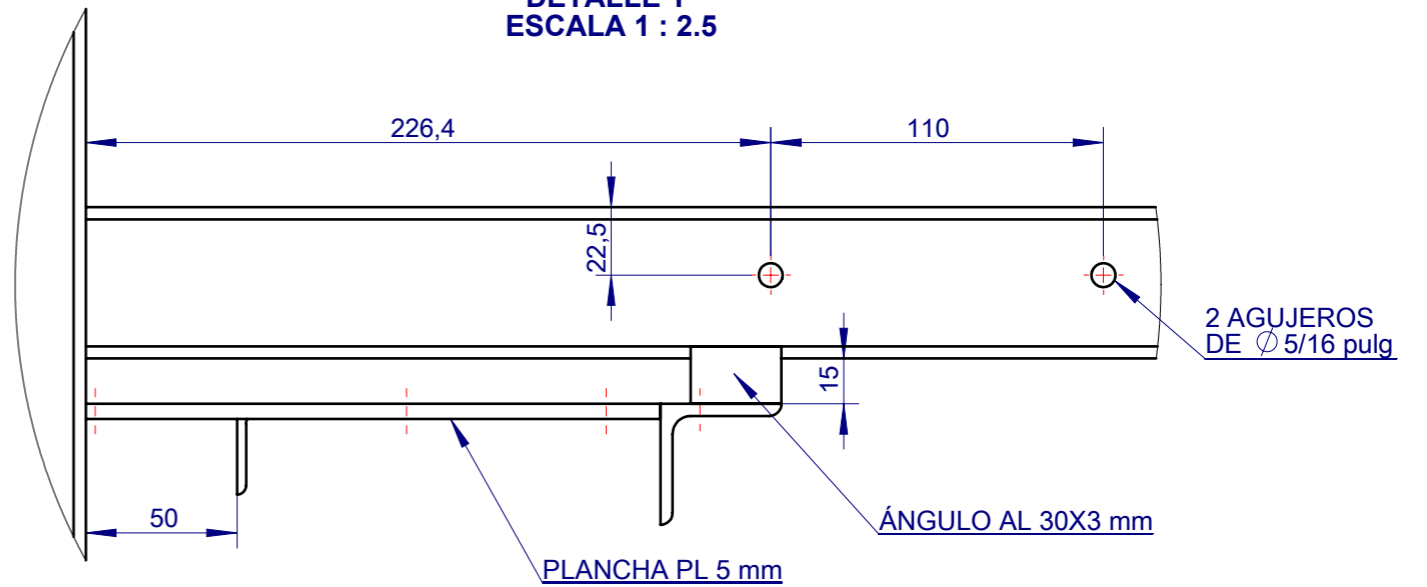
N7 TODAS LAS SUPERFICIES



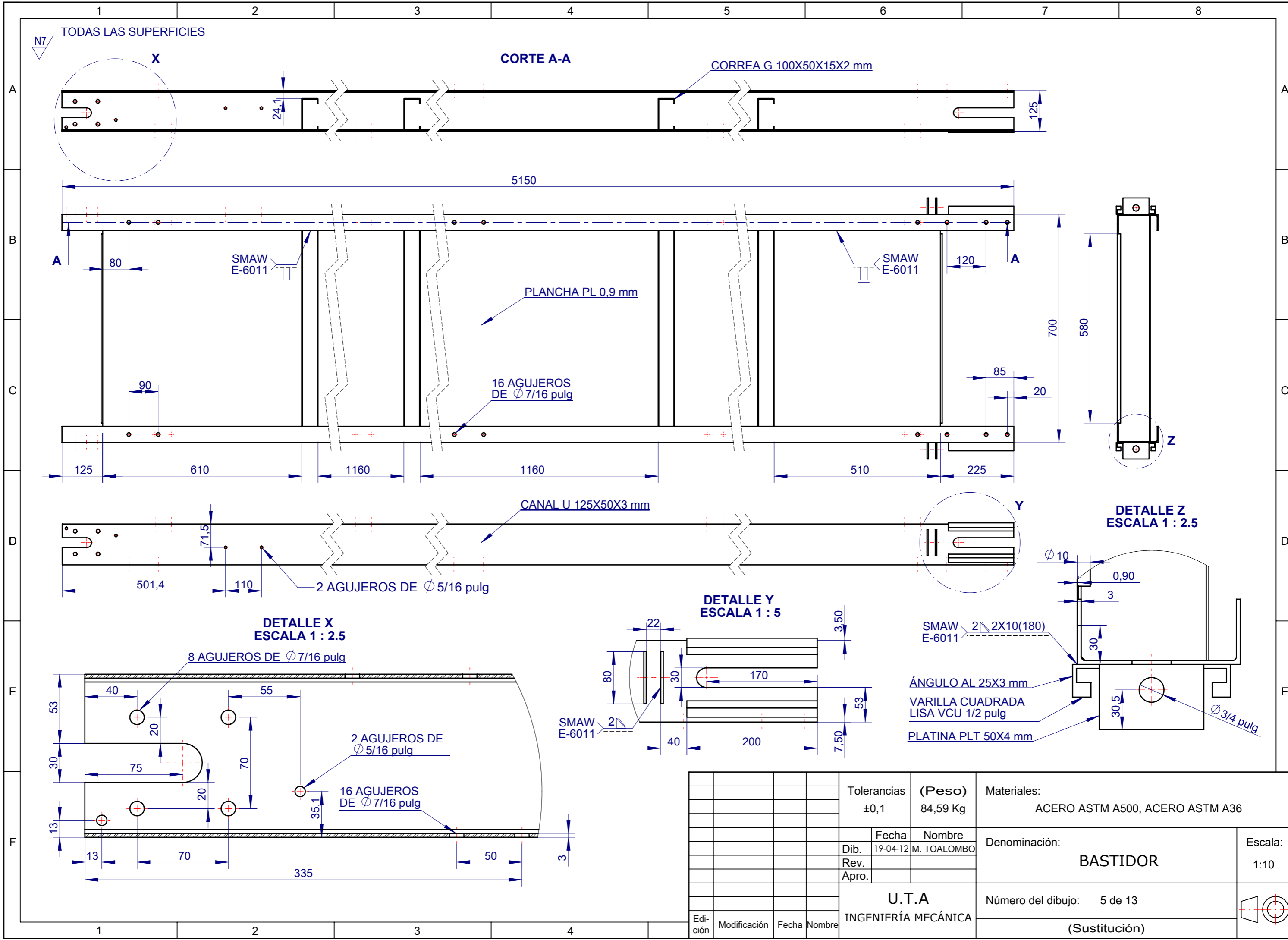
DETALLE Z
ESCALA 1 : 5



DETALLE Y
ESCALA 1 : 2.5



				Tolerancias ±0,1	(Peso) 57,15 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500		
						Denominación: ESTRUCTURA	Escala: 1:10	
				Dib.	Fecha 19-04-12			Número del dibujo: 4 de 13
				Rev.	Nombre M. TOALOMBO			
				Apro.				
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA			(Sustitución)	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre					



TODAS LAS SUPERFICIES

CORTE A-A

CORREA G 100X50X15X2 mm

SMAW E-6011

PLANCHA PL 0.9 mm

16 AGUJEROS DE $\varnothing 7/16$ pulg

SMAW E-6011

CANAL U 125X50X3 mm

2 AGUJEROS DE $\varnothing 5/16$ pulg

DETALLE X ESCALA 1 : 2.5

8 AGUJEROS DE $\varnothing 7/16$ pulg

2 AGUJEROS DE $\varnothing 5/16$ pulg

16 AGUJEROS DE $\varnothing 7/16$ pulg

DETALLE Y ESCALA 1 : 5

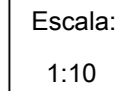
SMAW E-6011 2 \angle 2X10(180)

ÁNGULO AL 25X3 mm

VARILLA CUADRADA LISA VCU 1/2 pulg

PLATINA PLT 50X4 mm

DETALLE Z ESCALA 1 : 2.5



					Tolerancias $\pm 0,1$	(Peso) 84,59 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500, ACERO ASTM A36	
							Denominación: BASTIDOR	
							Escala: 1:10	
							Número del dibujo: 5 de 13	
							(Sustitución)	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre		U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA			

