

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DESMUCILAGINADORA DE CAFÉ

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

CASTRO HERRERA CHRISTIAN GIOVANNY

khriz_198917@hotmail.es

CHAGUAMATE SIGUENCIA JORGE VLADIMIR

jorge_chaguamate@hotmail.com

DIRECTOR: ING. TITO HERNAN VELASTEGUI BENALCAZAR

tito.velastegui@epn.edu.ec

QUITO, MARZO 2015

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Proyecto de Titulación “Diseño y Simulación de un Prototipo de Máquina Desmucilagadora de Café” fue desarrollado por CHRISTIAN GIOVANNY CASTRO HERRERA y por JORGE VLADIMIR CHAGUAMATE SIGUENCIA bajo nuestra supervisión.

Ing. Tito Velastegui

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Carlos Diaz

CO-DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Jorge Vladimir Chaguamate Siguencia y Christian Giovanni Castro Herrera, declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Jorge Vladimir Chaguamate Siguencia

Christian Giovanni Castro Herrera

AGRADECIMIENTOS

Agradecido a Dios por darme la vida y la oportunidad de gozar de ella cumpliendo una gran meta en mi vida, y un gran logro personal.

El agradecimiento más grande a mis papis Jorge que con sus enseñanzas, su trabajo, su fortaleza y su gran esfuerzo supo siempre apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante; a mi mami Rosa, por darme el más grande amor, apoyo, valentía en tiempos de flaqueza y por ese incondicional amor que es para mí.

Un agradecimiento muy grande a todos mis hermanos Llaqueline, Llovani, Tania, Lilian, Javier y a mi muy querida hermana Yoselyn, a toda mi familia que con su apoyo sus consejos, sus historias supieron darme esas fuerzas de seguir adelante y luchar por lo que uno se quiere, además de siempre ser las personas que más amo en este mundo.

Agradeciendo a nuestro directo de tesis Ing. Tito Velastegui que con su apoyo consejos y enseñanzas tanto en las aulas como fuera de ellas supo ayudarnos y colaborarnos para prepararnos como buenos profesionales, al Ing. Carlos Diaz que supo apoyarnos para sacar adelante este trabajo y que además nos supo ayudar.

Agradeciendo a mi compañero de tesis Christian que con su apoyo, sus bromas, sus consejos y su gran amistad se desarrolló un gran trabajo.

Finalmente agradeciendo a todos los amigos que estuvieron presentes en las malas y buenas, a los que siempre supieron aguantarme, a los que acolaron en todas las locuras de estudiantes durante toda la carrera, a todos esos amigos y amigas que siempre supieron dar un consejo y un reproche gracias amigos por todo.

Jorge Vladimir Chaguamate Siguencia

Agradezco a Dios por enseñarme a depender de Él, por su amor e infinita misericordia; por permitirme acabar esta etapa tan difícil pero a la vez maravillosa de mi vida de ser un profesional.

Agradezco a mis padres Víctor Castro y Lourdes Herrera por darme todo su amor y apoyo en todas mis locuras, por ser mis amigos, mi respaldo en cada situación, por enseñarme a luchar y trabajar en la vida por las cosas que uno desea

Agradezco a mi hermano David Castro por ser mi consejero, mi amigo, mi maestro; por enseñarme que mediante disciplina se logran las metas, quererme como un hijo.

Agradezco a mi Mamita Meche que me crio y velo por mi mis primeros catorce años, gracias mamita me hubiese encantado que estés con migo pero bueno arriba nos hemos de ver.

Agradezco a mi tía Teresita Herrera por criarme como un hijo, estar a mi lado, ser tan linda, darme su cariño.

Agradezco a toda mi familia ya que de una forma u otra ya sea por concejos o por enseñanza me han llevado a la formación de lo que soy.

Agradezco a mi flaquita Aracely Maji por su cariño, comprensión, paciencia, por alegrarme cada día.

Agradezco a nuestro Director Ing. Tito Velastegui por sus enseñanzas tanto dentro como fuera del aula han ayudado a prepararnos como excelentes profesionales y personas, al Ing. Carlos Díaz por ayudarnos con sus concejos a llevar adelante este proyecto

Agradezco a mi compañero de Tesis Jorge Chaguamate por su apoyo, paciencia, amistad con quien hemos llegado a realizar este gran trabajo.

Agradezco a todos los amigos, panas, mijines, etc; que apoyaron a lo largo de esta carrera en las buenas y en las malas, por sus concejos, locuras y grandes recuerdos

Agradezco a CENTI por formar mi parte espiritual.

Finalmente agradezco a la “Mejor Facultad del Mundo” por permitirme ser parte de ella y sentirme orgullosamente un GUAYPERO

Christian Giovanni Castro Herrera

DEDICATORIA

A mis padres Jorge y mi muy querida mami Rosa que con su apoyo y amor, su gran esfuerzo supieron apoyarme en todo momento de mi vida, además de siempre estar en mi corazón y mis pensamientos.

A todos mis hermanos, toda mi familia en especial a Tania mi loca hermana que siempre me quiere como un hijo, a Llovani que estuvo para apoyarme siempre, y a Javi que con sus locuras y consejos siempre estuvo para enseñarme lo mejor que puede haber.

Jorge Vladimir

A mis padres Víctor y Lourdes que por su amor, esfuerzo, motivación, me han ayudado a seguir adelante.

A mi hermano David y toda mi familia, ya que siempre han estado en las buenas y malas.

A mi flaquita Ary por todo ese gran cariño expresado, TKM

Christian Giovanni

INDICE

CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 TERMINOLOGIA USADA EN LA INDUSTRIA CAFETALERA	1
1.2 ZONAS CAFETALERAS EN EL ECUADOR.....	9
1.3 CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES DE CAFÉ PRODUCIDAS EN ECUADOR	11
1.3.1 CAFÉ ARÁBIGO	12
1.3.2 CAFÉ ROBUSTA.....	14
1.4 OFERTA NACIONAL E INTERNACIONAL	15
1.4.1 OFERTA NACIONAL	15
1.4.2 OFERTA INTERNACIONAL.....	17
1.5 DEMANDA ACTUAL DEL PRODUCTO	19
1.6 ETAPAS DE PRODUCCION DE CAFÉ.....	20
1.6.1 RECOLECCIÓN DE CAFÉ CEREZA:.....	20
1.6.2 DESPULPADO:.....	20
1.6.3 DESMUCILAGINADO.....	21
1.6.4. LAVADO:.....	30
1.6.5 SECADO:.....	31
1.6.6 TOSTADO:	32
1.7 INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (LAYOUT DE PLANTA).....	33
CAPITULO 2.....	34
MARCO TEÓRICO.....	34
2.1. UTILIZACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA.	34
2.1.1 TECNOLOGIA DE LA MÁQUINA	34
2.1.2 TOLVA DE ALIMENTACION	37
2.1.3 TRANSMISION MECANICA POR CORREA TRAPEZOIDAL.....	47
2.1.4 MÉTODO DE FIJACIÓN DE LAS POLEAS.....	52
2.1.5 DISEÑO DE ARBOLES DE TRANSMISION	56
2.1.6 SELECCIÓN DEL METODO DE UNION DEL CONJUNTO	67

2.1.7 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA AL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO	70
2.1.8 SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS O RODAMIENTOS PARA EL DESMUCILAGINADOR MECANICO	72
CAPITULO 3	77
ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA.....	77
3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA	77
3.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	77
3.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.....	77
3.3.1 CASA DE LA CALIDAD.....	77
3.3.2 DESARROLLO DE LA CASA DE LA CALIDAD.....	78
3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	81
CAPITULO 4.....	82
ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA	82
4.1 FORMULACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	82
4.1.1 ANÁLISIS FUNCIONAL.....	82
4.1.2 DESARROLLO DEL ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA	82
4.1.3 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES	83
4.1.4 DIVISIÓN MODULAR.....	83
4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	84
4.2.1 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO:	84
4.2.2 MÓDULO 1: TRANSPORTE Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA.....	84
4.2.3 MODULO 2: TRANSPORTE A CÁMARA Y CENTRIFUGADO	98
4.2.4 MÓDULO 3: TRANSPORTE GRANO DE CAFÉ DESMUCILAGINADO.....	104
4.2.5 MÓDULO 4: TRANSPORTE AGUA RESIDUAL	109
4.3 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA	115
4.3.1 TOLVA DE ALMACENAMIENTO.....	115
4.3.2 CÁLCULO DE TRANSMISION MECÁNICA POR CORREA TRAPEZOIDAL.....	121
4.3.3 FIJACION DE POLEAS.....	123
4.3.4 ARBOLES DE TRANSMISION	125
4.3.5 SELECCIÓN DE TORNILLOS PARA UNIR CHUMACERAS CON TAPAS	136
4.3.6 SELECCIÓN DE TORNILLOS PARA UNIR TAPAS CON ESTRUCTURA.....	139
4.3.7 DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA AL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO	144

4.3.8 SIMULACION SOPORTE DE LA TOLVA	149
4.3.9 SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS O RODAMIENTOS PARA EL DESMUCILAGINADOR MECANICO	151
4.3.10 SIMULACION CAMARA DEL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO.....	154
4.4 SIMULACION Y COMPARACION CON VALOR CALCULADO DEL EJE PRINCIPAL	157
4.4.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	157
4.4.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	157
4.4.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	158
4.4.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	159
4.5 SIMULACION DEL AGITADOR	159
4.5.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	159
4.5.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	160
4.5.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	161
4.5.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	161
4.6 SIMULACION DEL LIMPIADOR.....	162
4.6.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	162
4.6.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	162
4.6.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	163
4.6.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	164
4.7 SIMULACION DE LA CASCARILLA SUPERIOR.....	164
4.7.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	164
4.7.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	165
4.7.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	166
4.7.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	166
4.8 SIMULACION DE LA CASCARILLA INFERIOR.....	167
4.8.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	167
4.8.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	167
4.8.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	168
4.8.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	168
4.9 SIMULACION Y COMPARACION CON VALOR CALCULADO DE LA TOLVA DE ALIMENTACION	169
4.9.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	169
4.9.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	169