1

2

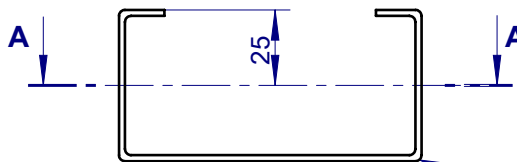
3

4

TODAS LAS SUPERFICIES

N7

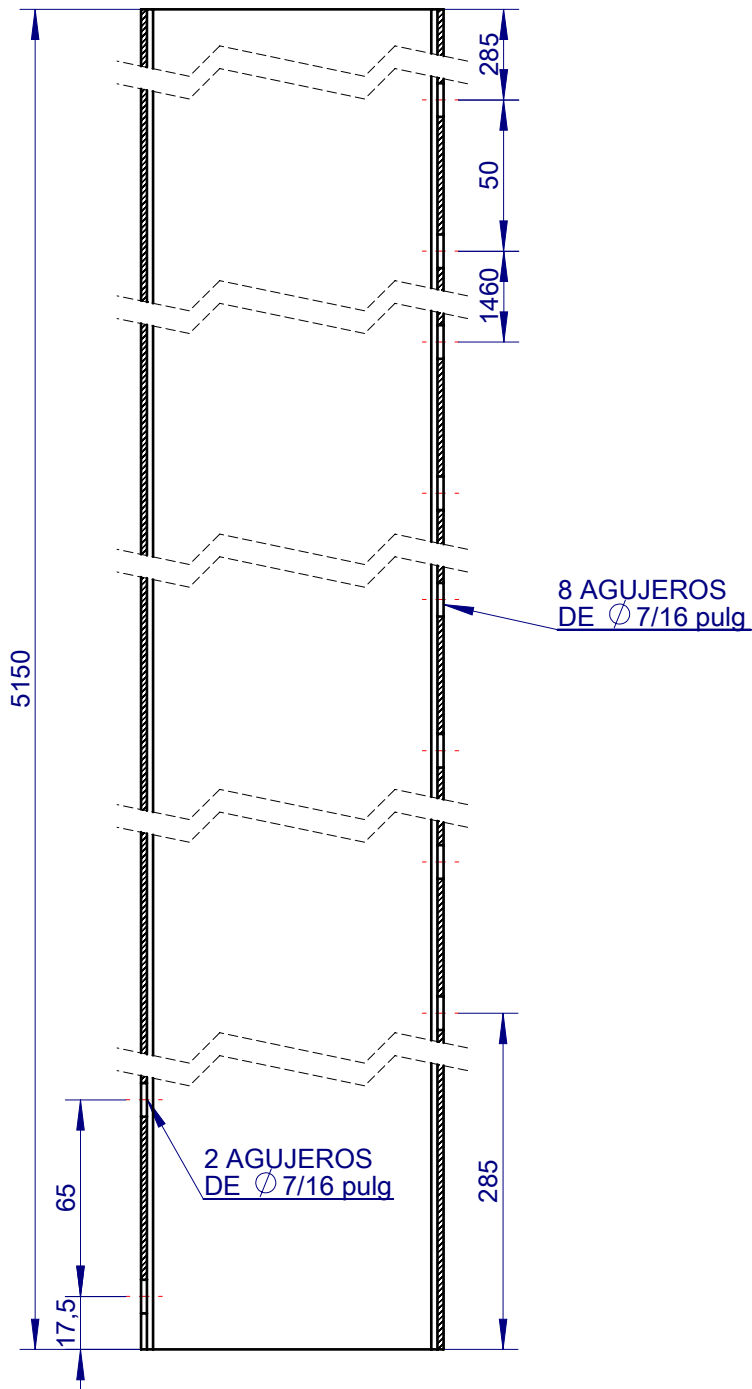
A



CORREA G
100X50X15X2 mm

CORTE A-A

B



8 AGUJEROS
DE $\varnothing 7/16$ pulg

2 AGUJEROS
DE $\varnothing 7/16$ pulg

C

D

E

				Tolerancias $\pm 0,1$	(Peso) 17,93 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500	
						Denominación: CONTENEDOR LATERAL DERECHO	Escala: 1:2.5
				Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO		
				Rev.			
				Apro.			
				U.T.A		Número del dibujo: 6 de 13	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1

2

3

4

TODAS LAS SUPERFICIES



CORTE A-A

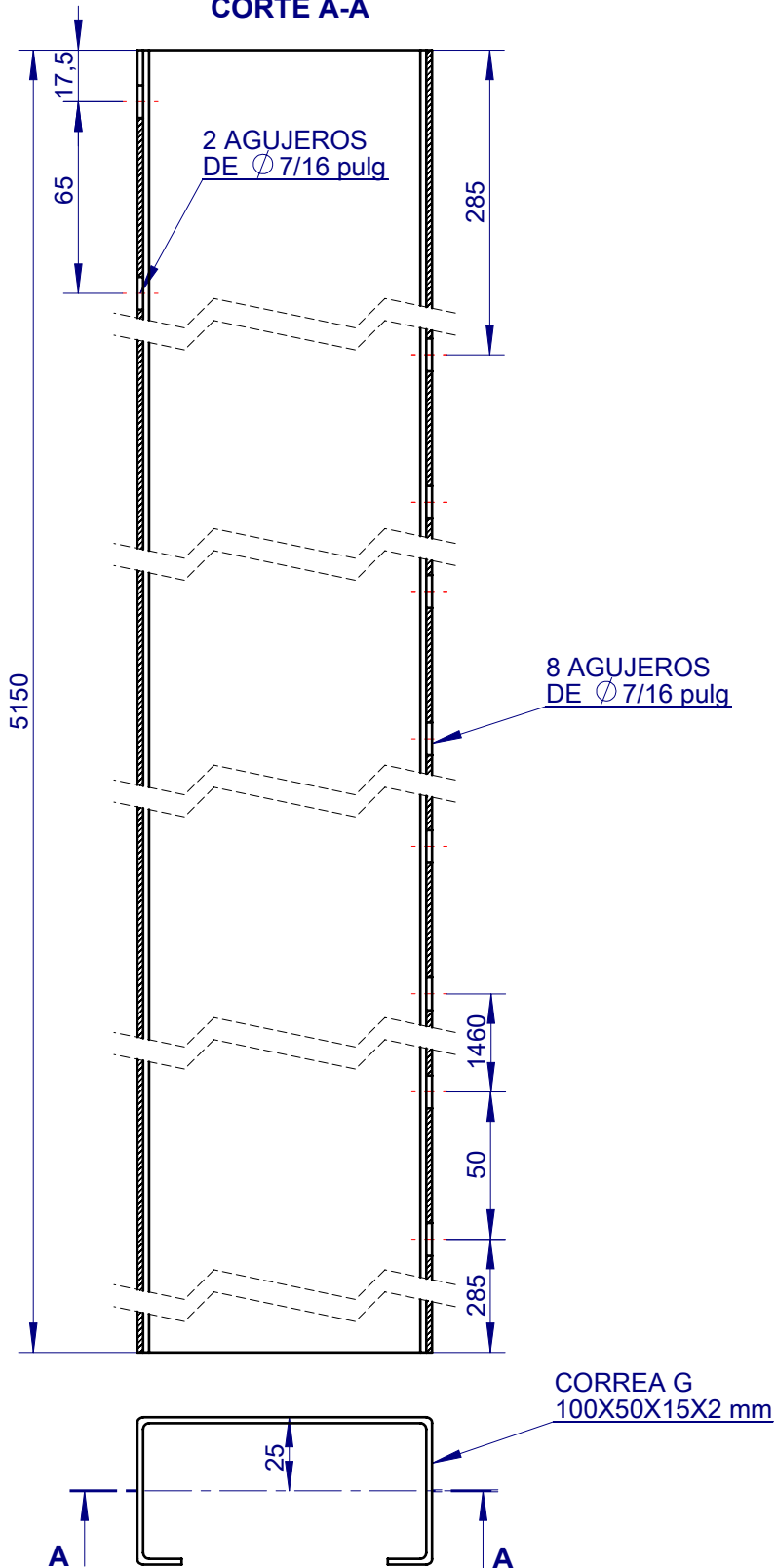
A

B

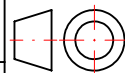
C

D

E

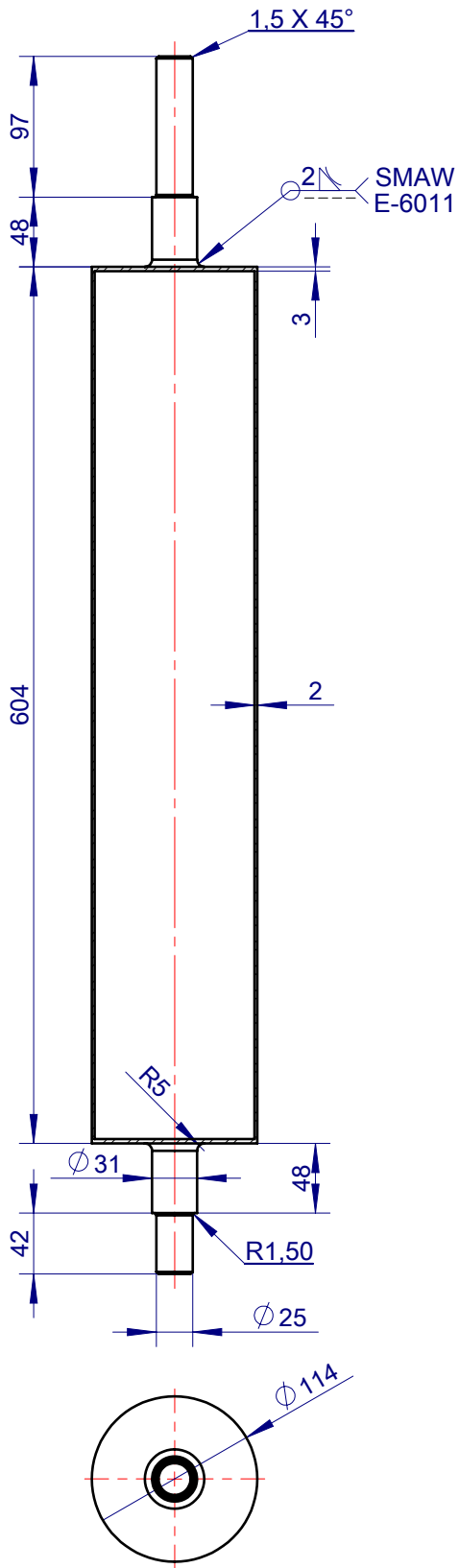


				Tolerancias $\pm 0,1$	(Peso) 17,93 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500	
					Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: CONTENEDOR LATERAL IZQUIERDO
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 7 de 13	Escala: 1:2.5
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	





TORNEADO TODAS LAS SUPERFICIES



A
B
C
D
E

				Tolerancias ±0,1	(Peso) 4,89 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500, ACERO AISI 1018	
				Fecha	Nombre	Denominación: RODILLO CONDUCTOR	Escala: 1:5
				Dib. 19-04-12	M. TOALOMBO		
				Rev.			
				Apro.			
				U.T.A		Número del dibujo: 8 de 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	