4.9.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	170
4.9.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	171
4.10 SIMULACION SOPORTE DEL DESMUCILAGINADOR.....	171
4.10.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	171
4.10.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	172
4.10.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	172
4.10.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	173
4.11 SIMULACION DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL	173
4.11.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS.....	173
4.11.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE	174
4.11.3 FACTOR DE SEGURIDAD.....	174
4.11.4 TENSIÓN DE VON-MISSES	175
4.12 ELABORACIÓN DE PLANOS DE TALLER.....	175
4.13 HOJAS DE PROCESO.....	175
4.14 MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.....	175
4.15 ANÁLISIS DE COSTOS.....	175
4.15.1 COSTOS DE DISEÑO.....	176
4.15.2 COSTOS DE MATERIAL.....	177
4.15.3 COSTOS DE MANO DE OBRA.....	177
4.15.4 COSTO TOTAL DE LA MAQUINA.....	179
4.16 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINA	179
4.16.1 REQUERIMIENTOS MINIMOS	179
4.16.2 GRADUACION DE LOS EQUIPOS:	180
4.16.3 INSTRUMENTOS PARA REGULAR EL FLUJO DE CAFÉ EN LA CAMARA DE DESMUCILAGINADO.....	180
4.16.4 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA EL DESMUCILAGINADO.....	180
4.16.5 CONTROL DE DAÑO MECÁNICO	181
4.16.6 LIMPIEZA DE MAQUINARIA Y EQUIPO	182
CAPITULO 5.....	183
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	183
5.1 CONCLUSIONES	183
5.2 RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFÍA.....	185
ANEXOS.....	189

ANEXOS TABLAS.....	189
ANEXO FIGURAS.....	211
ANEXO COTIZACIONES, PROFORMAS.....	213
ANEXO MANO DE OBRA	222
ANEXOS PLANOS.....	225
ANEXOS HOJAS DE PROCESOS.....	226

ÍNDICE DE FIGURAS 1

CAPITULO 1

Fig 1. 1 Principales Zonas Cafetaleras del Ecuador	9
Fig 1. 2 Café Arábigo.....	12
Fig 1. 3 Café Robusta	14
Fig 1. 4 Desmucilaginadora Vertical PA-DELVA 7.6.....	27
Fig 1. 5 Desmucilaginadora Tipo Elmu.....	28
Fig 1. 6 Desmucilaginadora Continua de Flujo Ascendente	29
Fig 1. 7 Infraestructura Básica para la Producción de Café.....	33

CAPITULO 2

Fig 2. 1 Velocidad Tangencial Máxima en un alabe de un Agitador.....	35
Fig 2. 2 Velocidad de avance lineal del material a lo largo de la hélice	36
Fig 2. 3 Dimensiones de la Tolva de Alimentación.....	39
Fig 2. 4 Presiones generadas por el material almacenado sobre las paredes del cono truncado	43
Fig 2. 5 Resultantes de las fuerzas del material almacenado por encima del cono truncado	45
Fig 2. 6 Presión del material almacenado y elementos de sujeción.....	46
Fig 2. 7 Fuerzas en el asiento Cónico	52
Fig 2. 8 Excentricidad y Desalineación Polea-Correa.....	55
Fig 2. 9 Columna Empotrada-Libre	72

CAPITULO 4

Fig 4. 1 Diagrama Funcional y Modular de la Desmucilaginadora.....	82
Fig 4. 2 Esquema Solución 1 – Función 1- Módulo 1.....	85
Fig 4. 3 Esquema Solución 2 – Función 1 – Módulo 1.....	85
Fig 4. 4 Esquema Solución 1 – Función 2 – Módulo 1.....	87
Fig 4. 5 Esquema Solución 2 – Función 2 – Módulo 1.....	87
Fig 4. 6 Esquema Solución 1 – Función 3 – Módulo 1.....	89
Fig 4. 7 Esquema Solución 2 – Función 3 – Módulo 1.....	89

Fig 4. 8 Esquema Solución 1 - Módulo 1	91
Fig 4. 9 Esquema Solución 2- Módulo 1	92
Fig 4. 10 Esquema Solución 3 - Módulo 1	92
Fig 4. 11 Esquema Solución 4 - Módulo 1	93
Fig 4. 12 Esquema Solución 5 - Módulo 1	94
Fig 4. 13 Esquema Solución Final - Módulo 1	97
Fig 4. 14 Esquema Solución 1 - Función 1- Módulo 2	98
Fig 4. 15 Esquema Solución 1- Función 2 –Módulo 2	99
Fig 4. 16 Esquema Solución 2 - Función 2- Módulo 2	99
Fig 4. 17 Esquema Solución 1 - Módulo 2	101
Fig 4. 18 Esquema Solución 2 -Módulo 2	101
Fig 4. 19 Esquema Solución Final - Módulo 2.....	104
Fig 4. 20 Esquema Solución 1 - Función 1- Módulo 3	105
Fig 4. 21 Esquema Solución 2 - Función 1- Módulo 3	105
Fig 4. 22. Esquema Solución 1 - Módulo 3	106
Fig 4. 23 Esquema Solución 2 - Módulo 3	106
Fig 4. 24 Esquema Solución Final - Módulo 3.....	109
Fig 4. 25 Esquema Solución 1 - Función 1 - Módulo 4	110
Fig 4. 26 Esquema Solución 2 - Función 1 - Módulo 4	110
Fig 4. 27 Esquema Solución 1 - Módulo 4	111
Fig 4. 28 Esquema Solución 2 - Módulo 4	111
Fig 4. 29 Esquema Solución Final - Módulo 4.....	114
Fig 4. 30 Alternativa Seleccionada Completa.....	115
Fig 4. 31 Esquema de la Tolva Circular	115
Fig 4. 32 Configuración Geométrica del Eje de Transmisión del Rotor	126
Fig 4. 33 Diagrama de Cuerpo Libre.....	127
Fig 4. 34 Par de Torsión	128
Fig 4. 35 Diagrama de Cuerpo Libre.....	129
Fig 4. 36 Diagrama Fuerza cortante y Momento Flector	132
Fig 4. 37 Distribución de esfuerzos en la sección A producida por las cargas: a) esfuerzo cortante producido por T y Vz más esfuerzo axial de compresión producido por F. b) esfuerzo cortante producido por T más el esfuerzo normal por Myz y el esfuerzo F	133
Fig 4. 38 Configuración geométrica unión chumacera- tapa	137
Fig 4. 39 Diagrama de cuerpo libre tapa superior.....	139
Fig 4. 40 Diagrama de Cuerpo libre tapa inferior.....	141
Fig 4. 41 Configuración Geométrica de Tapa-Estructura	142
Fig 4. 42 Consideraciones para el análisis de la estructura.....	147
Fig 4. 43 Restricciones y Cargas externas sobre la estructura	148
Fig 4. 44 Tensión y flexión (max=1,40e7 N/m2)	148
Fig 4. 45 Desplazamiento (max=0,106mm).....	149
Fig 4. 46 Factor de seguridad (FDS min=18)	149
Fig 4. 47 Restricciones y Cargas aplicadas a la unidad	150
Fig 4. 48 Esfuerzo equivalente de Von Misses-Hencky (max=6,81e7).....	150
Fig 4. 49 desplazamiento resultante (0,009 mm).....	151

Fig 4. 50 Factor de seguridad (FDS min=2,5).....	151
Fig 4. 51 Tension -VonMisses (max=5,045e6).....	155
Fig 4. 52 Desplazamientos (max=0,001[mm]).....	156
Fig 4. 53 Factor de seguridad cámara (FDS min= 41).....	156
Fig 4. 54 Restricciones y Cargas en Eje Principal.....	157
Fig 4. 55 Desplazamiento en Eje Principal (max=0,031 mm).....	158
Fig 4. 56 Factor de Seguridad en el Eje.....	158
Fig 4. 57 Tensión de Von-Misses en Eje.....	159
Fig 4. 58 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Agitador.....	160
Fig 4. 59 Desplazamiento Resultante en el Agitador.....	160
Fig 4. 60 Factor de Seguridad en el Agitador.....	161
Fig 4. 61 Tensión de Von-Misses en el Agitador.....	161
Fig 4. 62 Restricciones y Cargas Aplicadas en al Limpiador.....	162
Fig 4. 63 Desplazamiento Resultante en el Limpiador.....	163
Fig 4. 64 Factor de Seguridad en el Limpiador.....	163
Fig 4. 65 Tensión de Von-Misses en el Limpiador.....	164
Fig 4. 66 Restricciones y Cargas Aplicadas en Cascarilla Superior.....	165
Fig 4. 67 Desplazamiento Resultante en la Cascarilla Superior.....	165
Fig 4. 68 Factor de Seguridad en la Cascarilla Superior.....	166
Fig 4. 69 Tension de Von-Misses en Cascarilla Superior.....	166
Fig 4. 70 Restricciones y Cargas Aplicadas en Cascarilla Inferior.....	167
Fig 4. 71 Desplazamiento Resultante en la Cascarilla Inferior.....	167
Fig 4. 72 Factor de Seguridad en Cascarilla Inferior.....	168
Fig 4. 73 Tension de Von-Misses en Cascarilla Inferior.....	168
Fig 4. 74 Restricciones y Cargas Aplicadas en la Tolva.....	169
Fig 4. 75 Desplazamiento Resultante en la Tolva.....	170
Fig 4. 76 Factor de Seguridad en la Tolva.....	170
Fig 4. 77 Tensión de Von-Misses en la Tolva.....	171
Fig 4. 78 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Soporte.....	171
Fig 4. 79 Desplazamiento Resultante en la Tolva.....	172
Fig 4. 80 Factor de Seguridad en el Soporte.....	172
Fig 4. 81 Tensión de Von-Misses en el Soporte.....	173
Fig 4. 82 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Transportador Helicoidal.....	173
Fig 4. 83 Desplazamiento Resultante en Transportador Helicoidal.....	174
Fig 4. 84 Factor de Seguridad en Transportador Helicoidal.....	174
Fig 4. 85 Tension de Von- Misses en Transportador Helicoidal.....	175

ANEXOS FIGURAS

Fig A. 1 Selección de la sección de la Correa.....	211
Fig A. 2 Sensibilidad a la muesca sometida a flexión inversa de cargas axiales inversas... ..	211
Fig A. 3 Sensibilidad a la muesca sometida a torsión inversa.....	212

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 1

Tabla 1. 1 Provincias del Ecuador y Variedades de Café	15
Tabla 1. 2 Empresas Cafetaleras en el Mundo	19
Tabla 1. 3 Factores de Tasa de Desmucilaginado	25
Tabla 1. 4 Ventajas y Desventajas del Desmucilaginado Mecánico.....	26

CAPITULO 2

Tabla 2. 1 Límite de resistencia a la fatiga de la probeta	64
Tabla 2. 2 Parámetros en el factor de la condición superficial	64
Tabla 2. 3 Factor de Confiabilidad	65
Tabla 2. 4 Parámetros de la rigidez de varios materiales	68

CAPITULO 3

Tabla 3. 1 Casa de la Calidad.....	80
Tabla 3. 2 Especificaciones Técnicas de La Máquina Desmucilaginadora	81

CAPITULO 4

Tabla 4. 1 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función1-Módulo 1.....	86
Tabla 4. 2 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 2- Módulo 1	88
Tabla 4. 3 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 3- Módulo 1	90
Tabla 4. 4 Análisis de Criterios- Módulo 1	94
Tabla 4. 5 Análisis Criterio de Rapidez-Módulo 1.....	95
Tabla 4. 6 Análisis Criterio de seguridad-Módulo 1.....	95
Tabla 4. 7 Análisis Criterio Tamaño-Modulo 1	96
Tabla 4. 8 Análisis Criterio Caudal-Módulo 1	96
Tabla 4. 9 Matriz de Conclusiones- Módulo 1	97
Tabla 4. 10 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 2- Modulo 2	100
Tabla 4. 11 Análisis Criterios -Módulo 2.....	102
Tabla 4. 12 Análisis Criterio Consumo de Agua-Módulo 2.....	102
Tabla 4. 13 Análisis Criterio Volumen de Producción-Módulo 2	103
Tabla 4. 14 Análisis Criterio Seguridad-Modulo 2.....	103
Tabla 4. 15 Análisis Criterio Daño Mecánico-Módulo 2	103
Tabla 4. 16 Matriz de Conclusiones- Modulo 2	104
Tabla 4. 17 Análisis Criterios- Módulo 3.....	107
Tabla 4. 18 Análisis Criterio Distancia- Módulo 3	108
Tabla 4. 19 Análisis Criterio Viscosidad- Módulo 3	108

Tabla 4. 20 Análisis Criterio Volumen de Producción- Módulo 3	108
Tabla 4. 21 Análisis Criterio Contaminación de Grano- Módulo 3	109
Tabla 4. 22 Matriz de Conclusiones - Módulo 3.....	109
Tabla 4. 23 Análisis Criterios - Módulo 4.....	112
Tabla 4. 24 Análisis Criterio Distancia - Módulo 4	112
Tabla 4. 25 Análisis Criterio Reacción Química - Módulo 4	113
Tabla 4. 26 Análisis Criterio Caudal Agua Residual- Módulo 4	113
Tabla 4. 27 Análisis Criterio Viscosidad - Módulo 4	113
Tabla 4. 28 Matriz de Conclusiones - Módulo 4.....	114
Tabla 4. 29 Costos de Diseño.....	176
Tabla 4. 30 Costos de Material.....	177
Tabla 4. 31 Costo Mano de Obra	178
Tabla 4. 32 Costo Total de la Maquina.....	179

ANEXOS TABLAS

Tabla A. 1 Características Principales de los Modelos DESLIM.....	189
Tabla A. 2 Propiedades Físicas del Café.....	190
Tabla A. 3 Coeficiente de seguridad para Soldadura	190
Tabla A. 4 Factor de corrección de potencia k.....	191
Tabla A. 5 Diámetro Mínimo de Poleas.....	192
Tabla A. 6 Conicidad más usual.....	193
Tabla A. 7 Coeficientes para el ángulo de Torsión.....	193
Tabla A. 8 Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero..	194
Tabla A. 9 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones.....	196
Tabla A. 10 Coeficientes de fricción de diferentes materiales.....	196
Tabla A. 11 Angulo de Reposo.....	197
Tabla A. 12 Propiedades Mecánicas Acero AISI 430	197
Tabla A. 13 Especificaciones técnicas para BELCOSUB	198
Tabla A. 14 Longitud primitiva nominal de correa	199
Tabla A. 15 Factor de Corrección a lo largo de la correa.....	200
Tabla A. 16 Factor de Corrección de arco FcA.....	201
Tabla A. 17 Potencia Base.....	202
Tabla A. 18 Factor de servicio para transmisión de banda en V	202
Tabla A. 19 Factor de Corrección k para correas trapeciales	203
Tabla A. 20 Propiedades del Acero AISI 1030.....	203
Tabla A. 21 Coeficientes de Fricción	203
Tabla A. 22 Propiedades Físicas AISI 1030.....	204
Tabla A. 23 Propiedades Mecánicas AISI 1030	204
Tabla A. 24 Dimensiones de las arandelas métricas simples (las dimensiones están en milímetros).....	204
Tabla A. 25 Dimensiones de Tuercas hexagonales.....	205
Tabla A. 26 Tamaño preferidos y número de Renard.....	205

Tabla A. 27 Diámetro y áreas de roscas Métricas de paso	206
Tabla A. 28 Resistencias a la fatiga completamente corregida de pernos y tornillos con roscas laminadas.....	206
Tabla A. 29 Propiedades mecánicas Acero Inoxidable Ferrítico.....	206
Tabla A. 30 Dimensiones tubo Estructural	207
Tabla A. 31 Dimensiones de Chumacera	207
Tabla A. 32 Escala para cálculo de la vida nominal básica de rodamientos.....	208
Tabla A. 33 Factor que tiene en cuenta la tensión inicial.....	209
Tabla A. 34 Factor radial y axial	209
Tabla A. 35 Propiedades Mecánicas AISI 304.....	210
Tabla A. 36 Especificaciones planchas perforadas con agujeros largo redondeados	210

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

El café conocido por sus inconfundibles características de aroma y sabor, genera una gran fuente de trabajo para muchas familias, en el Ecuador resulta una actividad familiar que requiere de mano de obra lo cual fomenta el empleo rural y urbano, llegando a ser un producto de exportación en los últimos años.

Debido a su ubicación geográfica, Ecuador produce uno de los mejores cafés de América del Sur y los más demandados en Europa. Los diferentes ecosistemas que posee el Ecuador permiten que los cultivos de café se den a lo largo y ancho del país llegando a cultivarse hasta en las Islas Galápagos.

Al poseer una gran capacidad como productor de café, Ecuador es uno de los pocos países en el mundo que exporta todas las variedades de éste: arábigo lavado y arábigo natural, que se cultivan y cosechan desde marzo hasta octubre; y robusta, que se obtiene desde febrero hasta noviembre.

1.1 TERMINOLOGIA USADA EN LA INDUSTRIA CAFETALERA¹

Acidez: Sabor primario agradable y positivo que se percibe, con mayor o menor intensidad, en los cafés de la especie arábica. Esta característica desaparece con un tueste acentuado. Junto con el sabor, aroma y cuerpo es uno de los parámetros principales usados por los catadores profesionales en la valoración sensorial del café.

Ácido: Gusto clásico, agradable y deseado en el café, producido por los ácidos orgánicos. No confundirlo con el desagradable olor a vinagre. Lo contrario a un sabor agrio y cáustico fermentado o amargo.

Agrio (avinagrado): Normalmente asociado al aroma del café fermentado, es una sensación desagradable, típica del vinagre, no confundir con la acidez.

Altura (sobre el nivel del mar): La altura del cultivo es un factor de gran importancia ya que la calidad del grano obtenido es superior cuanto mayor sea

¹ Criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

esta, ya que en zonas altas el fruto va madurando más despacio y su calidad es mayor.

Amargo: Sabor primario del café proporcionado por la cafeína y otras sustancias. Es agradable dentro de un determinado límite. Usualmente causado por exceso de tueste.

Añejos, Cafés: Cafés que han permanecido varios años en los almacenes con lo cual, en el mejor de los casos, han reducido la acidez e incrementado el cuerpo.

Año Cafetero: El comienzo del llamado “Año cafetero” se fija en el 1º de Octubre por haber empezado la recolección de la mayoría de países productores y la época de mayor actividad de los países consumidores.

Arábica linné, Coffea: Especie botánica perteneciente al Género Coffea de la Familia de las Rubiáceas. Posee 44 cromosomas y su reproducción es autógama. Las tres cuartas partes de los cafetos plantados en el mundo pertenecen a esta especie. A pesar de su nombre esta especie no procede de Arabia sino de África ya que su origen se encuentra en Etiopía. El café Arábica puede alcanzar la calidad máxima, cosa que no acontece con el Canéphora o Robusta. Hasta 1825 fue la única especie de café cultivada en el Mundo. La forma del grano es alargada, tiene una cara redondeada y la otra plana con una hendidura longitudinal. Los cafés de la especie Arábica se caracterizan por tener, en mayor o menor grado, acidez, cuerpo y aroma, además de un contenido en cafeína de alrededor de 1,5 %. Se cultivan muchas variedades botánicas de Coffea Arábica, las más extendidas son Bourbon, Typica, Caturra, Catuaí, etc. las hibridaciones espontáneas y las producidas por los investigadores agrónomos hacen que el número de estas variedades sea prácticamente infinito.

Arábigo/o: Término que designa a todo cuanto es oriundo de la península asiática denominada Arabia. Palabra utilizada equivocadamente para denominar a los cafés pertenecientes a la especie Coffea ARÁBICA Linné, ya que en este caso se trata de un nombre científico y debe usarse literalmente, es decir en latín. Más adecuadamente se aplica para denominar la goma arábigo o los números arábigos. Al único café que podría llamarse arábigo con propiedad sería al procedente del Yemen ya que este país es el único productor de café de la península Arábigo o de Arabia.

Arábigo: Variedad de café Arábica cultivada en Guatemala.

Árbol Criollo: Variedad de Café Arábica cultivada en Venezuela.

Aroma: Sensación percibida por la combinación boca/nariz. Se trata de una mezcla de olores agradables que además de producir una sensación placentera puede informar acerca de la variedad botánica a que pertenece el café utilizado, el tipo de preparación del fruto, etc.

Aromatizado, Café: Café tostado al que se le ha añadido alguna sustancia aromatizante como menta, anís, avellana, almendra, etc. Esta costumbre de añadir aromas al café se originó en E.E.U.U. y se practica tanto añadiendo el aroma al café tostado como a la infusión ya preparada en la taza. Parece que en Europa no ha tenido gran éxito esta tendencia y se sigue tomando el café con sabor a café solamente.

Astringencia: Sensación táctil de una cierta aspereza percibida en la lengua producida principalmente por cafés de la especie Robusta. Es debida a sustancias tánicas que producen la precipitación de la mucina, proteína contenida en la saliva que produce la sensación de suavidad en la lengua. Siempre negativa en el café, es la sensación de sequedad de la boca.