1

2

3

4

N7 TORNEADO TODAS LAS SUPERFICIES

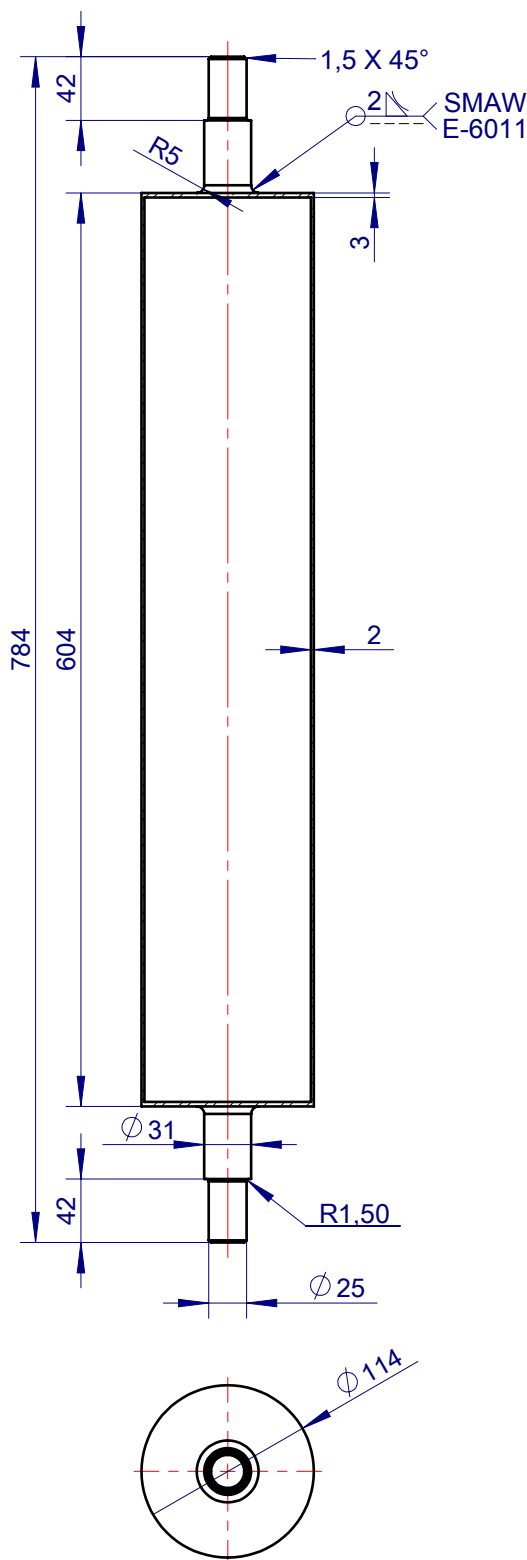
A

B

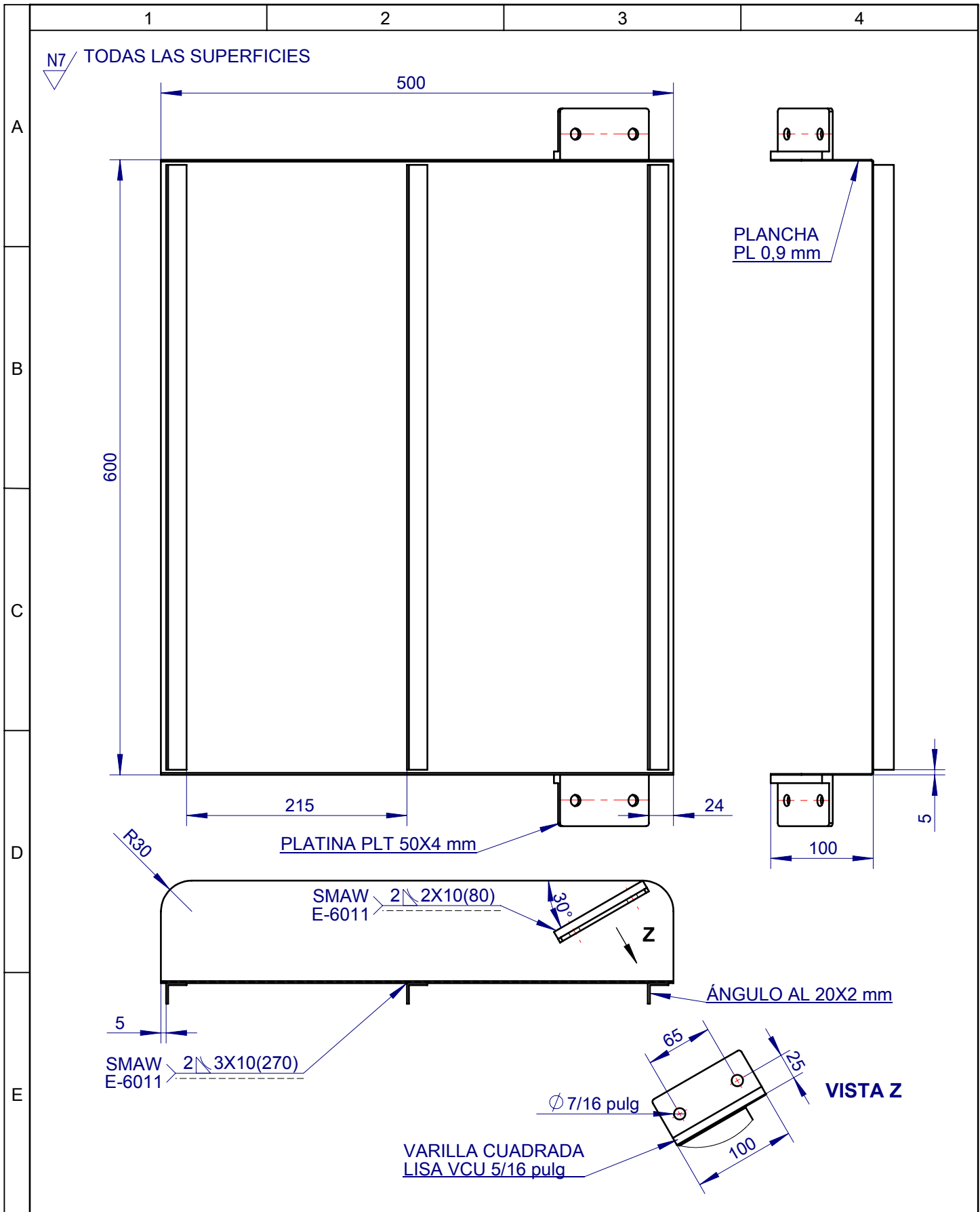
C

D

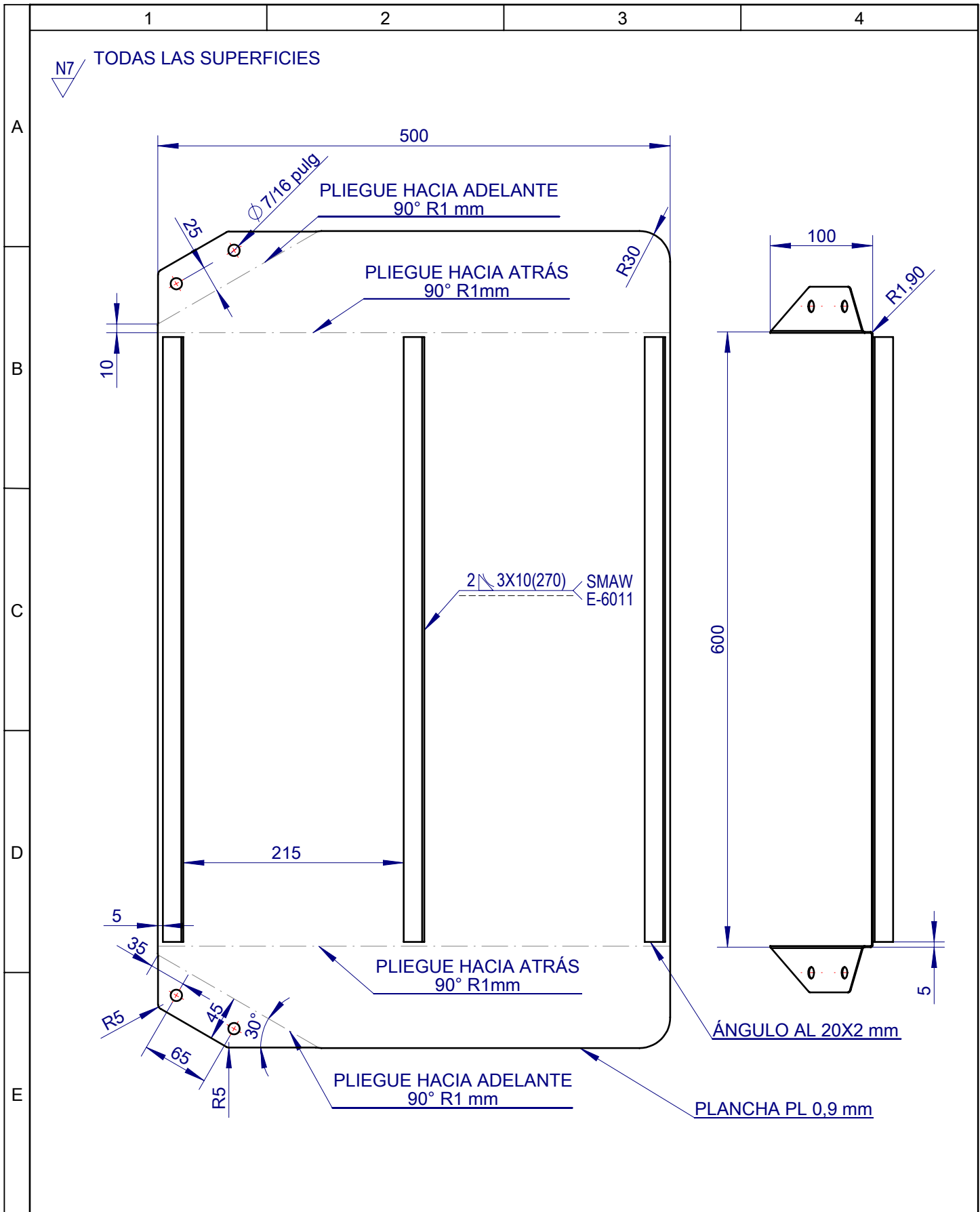