Avellana: Producto utilizado como sustituto del café, solo o mezclado con otros.

Bale o Bala Embalaje usual de los cafés de Moka o Harar. Consiste en un envoltorio de palma trenzada recubierto por una tela de saco, su peso es de alrededor de 80 kilos.

Banderas, Hacer: Aspecto que presenta un café tostado en el que los granos no tienen todos los mismos colores. Esto se debe normalmente a que existen granos con un nivel de maduración diferente a los demás. Se considera un defecto relativo, es decir su importancia depende del tipo de café en que aparezca este defecto por ejemplo sería gravísimo en un Arábica Lavado de Altura pero es solamente leve en un Robusta.

Barista: Es el profesional especializado en el café de alta calidad, que trabaja creando nuevas y diferentes bebidas basadas en él, usando varios tipos de leches, esencias y licores, entre otros.

Bean: En inglés grano. Término muy utilizado en el comercio del café, como "flat beans" o granos planos, o Hard Bean y Strictly Hard Bean como grano duro y grano muy duro respectivamente.

Bellotas: Fruto de la encina. Producto utilizado como sustituto del café, solo o mezclado con otros.

Beneficiado o preparación del fruto Al proceso de limpieza y preparación del fruto se le llama "beneficiado". Existen dos sistemas de realizar el beneficiado del café, uno es llamado "lavado", y el otro "seco" o "natural".

Beneficio seco: Lugar donde se procede a despojar al café que fue previamente sometido al proceso de lavado, del pergamino para hacerlo apto para la exportación. En muchas zonas de Centro América el beneficiado del café se realiza en dos fases: en la primera se le despoja solamente de la corteza y la pulpa, guardándolo dentro del pergamino. En un momento posterior, normalmente cuando el café ya se ha vendido, se lleva al beneficio seco donde se procede a desprender el pergamino y gran parte de la película plateada.

Biológico, Café: También llamado Café Orgánico y Ecológico. Café cultivado sin utilizar abonos químicos ni pesticidas. En algunos países se cultiva así el café por falta de recursos económicos y en otros por evitar su contaminación con productos químicos. Realmente este ha sido el sistema de cultivo tradicional. La tierra se enriquece con humus natural y estiércol de animales como se hacía antiguamente. La cosecha es menor pero el producto se puede vender más caro. Este tipo de cultivo evita muchas enfermedades en las personas que trabajan en los cafetales, disminuye la contaminación de los ríos y consigue un producto más sano para el consumidor final.

Black Beans: Granos de café muertos que han caído del árbol antes de la cosecha.

Black Jack Coffee: Nombre dado al café que se ha vuelto negro durante el beneficiado.

Blend: En inglés mezcla. Término utilizado para denominar una mezcla o combinación de varios cafés tostados.

Bold: Nombre inglés con el que se denomina un grano de café muy grande y bien formado.

Café oro: Nombre dado al café que aquí llamamos "café verde" en muchos países productores, especialmente en Centroamérica. Es el café preparado para

ser exportado una vez ha pasado todos los procesos de beneficiado, limpieza, trilla y clasificación.

Café verde: Café sin tostar, empleado como materia prima de las industrias torrefactoras.

Cafeína: El componente más famoso del café. Descubierta y aislada en 1820 por el químico alemán Ferdinand Runge. Es un alcaloide perteneciente al grupo de las purinas. Se encuentra no solamente en el café, sino en el té y el chocolate. Tiene un efecto excitante sobre la corteza cerebral y el sistema nervioso central así como acelera la actividad cardíaca y aumenta la tensión sanguínea. Aunque parece ser que este aumento no va más allá de diez o quince minutos, al cabo de los cuales desciende a su nivel normal. Permite permanecer sin dormir o por lo menos prolongar las veladas nocturnas. Aumenta la sociabilidad, estimula y aviva los sentidos, facilita la memorización y favorece el trabajo tanto intelectual como manual. En un adulto sano se estima que su metabolización se efectúa entre las tres y las cinco horas desde la ingesta, es decir que después de este tiempo habría dejado de actuar en su sistema nervioso habiendo sido eliminada por la orina. Los cafés de la Especie Arábica contienen aproximadamente un 1% de cafeína mientras que las Robustas llegan al doble.

Cafeólogo: Persona que se dedica al estudio del café.

Cafeomancia: Sistema de predicción del porvenir en el que se utilizan los posos del café.

Cafetal: Campo donde se cultiva café.

Cafetalero: En América hispana se dice de la persona que cultiva, cosecha o negocia con café.

Cafetear: Tomar café, en general con frecuencia o por costumbre. En Panamá cafetear es tomar café mientras se vela a un difunto, y también matar a una persona.

Cafetero: Dícese de la persona muy aficionada a tomar café. También incluye en esta palabra al dueño de un café, al que lo vende y en general al que negocia en café.

Carajillo: Preparación en la que se añade al café un licor como coñac, ron, anís, orujo o whisky. Se prepara fundamentalmente de dos maneras: echando el licor

directamente sobre el café, o poniendo en la taza vacía el licor al que se prende fuego (carajillo flambeado) apagándolo con el café que cae de la cafetera.

Cata: Del latín *captare*, probar, gustar alguna cosa para examinar su sabor o sazón. Prueba que se realiza para conocer la calidad de un producto alimentario, vino, café, etc.

Catador: Del latín *captator*. Persona que prueba las muestras de café para determinar su calidad

Cata a la brasileña: Sistema de cata utilizado en Brasil y, con ligeras variantes, en todo el mundo cafetero. Fundamentalmente se realiza así: Parte de una muestra de 300 gramos se tuesta hasta un punto muy corto, que alcance un color amarillo/crema, el resto se conserva verde como referencia. Se muele bastante grueso. En unos diez o doce recipientes se pone agua muy caliente, alrededor de 150 cm³ y 10 gramos de café, lo mismo en todos los vasos. Se deja unos minutos reposar, se quita el café que aparece flotando en la superficie y se va tomando con una cuchara especial sorbos muy fuertes para que el sabor penetre en la boca muy rápidamente. Una vez ha pasado el café por la boca (décimas de segundo), se escupe para no acumular gran cantidad de cafeína. De esta cata saldrá el café clasificado como Mole, Duro, Riado, Río o Río Zona (en Brasil) Con este trabajo el catador aprecia las características del café que va a ser objeto de una transacción comercial, y por lo tanto cómo valorarlo económicamente.

Cata del café expresso: El análisis sensorial del café expresso se realiza a partir de un sistema de cata creado por el Istituto Internazionale Assaggiatore Caffé de Brescia, Italia. Su finalidad es determinar la calidad de un café expresso, estado de la cafetera y molino que se ha empleado y la destreza del operador que lo ha hecho.

Cereza: Nombre que recibe la drupa o baya fruto del café por su similitud con la fruta del mismo nombre.

Chocolatada o achocolatado: Sabor a chocolate que se percibe en algunos cafés, es nota positiva y evidencia calidad alta.

Cuerpo: Se dice que tiene cuerpo un café para expresar la sensación que produce en la boca de densidad y persistencia del sabor. Indica la percepción plena, la rotundidad y la estructura. Es elevado en los buenos cafés.

Digestivo: café tostado del que se ha eliminado la grasa para evitar trastornos digestivos a las personas a las que los pueda producir la ingestión de café con leche.

Ensilado: Sistema de almacenamiento del café verde en las industrias torrefactoras. Este proceso empieza por abrir los sacos (de 60 o 70 kilos, según el país de origen) uno por uno y elevar su contenido a un silo metálico de varias celdas o depósitos diferentes, de donde el café se irá extrayendo automáticamente por medio de controladores informáticos que coordinan el trabajo, dosifican los tipos de café precisos, y lo envían por medio de transporte neumático a la máquina tostadora.

Fermentación: Proceso biológico utilizado para despojar al café de la capa mucilaginosa que lo recubre. Se puede realizar poniendo el café dentro de un gran depósito lleno de agua o dejarlo solamente húmedo con el mucílago; en el primer caso la fermentación es más lenta que en el segundo.

Floración del cafeto: El cafeto puede tener un número indeterminado de floraciones al año. La flor dura alrededor de 48 horas y su olor recuerda al del jazmín. La repercusión de las floraciones en la cosecha es importantísima. Si son muy espaciadas la maduración de los frutos será muy desigual, pero si se concentran en una época del año la cosecha será uniforme.

Fruta, afrutado: Término de prueba que evoca un agradable aroma a fruta madura, propia de buenos cafés con elevada acidez.

Haba del café: Nombre con que suele denominarse el grano de café a causa de su parecido con esta legumbre.

Natural: Preparación o beneficiado del café que se realiza extendiendo las cerezas al sol hasta que se secan. Una vez conseguido esto se someten a un proceso de eliminación de la pulpa seca y el pergamino por medio de máquinas. Los granos obtenidos tras esta limpieza se seleccionan mediante el trabajo de personas, casi siempre mujeres, especializadas, o de máquinas que actúan por tamaño, densidad, color, etc., tras lo cual se guardan, apilando los sacos en enormes estibas y manteniéndolos hasta el momento de su venta, en almacenes oscuros donde el grano esté protegido de la luz y la desecación excesiva.

Organoléptico: Valoración cualitativa que se realiza a través de los sentidos. Las características o parámetros organolépticos son simplemente evaluaciones y percepciones sensoriales que se realizan directamente en campo y que por lo general, se miden nuevamente en el laboratorio mediante técnicas estándares más precisos, algunas veces con propósitos de confirmación y otras con propósitos de cuantificación. Dichos parámetros son el color, el olor, la turbidez o transparencia y el aspecto de la muestra.

Picking: La recolección del café a mano o “picking” consiste en recoger uno por uno, solamente los granos maduros, volviendo periódicamente al campo a cosechar los nuevos frutos cuando vayan madurando. Solamente se recolecta el grano que está a punto, por lo que la calidad es la más alta posible ya que todo el café tiene el mismo grado de madurez. Este sistema supone un trabajo ímprobo que emplea mucha mano de obra y dura mucho tiempo. Este modo de recolectar el café es el que se emplea en los países que producen cafés de más calidad.

Secado: Consiste en extender el café en terrazas o patios al sol removiéndolo periódicamente hasta lograr su secado. También puede realizarse este trabajo con máquinas secadoras especiales.