E



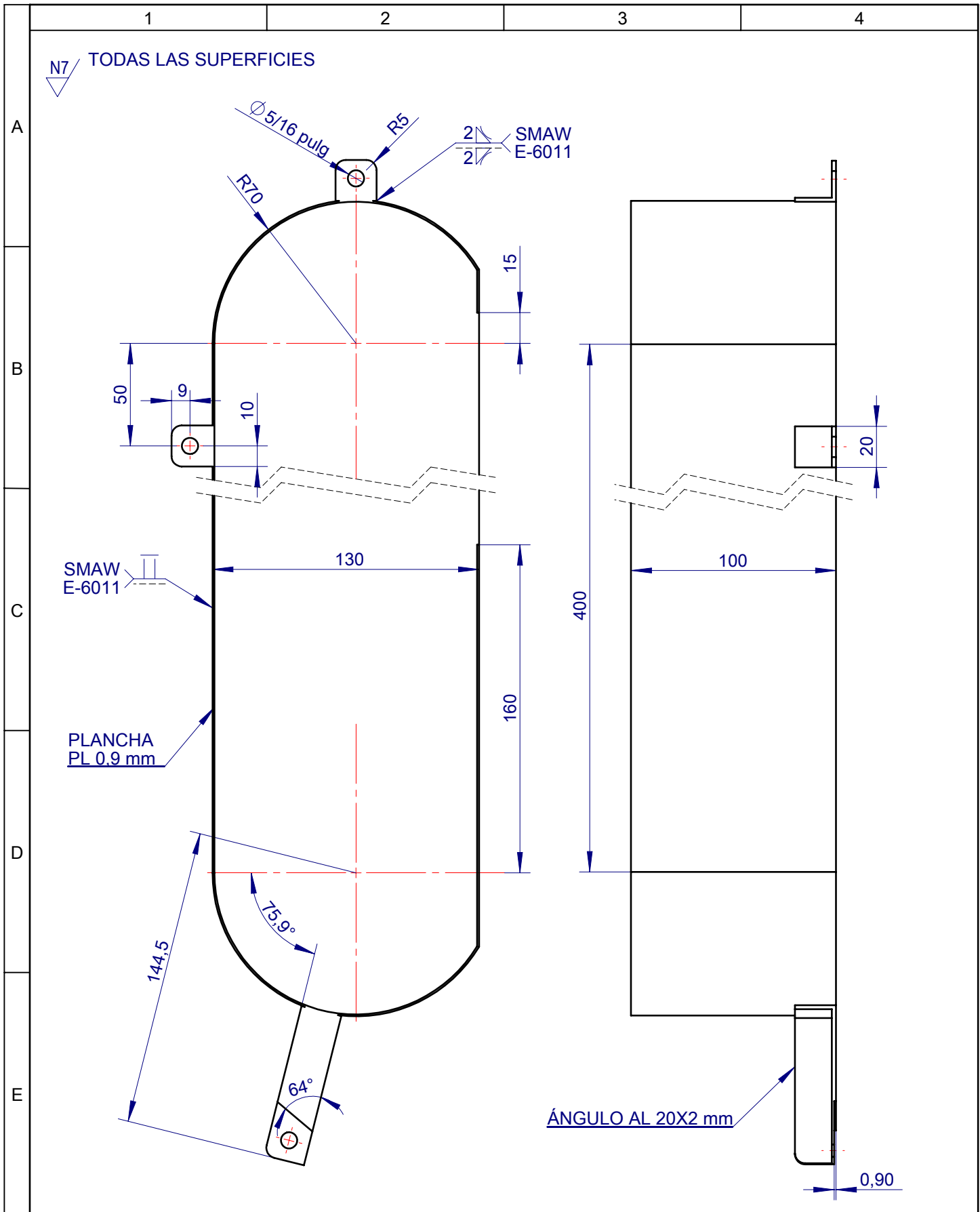
				Tolerancias ±0,1	(Peso) 4,70 Kg	Materiales: ACERO ASTM A500, ACERO AISI 1018		
					Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: RODILLO CONDUcido	
								Escala: 1:5
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 9 de 13		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		