Selección: Trabajo que se realiza con el café verde cosechado por el sistema stripping para separar los granos rotos, defectuosos, piedras, ramitas, hojas, etc. de los granos de primera calidad y estos a su vez por tamaño, color, densidad, etc. Las piedras y palos se eliminan haciendo circular a las cerezas por canales con agua. Los palos flotan y las piedras van al fondo, las cerezas sanas quedan entre dos aguas. Una vez despojados los granos de las capas que los recubren, se clasifican manualmente o por medio de máquinas que realizan la clasificación granulométrica, densimétrica y colorimétrica. Si la recolección se ha hecho por el sistema picking la primera selección la hace la persona que cosecha, pues solamente se llevará los frutos maduros.

Torrefacto: Proceso que consiste en añadir azúcar al café en un momento determinado de su tueste, y mantenerlo al fuego hasta que el azúcar, una vez caramelizado por el calor, recubra todos los granos y alcance el punto deseado por el maestro tostador.

Trilla: Operación que consiste en despojar al grano de café del pergamino en que se ha dejado para almacenarlo en las mejores condiciones hasta su venta. La

trilla se realiza por medio de máquinas que limpian y seleccionan el grano hasta dejarlo con la mejor presentación posible. Es una práctica que se realiza exclusivamente con los cafés Arábicas lavados.

Verde: Café crudo, sin tostar. Semilla del cafeto. Mercancía de gran importancia en la economía mundial, segunda tras el petróleo. Materia prima en la industria de torrefacción de café y fabricación de café soluble.

1.2 ZONAS CAFETALERAS EN EL ECUADOR

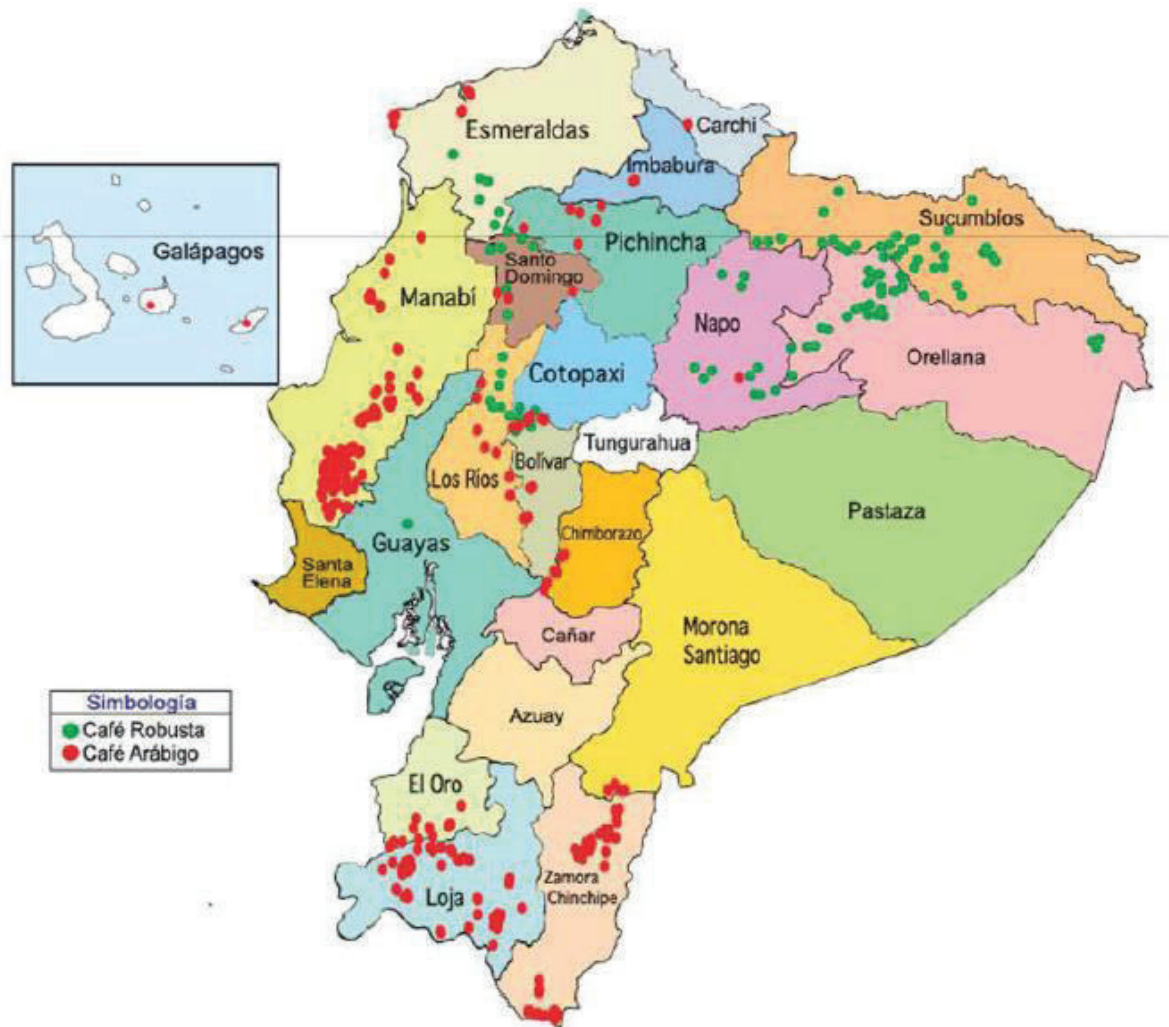


Fig 1. 1 Principales Zonas Cafetaleras del Ecuador

Fuente: COFENAC, GTZ 2009

Las zonas cafetaleras del Ecuador se localizan desde alturas cercanas al nivel del mar hasta aproximadamente los 2000 msnm (metros sobre el nivel del mar). El

Consejo Cafetalero Nacional, mediante la información del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), conformó una base de datos de 33 estaciones meteorológicas localizadas en las zonas cafetaleras. Además, a partir del análisis de los datos meteorológicos del INAMHI, de los mapas de isoyetas e isotermas de la Dirección de Información de Recursos Naturales Renovables (DINAREN) y de más información, se realizó una descripción del clima de las zonas de producción de café arábigo del Ecuador.

Las zonas apropiadas para el cultivo de café arábigo, en las provincias de Manabí y Guayas, se localizan sobre el sistema montañoso Chongón Colonche, entre los 300 y 700 metros de altitud. En las estribaciones occidentales de los Andes, incluyendo Loja y El Oro, las altitudes apropiadas se localizan de 500 a 1.800 metros de altura. En las estribaciones orientales, del sur oriente, en el cantón Chinchipe, las altitudes adecuadas se ubican de 1.000 a 1.800 msnm. Hacia el norte, desde el cantón Zamora hasta el Napo, las áreas con aptitud se localizan de 500 a 1.200 metros.

La precipitación anual óptima para el café arábigo está en el rango 1.000 y 2.000 metros, con un período seco de tres a seis meses, tomando medidas de conservación de la humedad. La temperatura media en las zonas cafetaleras varía en función de la altitud; a mayor altura menos temperatura. En Manabí y Guayas, la temperatura media apropiada para la producción de café arábigo fluctúa de 22 a 24°C y en las estribaciones occidentales y orientales de 18 a 24 grados centígrados.

La humedad relativa de las zonas cafetaleras es muy variable. En las partes altas de las estribaciones orientales, arriba de los 1.200 metros de altura, desde el cantón Zamora hacia el norte, hasta la provincia de Napo, las medias de humedad relativa son superiores al 92%, condición no apropiada para el cultivo de café arábigo porque crean ambientes predisponentes para la incidencia de plagas y enfermedades.

En las zonas secas de Manabí y Loja, el manejo de la sombra de los cafetales y el uso del mantillo (cobertura vegetal seca), en la parte basal de los cafetos, constituyen prácticas indispensables para mantener la humedad del suelo. Por

otra parte, las zonas cafetaleras con una incidencia anual mayor a las 1.000 horas luz/ año, tienden a ser las más apropiadas para producir cafés arábigos.

Las condiciones climáticas del Ecuador, en general, y de las zonas cafetaleras, en particular, son muy diversas. Por lo tanto, los mapas de isotermas, isoyetas y clima, solo constituyen referentes a nivel macro.

La información histórico-social, la observación de la fenología del cafeto y la interpretación de los datos meteorológicos constituyen los elementos esenciales para realizar una aproximación del nivel de aptitud climática de un microambiente cafetalero²

Las localidades cafetaleras con mayor aptitud agroecológica para producir cafés especiales, en un primer nivel, son: Celica, Vilcabamba, Paltas, Gonzanamá y Quilanga en Loja; Mindo, Tandapi y Puerto Quito en Pichincha; Caluma en Bolívar; y, Chito en Zamora Chinchipe. Algunas otras zonas de producción, que también reúnen condiciones apropiadas para producir cafés finos, particularmente por aroma y sabor son: Pallatanga (Chimborazo), Chaguarpamba (Loja), Marcabelí (El Oro), Cascol (Paján – Manabí) y Yantzaza (Zamora Chinchipe).³

1.3 CARACTERISTICAS DE LAS VARIETADES DE CAFÉ PRODUCIDAS EN ECUADOR

Entre las principales variedades producidas en Ecuador están:

- Arábigo Lavado
- Arábigo Natural
- Robusta
- Industrializado (Soluble)⁴

² DUILCELA LUIS, CORRAL RUBEN, FARFAN DIANA. (2002). El clima en las zonas de producción de café arábigo del Ecuador.

³ Duicela L, Corral R, Farfan D, Cedeño L, Palma R, Sánchez J, Villacis J. (2002). *ZONIFICACION CAFETALERA DEL ECUADOR PARA LA PRODUCCION DE CAFES DE ESPECIALIDADES*.

⁴ PROECUADOR. (27 de 10 de 2014). *CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>

1.3.1 CAFÉ ARÁBIGO



Fig 1. 2 *Café Arábigo*

Nativo de Etiopía, en altitudes entre 1350 y 2000 metros; es también llamado *typica*. Tiene características morfológicas de arbusto, de copa piramidal, hojas elípticas, oblongas y a veces lanceoladas.

Posee dos variedades botánicas que son: Arábica y Bourbon; cada región posee sus propias razas seleccionadas y adaptadas.

Se cultiva en gran porcentaje en el territorio nacional ya que presenta las mejores propiedades organolépticas (acidez, aroma, cuerpo y sabor), las variedades que se cultivan en Ecuador dentro de variedad arábica son Nacional o *Typica*, Caturra y Bourbon, difundándose las nuevas variedades como Pacas, Catuai y Catimor que son cultivadas en menor proporción.⁵

1.3.1.1 **Café Nacional**

De larga vida (50 años) alta calidad organoléptica, baja productividad, sensible al ataque de roya y es de aspecto vigoroso y compacto. Corresponde a la mayor parte de sembríos del país.⁶

⁵ Marco, A. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (*coffea arabica*). En u. d. Cuenca, *monografía previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.

⁶ Marco, A. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (*coffea arabica*). En u. d. Cuenca, *monografía previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.

1.3.1.2 Café Caturra

Muy sensible a ataque de roya; ideal para cultivos orgánicos y de mejor calidad; son de buen aspecto, producción alta, buenas características organolépticas. Existen caturra rojo y amarillo llamados así debido a su coloración

- Originario de Brasil. Mutación de Bourbon.
- Porte bajo, compacto (1.80 mts.)
- Bandolas (ramas) forman ángulo de 45 grados con el eje principal.
- Hojas terminales color verde tierno.
- Hojas redondeadas y brillantes.
- Entrenudo corto.
- Excelente productor.
- Resistente al viento.⁷

1.3.1.3 Café Bourbon

Variedad botánica de la Especie café Arábica Linné. Es considerada como la variedad que procede directamente de la que se descubrió en Etiopía y luego se cultivó en el Yemen. En el siglo XVII el Sultán del Yemen obsequió al Rey de Francia Luis XIV con unas plantas de café que se cultivaron en la isla Bourbon al norte de Madagascar. Más adelante se llevaron plantas de esta isla a las Colonias Francesas de América. En Brasil el llamado Bourbon Vermello fue importado de la Isla Reunión en 1864 y cultivado en gran parte del país. El Bourbon Amarelo surgió en Pederneiras, Sao Paulo, Brasil, como resultado del cruce de Bourbon Vermelho y el Amarelho de Botucatu, siendo cultivado a partir de 1945. Estas variedades de Café Arábica son cultivadas también en Argentina.⁸

Destaca su sabor a chocolate y almendra aunque esta varía de acuerdo a la altura en la que fue cultivado, posee acidez media y alta.⁹ Llega hasta los tres

⁷ ANACAFE. (s.f.). *ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Variedades_de_cafe

⁸ criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

⁹ CAFE, B. B. (s.f.). *variedades de cafe*. Recuperado el 01 de 08 de 2014, de http://barublackmountain.com/baru/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=165

metros de altura, a comparación de la típica esta variedad es precoz pero el grano es de menor tamaño.¹⁰

1.3.2 CAFÉ ROBUSTA



Fig 1. 3 *Café Robusta*

Variedad botánica perteneciente a la especie cuyo nombre científico es *Coffea Canéphora* Pierre, el término Robusta ha suplantado al de la especie hasta el extremo de que no se usa la palabra *Canéphora* más que en términos científicos.

¹¹

Comenzó a cultivarse y a comercializarse en la segunda mitad del S. XIX, tras ser descubierta por Emil Laurent en el Congo en 1898, es una especie nativa de África ecuatorial, en las zonas tropicales de Guinea, Congo y Uganda.¹² Aún hoy mismo gran parte de la producción de café Robusta africano procede de cafetos silvestres en los que el hombre no realiza otro trabajo más que el de la recolección.¹³ Se caracteriza por ser arbusto liso con hojas anchas de apariencia corrugada, cortas, bayas elipsoidales, se cultiva a 1000 msnm, crece en planicies, clima tropical húmedo, sus granos contienen alto nivel de cafeína. ¹⁴

¹⁰ Marco, A. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (*coffea arabica*). En u. d. Cuenca, *monografía previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.

¹¹ criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

¹² Duicela Luis, García José, Corral Rubén, Farfán Diana, Fernández Fabian. (2004). CALIDAD FÍSICA Y ORGANOLEPTICA DE LOS CAFES ROBUSTAS ECUATORIANOS. *INGORMA ANUAL DE LA DICVISION TECNICA*.

¹³ criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

¹⁴ Marco, A. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (*coffea arabica*). En u. d. Cuenca, *monografía previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.

Tiene ciertas características:

- Resistencia a la roya
- Gran capacidad productora
- Capacidad para retener la fruta después de su madurez.¹⁵

1.4 OFERTA NACIONAL E INTERNACIONAL

1.4.1 OFERTA NACIONAL

El Ecuador tiene varias zonas agroecológicas aptas, como en el litoral y estribaciones occidentales y en las orientales de Los Andes, para producir cafés de especialidades, particularmente “gourmet”, “gourmet orgánico” y orgánico bajo sombra”. En consecuencia, hay la posibilidad cierta de alcanzar competitividad en el Mercado de Cafés Especiales.¹⁶

Existen alrededor de 305.000 hectáreas de tierras dedicadas al cultivo y producción de café. Las principales provincias en donde se cultiva café, por variedad son:

Variedad de Café	Provincias
Arábigo Lavado	El Oro, Manabi, Loja, Guayas y Zamora Chinchipe
Arábigo Natural	Loja, Manabi, El Oro, Los Rios y Guayas
Robusta	Pichincha, Orellana, Sucumbios, Guayas, Los Rios y Napo

Tabla 1. 1 Provincias del Ecuador y Variedades de Café

El cultivo, producción, comercialización, industrialización y exportación del café, son sectores importantes para la economía del Ecuador, por lo que es necesario

¹⁵ ENCARTA. (s.f.). *CULTIVO DE CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://es.slideshare.net/gjmoncayo/cultivo-de-caf>

¹⁶ Duicela L, Corral R, Farfan D, Cedeño L, Palma R, Sanchez J, Villacis j. (2002). *ZONIFICACION CAFETALERA DEL ECUADOR PARA LA PRODUCCION DE CAFES DE ESPECIALIDADES*.

que los sectores privado y público trabajen en conjunto, a fin de lograr un desarrollo sostenido y alcanzar un mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de los agricultores dedicados a esta actividad, así como el fortalecimiento y ampliación de las exportaciones y el incremento del aporte en divisas para la economía ecuatoriana.

El café ecuatoriano se exporta actualmente a cerca de cincuenta países, entre los cuales se encuentran Estados Unidos, España, Chile, Alemania, Italia, Francia, Polonia, Japón, Bélgica, Canadá, Países Bajos, Argentina y Suiza.¹⁷

En Francia una libra de café ecuatoriano tipo gourmet cuesta en promedio \$ 10, pero el precio se incrementa según sus especificaciones, por ejemplo el proveniente de Loja, puede costar \$ 20 y el de Galápagos hasta \$ 30.¹⁸

Para el 2011 la producción total de café en el Ecuador fue de 23,829 toneladas métricas (Tm.) y las ventas fueron de 20,191 Tm. Las hectáreas plantadas fueron de 110,474 y las cosechadas es de 98,347. Estas cifras revelan que ha habido una disminución en la producción y ventas del producto en comparación con anteriores, donde se puede ver que en el 2009 fue el año de mayor producción de los últimos 4 años con 33,624 Toneladas métricas de producción.

De acuerdo a la Organización Internacional del Café, el precio referencial del café arábigo para Ecuador en Abril del 2013, es de USD 151.63 por libra y del Robusta de USD 109.33 por libra.¹⁹

¹⁷ WIKIPEDIA. (s.f.). *CAFE ECUATORIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Caf%C3%A9_ecuatoriano

¹⁸ TELEGRAFO, E. (27 de 11 de 2014). *LA PRODUCCION LOCAL NO ABASTECE LA DEMANDA*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/el-cafe-ecuatoriano-triplica-su-precio-en-el-mercado-europeo.html>

¹⁹ PROECUADOR. (27 de 10 de 2014). *CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>

1.4.1.1 Oferta en Pichincha

A 20 minutos de Nanegalito en el sector La Perla, existen casa llenas de sembríos; entre ellas la de Olga Rogel que desde el 2002, se dedica al cultivo de café en dos hectáreas produce alrededor de 40 quintales, cada quintal se lo comercializa en \$300. En su café están interesados empresarios de Alemania y USA. Para apoyar a productoras la Secretaria de Desarrollo Productivo y la Agencia M. de Promoción Económica (CONQUITO) trabajan en el proyecto “Café de Quito”.

Este proyecto busca fortalecer y estandarizar la producción de cafés especiales, para posicionar al café de Quito como marca propia, y mejorar la productividad y los ingresos del productor.

En la finca La Nube se cultivan 9 hectáreas, debido a que se ha implementado un gran desarrollo tecnológico, cada hectárea produce 45 quintales; con el proyecto se busca que los cafetaleros inviertan en: grado de tecnificación y nutrición de plantaciones. Sobre la producción de café en el distrito se estima que se ocupa un 40% de la superficie agrícola sembrada en el noroccidente.²⁰

1.4.2 OFERTA INTERNACIONAL

En América del sur Brasil es el principal exportador produciendo robusta y Arábica; en Colombia se cultiva café suave con mucho cuerpo; en Costa Rica un café aromático; en Puerto Rico es de intenso sabor; otras zonas son: México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Venezuela, Bolivia y Perú.

En África se destacan Costa de Marfil produce café fuerte y amargo, Kenia aromáticos y de sabor intenso, Uganda produce Robusta; otros países: Etiopia, Congo, Tanzania, Camerún.