				Tolerancias ±0,1	(Peso) 4,27 Kg	Materiales: ACERO ASTM A366, ACERO ASTM A36		
				Dib.	Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: CARGA	Escala: 1:5
				Rev.			Número del dibujo: 10 de 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Apro.				
				U.T.A				
				INGENIERÍA MECÁNICA				



				Tolerancias ±0,1	(Peso) 3,85 Kg	Materiales: ACERO ASTM A366, ACERO ASTM A36	
					Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: DESCARGA
							Escala: 1:5
				U.T.A		Número del dibujo: 11 de 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancias ±0,1	(Peso) 1,23 Kg	Materiales: ACERO ASTM A366	
					Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: PROTECTOR 1
							Escala: 1:2.5
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 12 de 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

N7

TODAS LAS SUPERFICIES

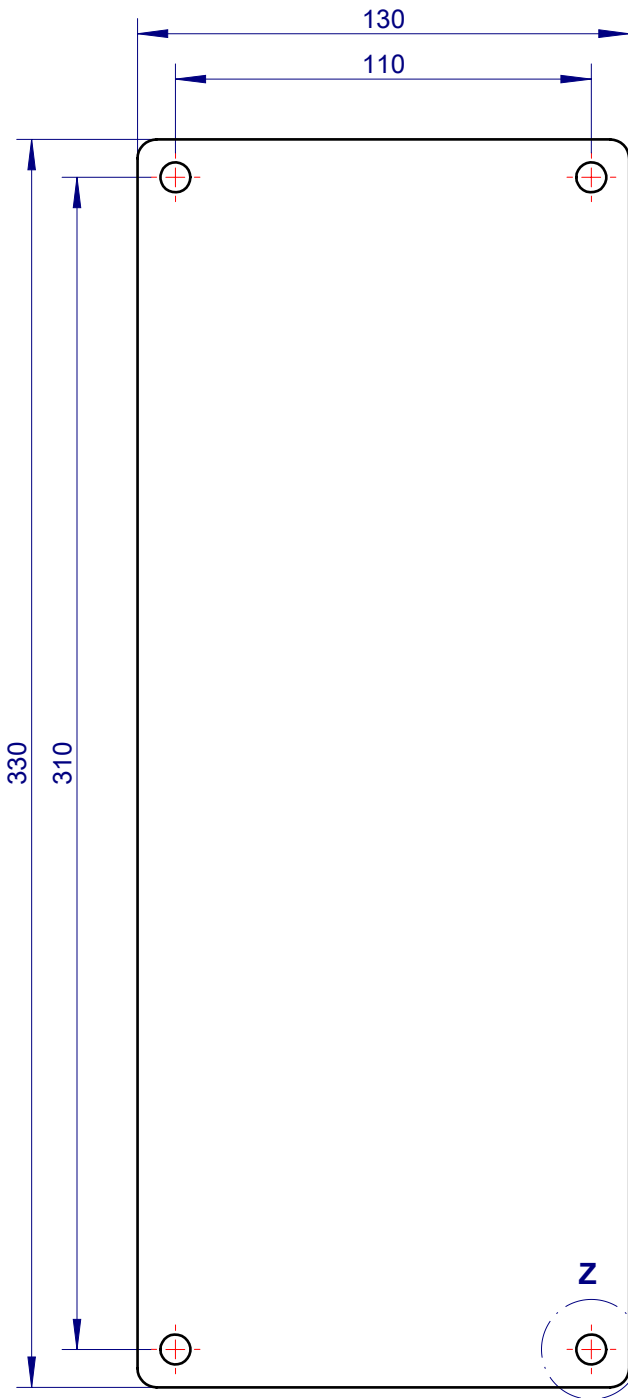
A

B

C

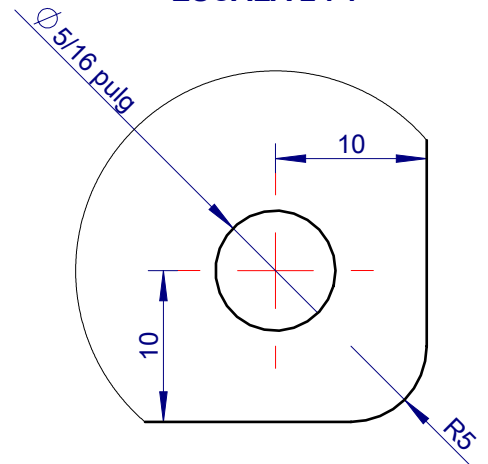
D

E



PLANCHA PL 0.9 mm

DETALLE Z
ESCALA 2 : 1



Z

				Tolerancias ±0,1	(Peso) 0,30 Kg	Materiales: ACERO ASTM A366	
					Fecha 19-04-12	Nombre M. TOALOMBO	Denominación: PROTECTOR 2
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo: 13 de 13	Escala: 1:2
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