²⁰ quito, h. (07 de 07 de 2013). *cafetaleros buscan posicionar al cafe de Quito en el exterior.*

Recuperado el 01 de 08 de 2014, de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/cafetaleros-buscan-posicionar-al-cafe-de-quito-en-el-exterior-585394.html>

En Asia esta Vietnam produciendo robusta; este país ha incrementado su producción de gran manera.²¹

A continuación se muestra un listado representativo de empresas mundiales inmersas en el sector cafetalero junto a sus marcas subsidiarias, en este listado aparecerán aquellas empresas que ofrecen tanto café preparado listo para beberlo, como café en grano, procesado o derivados de café.²²

En la **Tabla 1.2** se muestra las Empresas Cafetaleras alrededor del mundo:

LISTA DE EMPRESAS DEL SECTOR CAFETALERO EN EL MUNDO			
Empresa	Establecida	Sede	Marcas Subsidiarias
Alterra Coffee Roasters	1993	Milwaukee, Wisconsin, EE.UU.	
Barbera Caffè	1870	Trenola-Ducenta CE, Italia	
Aroma Espresso Bar	1994	Jerusalén, Israel	
Bewley	1840	Dublin, Irlanda	City Java y Rebecca de Cafe
Cafés del gato grande	1996	Franklin, Nueva Hampshire	Café K-Cup: GMCR, Gloria Jean, Wolfgang Puck, Caribou, Tully. También café molido local.
Cabeza de puente de café	1981	Ottawa, Ontario, Canadá	
Caffè Nero	1997	Londres, Reino Unido	
Beanery Café	1976	Flushing, Michigan	
Café Babera	1870	Trenola-Ducenta CE, Italia	
Café Britt	1985	Costa Rica	
Café Coffee Day	1996	Bengaluru, India	Día Café Café, Café Día Express, bebidas Día de café, Fresh & Ground
Caffè Bonani	1958	Parma, Italia	Café tostado fresco
Caribou Coffee	1992	Brooklyn Center, Minnesota, EE.UU.	
Coffeeshop Company	1999	Viena, Austria	
Costa Coffee	1971	Dunstable, Inglaterra	
Dallmayr	1985	Munich, Alemania	
Marcilla	1753	Joure y Utrecht, Países Bajos	Parte de The JM Smucker Co. en EE.UU., Parte de Sara Lee en todo el mundo (excluyendo los EE.UU.); Kanis y Gunnik, Van Nelle
Delta Cafés	1961	Campo Maior, Portugal	
Diedrich Coffee	1972	Irvine, California, EE.UU.	
Dunkin' Donuts	1950	Quincy, Massachusetts, EE.UU.	Productos comestibles al por menor con licencia para la fabricación de The JM Smucker Co.
Dunn Bros	1987	St. Paul, Minnesota, EE.UU.	
Ocho de café	1859	Montvale, Nueva Jersey, EE.UU.	
Equal Exchange	1986	West Bridgewater, Massachusetts, EE.UU.	
Gillies Coffee Company	1840	Brooklyn, Nueva York, EE.UU.	
Cafés de Gloria Jean	1979	1979 (EE.UU.), 1996 (Australia)	
Green Mountain Coffee	1981	Waterbury, Vermont, EE.UU.	
Highlands Coffee	1998	Vietnam	

²¹ Marco, A. (2012). Alternativas agroecológicas para el manejo del café (Coffea arabica). En u. d. Cuenca, *monografía previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.

²² PROECUADOR. (27 de 10 de 2014). *CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>

LISTA DE EMPRESAS DEL SECTOR CAFETALERO EN EL MUNDO			
Empresa	Establecida	Sede	Marcas Subsidiarias
Illy	1933	Italia	
Indian Coffee House	1940	India	
The JM Smucker Co.	1897	Orrville, Ohio, EE.UU.	Folgers , Muela, Marcilla en los EE.UU., Pilon, Bustelo
Jittery de Joe	1994	Athens, Georgia, EE.UU.	
Juan Valdez Cafe	2002	Colombia	
Klembor	1992	Dunajská Streda, Eslovaquia	
Koa Coffee Plantation	1997	Captain Cook, Hawaii, EE.UU.	
Kraft Foods	1853	Tarrytown, Nueva York, EE.UU.	Café Jacobs , Gevalia , Kenco , Maxwell House , Yuban , nabab , General Foods Internacional , Sanka , Tassimo
Kurukahveci Mehmet Efendi Mahdumlari	1871	Estambul, Turquía	
Lavazza	1895	Italia	
Massimo Zanetti Beverage	1973	EE.UU.	Chase & Sanborn , Chock Full O'Nuts , Hills Bros. , MJB
Maxwell House	1892	New York, Reino Unido	
Melitta	1908	Minden, Alemania	
Nestlé	1866	Suiza	Nescafé , Nespresso , Elección de Catador
Café de Nueva Inglaterra	1916	Malden, Massachusetts, EE.UU.	
Organo Gold	2008	China	
Peet café y té	1966	Emeryville, California, EE.UU.	
Pure café tostado	2009	Lisburn, Irlanda del Norte, Reino Unido	Roasting & Packaging de etiqueta privada, los granos de café, vainas del café, café de filtro.
Sara Lee	1939	Downers Grove, Illinois, EE.UU.	Marcilla fuera de los EE.UU., Senseo
Starbucks	1971	Seattle, Washington, EE.UU.	El mejor café de Seattle
Mercado de Starr	1979	Missouri, EE.UU.	
Strauss	1930	Petah Tikva, Israel	Elite café instantáneo, café turco Elite, Platinum
Tchibo	1949	Hamburgo, Alemania	
Tim Hortons	1964	Oakville, Ontario, Canadá	
Top Shelf Coffee Inc.	1994	Warren, Ohio	
Trung Nguyen	1996	Vietnam	
Tully	1992	Seattle, Washington, EE.UU.	
Café Vayhan	2007	India	

Tabla 1. 2 Empresas Cafetaleras en el Mundo

Fuente: PROECUADOR. (27 de 10 de 2014). *CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>

1.5 DEMANDA ACTUAL DEL PRODUCTO

La demanda nacional del producto alcanza 1'500.000 sacos, pero Ecuador no produce más allá de 400.000; en su mejor momento, Ecuador llegó a producir alrededor de \$ 500 millones en café.

El 2013 se exportaron 1'261.690,96 sacos de café, a un monto total de \$ 218'070.535,46, pero se calcula que apenas el 30% de este producto es ecuatoriano y, lo que resulta más preocupante, es que de ese porcentaje el 10% correspondería a las variedades especiales, tanto de arábigo como de robusta.²³

1.6 ETAPAS DE PRODUCCION DE CAFÉ

1.6.1 RECOLECCIÓN DE CAFÉ CEREZA:

En esta etapa se cosechan únicamente los granos que alcanzan el estado de madurez completa, normalmente de color rojo o amarillo, ya que los verdes dañan el sabor de la taza de un café. Todo este proceso se desarrolla de forma manual.

²⁴

Los frutos deben de clasificarse por densidad previo al despulpado para separar frutos brocados, flotes e impurezas.²⁵

1.6.2 DESPULPADO:

Es la etapa inicial de la fase húmeda del proceso. Consiste en desprender la pulpa y parte del mucilago adherido a ella, enviándola a depósitos para su posterior disposición hacia el proceso de desmucilaginado.

El despulpado de café maduro de calidad, debe realizarse el mismo día de su recolección; no debe pasar más de 10 horas porque inicia un proceso de fermentación inadecuada.²⁶

²³ TELEGRAFO, E. (27 de 11 de 2014). *LA PRODUCCION LOCAL NO ABASTECE LA DEMANDA*.

Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/el-cafe-ecuatoriano-triplica-su-precio-en-el-mercado-europeo.html>

²⁴ PROEXPORTCOLOMBIA. (s.f.). *PROCESO DE PRODUCCION DEL CAFE COLOMBIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/recorridos-tematicos-por-colombia/cafe-colombiano/produccion-del-cafe-colombiano>

²⁵ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). *MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU*. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCTENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

Todo café debe ser despulpado el mismo día en que fue cortado, preferiblemente en un tiempo no mayor de 6 horas después de su recolección; si por alguna razón no es posible esto, para retardar el proceso de fermentación, el café debe de sumergirse en agua en un tiempo no mayor de 18 horas; si esto no es posible el café debe procesarse por la vía seca.²⁷

1.6.2.1 Características del grano después del Proceso de Despulpado

En el café baba los microorganismos provienen de diferentes fuentes como: suelo, aire, agua, vegetales, personas, animales, insectos, equipos, instalaciones y utensilios de beneficio. En el café despulpado se encuentran primordialmente levaduras y bacterias lácticas, además otro tipo de bacterias y algunos hongos.²⁸

En esta operación se quita la pulpa quedando el grano pergamino con mucilago, pero si se daña el pergamino, la almendra; este daño afectara a las siguientes fases del beneficiado, provocando problemas en el punto de fermento y secado, afectando de esta manera la calidad del café.²⁹

1.6.3 DESMUCILAGINADO

El desmucilaginado tiene el propósito de eliminar el mucilago que recubre el grano de café; se elimina éste con el fin de facilitar el secado de grano sin que se deteriore la calidad por efectos de “fermentos” y “sobre fermentos”; siendo un

²⁶ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

²⁷ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). *Beneficiado y Calidad del Café*. Honduras, islas de la Bahia.

²⁸ GLORIA, P. (2012). FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACION DEL CAFE. En F. N. CAFE, *PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTIFICA*. CALDAS, COLOMBIA.

²⁹ anacafe. (19 de 08 de 2014). *despulpado*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficiadoHumedo_Despulpado

proceso delicado ya que cualquier error ocasiona daños irreparables en la calidad del grano.³⁰

1.6.3.1 Características del grano para el Proceso de desmucilaginado

Los microorganismos presentes en el momento de desmucilaginar dependen de la población inicial en los frutos y granos despulpados, así como de las condiciones ambientales como la temperatura, CO₂, el pH, el potencial redox, la higiene, el tiempo transcurrido. El mucilago se fermenta en forma natural en las condiciones ambiente de las zonas cafetaleras que presenta temperatura de 12 a 34°C, a mayor temperatura del ambiente mayor cambio de humedad en el mucilago.³¹

1.6.3.2 Estudio del proceso de desmucilaginado.

1.6.3.2.1 Mucilago

El mucilago forma parte del fruto, está constituido en su mayoría por azúcares 50%, sustancias pécticas 33% , celulosas y cenizas 17%; que provocan una condición de hidrogel que dificulta el lavado del grano; el mucilago representa el 17 a 20% de peso del fruto fresco, es el responsable del 25% de la capacidad contaminante de la cereza.³²

1.6.3.2.2 Proceso de Desmucilaginado

El desmucilaginado tiene el propósito de eliminar el mucilago que recubre el grano de café; se elimina este con el fin de facilitar el secado de grano sin que se deteriore la calidad por efectos de “fermentos” y “sobre fermentos”³³. Es un

³⁰ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

³¹ GLORIA, P. (2012). FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACION DEL CAFE. En F. N. CAFE, *PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTIFICA* . CALDAS, COLOMBIA.

³² GLORIA, P. (2012). FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACION DEL CAFE. En F. N. CAFE, *PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTIFICA* . CALDAS, COLOMBIA.

³³ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). Beneficiado y Calidad del Café . Honduras, islas de la Bahia.

proceso delicado ya que cualquier error ocasiona daños irreparables en la calidad del grano. Existen varias formas de realizarlo:³⁴

1.6.3.2.3 Fermentación Natural:

Procedimiento de beneficiado o preparación del café verde basado en la eliminación del pegajoso mucílago mediante su fermentación y posterior eliminación mediante un lavado en una corriente de agua. En el sistema húmedo o lavado, las cerezas recién cogidas son rápidamente despojadas de su corteza y parte de pulpa por medio de máquinas. Una vez quitada la pulpa de la cereza se procede a un lavado de los granos con lo cual se seleccionan como no aptos los que flotan. Para eliminar completamente las pequeñas cantidades de mucílago que todavía permanezcan adheridas a los granos, se les somete a una operación en la que por fermentación las adherencias, estos queden completamente limpios. Esta fermentación se lleva a cabo dentro de grandes tanques de cemento y dura entre 24 y 48 horas, según la costumbre y el criterio del técnico que lo controle. Se vuelven a lavar de nuevo y una vez que el agua que circula en este lavado aparece perfectamente limpia, se sacan y se procede a secarlos, bien exponiéndolos al sol, o por medio de máquinas que efectúan esta operación con aire caliente. El sistema llamado Lavado se va haciendo más difícil de mantener por la gran cantidad de agua que necesita. Por cada kilogramo de café obtenido se utilizan unos 120 litros de agua, que se devuelve al río de donde procedía contaminada de residuos vegetales en descomposición. En muchos países cafeteros han prohibido los gobiernos los vertidos contaminantes, obligando a las plantas de beneficiado a equiparse de tecnología apropiada para la depuración de esta agua.³⁵

³⁴ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

³⁵ criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

Este proceso consiste básicamente en transformar el mucílago en una sustancia soluble en agua a través de la acción de microorganismos (hongos) y su posterior lavado.³⁶

Ventajas:

- No se necesita personal calificado para su implementación
- No queda restos de mucilago en la ranura el grano
- No requiere de energía
- Presenta mejor apariencia del pergamino.

Desventajas:

- Dificulta el lavado
- Consumo excesivo de agua más de 100 litros/kg.³⁷

1.6.3.2.4 Fermentación Química:

Se utiliza para acelerar la fermentación con adición de sustancias químicas tales como: Hidróxido de Calcio, Sulfato ferroso, Cloruro de calcio. Presenta la desventaja que requiere mayores cuidados en las disoluciones, en lavado y agua a tratar; así como la necesidad de personal especializado.³⁸

1.6.3.2.5 Desmucilaginado Mecánico:

Es una acción ejercida por un rotor que hace que los granos giren y se friccionen entre si hasta causar el desprendimiento del mucilago. En la parte externa del rotor se encuentra una lámina troquelada que permite la evacuación de la mezcla del mucilago y agua. El café ya lavado sale de la parte superior del

³⁶ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

³⁷ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). *Beneficiado y Calidad del Café* . Honduras, islas de la Bahia.

³⁸ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). *Beneficiado y Calidad del Café* . Honduras, islas de la Bahia.

desmucilagador, y el agua necesaria para el lavado se la agrega por medio de mangueras.

Este sistema es frecuente encontrarlo en sistemas compactos donde se combinan la despulpadora y el desmucilagador, pero requiere de otros accesorios como tolvas, área para recibo de café, canal clasificador, techos, etc.

A medida que se incrementa la velocidad de giro de un rotor dentro de una carcasa fija, se generan mayores tasas de desprendimiento del mucilago; pero si la velocidad es muy alta los granos tienden alinearse en la dirección tangencial por lo que disminuye la tasa de remoción de desmucilagado.³⁹

Por lo tanto, para un determinado rotor y carcasa, la tasa de desmucilagado es afectada por:

La Velocidad de giro del Rotor	El Diámetro, la forma y el tipo de rotor
La relación entre el diámetro del rotor y el de la carcasa	Debido a la viscosidad aparente de la suspensión, esta depende de la concentración de granos y de la tasa de corte

Tabla 1. 3 Factores de Tasa de Desmucilagado

Fuente: S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

Requiere de un secado inmediato lo que condiciona invertir en equipos e infraestructura de secado, de no poseer estos los residuos del mucilago en la

³⁹ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). Beneficiado y Calidad del Café . Honduras, islas de la Bahía.

ranura del grano reinician el proceso de fermentación lo que afecta la calidad del café procesado.⁴⁰

Ventajas y desventajas del desmucilagador mecánico:

Ventajas	Desventajas
Se realiza el proceso en forma continua	Deja residuos de mucilago en la ranura de grano
Se puede procesar grandes cantidades de café en menor tiempo	Se requiere equipo de secado para evitar el sobre fermento
Con sistema de recirculación se reduce aún más el consumo de agua	Requiere de personal capacitado para su manejo
El mucilago se recupera prácticamente puro para su posible posterior utilización (miel de café)	Presencia de excesiva película plateada en el café oro
Con secado inmediato se puede obtener un rendimiento del 98%	Mayor consumo de energía
Requiere de menor área en comparación a las pilas de fermentación	Mayor inversión inicial

Tabla 1. 4 Ventajas y Desventajas del Desmucilagado Mecánico

Fuente: S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

⁴⁰ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.

1.6.3.3 Tipos de Máquinas Desmucilagadoras Presentes en el Mercado.

1.6.3.3.1 Desmucilagadora Vertical con Transporte por Gravedad



Fig 1. 4 Desmucilagadora Vertical PA-DELVA 7.6

Fuente: ALVES, P. Y. (27 de 08 de 2014). PA-DELVA. Obtenido de

<http://www.palinalves.com.br/equipamento-es.php?equip=43&produto=PA-DELVA/7.6>

Remueve mecánicamente el mucílago del café despulpado, con un mínimo de agua en el proceso, disminuyendo los efectos de contaminación del agua, sin necesidad de obra civil para la instalación.⁴¹

El desmucilagador-elevador-lavador-vertical-ascendente Delva recibe por gravedad el café despulpado y con solamente un litro de agua por kilo de café pergamino seco desprende el mucílago por fricción. El Delva está constituido por cuatro etapas que trabajan en forma simultánea y progresiva en posición vertical para aprovechar la fuerza de gravedad:

La primera etapa, la de alimentación: el café llega por gravedad a la boca de la carcasa, al girar el rotor introduce a presión el café con el transportador de la rosca que tiene en la parte inferior.

⁴¹ ALVES, P. Y. (27 de 08 de 2014). PA-DELVA. Obtenido de

<http://www.palinalves.com.br/equipamento-es.php?equip=43&produto=PA-DELVA/7.6>

La segunda etapa, es la de demucilaginado y separación de impurezas: el rotor tiene en su parte media unos dedos de acero, los cuales coinciden con la posición de la canasta de forma poligonal, al girar el rotor estos dedos friccionan los granos entre sí obligando al mucílago y las impurezas a desprenderse.

La tercera etapa, la de lavado: el rotor en su parte superior, cuyo eje es tubular, posee unos agujeros en los cuales sale agua a presión para lavar los granos de café que han sido demucilaginados. El agua es suministrada por una bomba centrífuga, la cual debe estar en un nivel superior.

La cuarta etapa, la de graduación del desprendimiento del mucílago: Al subir y bajar el transportador de rosca graduable, ubicado en la parte superior del rotor, permite una graduación del desprendimiento de mucílago. Esta máquina es fabricada en Colombia por la firma Penagos.⁴²

1.6.3.3.2 Desmucilaginadora Tipo Elmu



Fig 1. 5 *Desmucilaginadora Tipo Elmu*

Fuente: ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

⁴² ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

Es una máquina de funcionamiento continuo, construida y experimentada en El Salvador y posteriormente en Costa Rica con algunas modificaciones. Básicamente, consiste en una batidora cilíndrica vertical con barras fijas y un eje con barras que giran a 530 r.p.m., impulsadas por un motor de 11 kw. El café avanza hacia la salida inferior por gravedad a través de 3 compartimientos. Está construida totalmente de acero inoxidable. En Costa Rica se aumentó a 4 el número de compartimientos y se busca dotarlas de un sistema de apertura para limpieza y reparaciones.⁴³

1.6.3.3.3 Desmucilagadora Continua de Flujo Ascendente



Fig 1. 6 Desmucilagadora Continua de Flujo Ascendente

Fuente: ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

Con estas máquinas un alto porcentaje de mucilago es desprendido en los primeros segundos de agitación, originándose suspensiones altamente viscosas de granos de café-mucilago. El café fluye en dirección vertical ascendente y las mieles desprendidas son expulsadas a través de las aberturas colocadas en

⁴³ ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

dirección tangencial, a medida que el producto avanza hacia la salida localizada en la parte superior.

El uso de estas desmucilagadoras permite reducir significativamente la utilización de agua en el beneficio de café, disminuir el área de construcción de beneficios y posibilita la industrialización del mucílago sin afectar significativamente la calidad física y organoléptica del grano.⁴⁴

1.6.3.3.4 Desmucilagadora de Cepillo

En 1994 el Ingeniero Mecánico Aclolfo Barrios, diseñó un prototipo para eliminar mecánicamente y de forma continua el mucílago del café. Consistía en un cilindro totalmente hermético, un eje principal, tornillo "sin fin" transportador, un cepillo de fibra plástica, tolva de recepción, motor eléctrico trifásico de 3 hp. Se utilizaron materiales poco comunes en la agroindustria del café, como plásticos y madera, combinándolos con materiales metálicos que sirvieran de base. El funcionamiento consistía en alimentar de café despulpado la tolva de recepción; el tornillo "sin fin" rotando a una velocidad de 95 r.p.m. introducía el grano al cilindro, siendo distribuido de manera uniforme por un embudo acoplado al eje. El grano era sometido a un efecto de fricción y limpieza, a través del cepillo y la lámina perforada del cilindro, eliminando la miel de manera continua. El cilindro puede inclinarse para variar el tiempo de retención del café dentro del mismo.⁴⁵

1.6.4. LAVADO:

Tiene como objetivo principal separar el mucilago del grano, lo cual debe hacerse en el punto óptimo de fermentación; este proceso se realiza en una pila de fermentación, donde se agita con unas paletas hasta que quede libre del mucilago y también se aprovecha para eliminar el resto de pulpa y pergamino flotante. Es necesario hacer 4 lavados a cada partida de café; en el primero, segundo y tercer

⁴⁴ ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

⁴⁵ ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago

enjuague, la lámina de agua sobre la masa de café no debe ser mayor a 5 cm, enviándose el agua a las lagunas del tratamiento; en el cuarto se separan los flotes y la pulpa. Con este sistema es posible lograr un pergamino libre de mucilago y de impurezas con un consumo máximo de agua de 120 lt/qq oro.⁴⁶

Con agua limpia se retiran los restos de mucilago que quedan en el grano y se eliminan los azúcares.⁴⁷

1.6.5 SECADO:

Luego del proceso húmedo a que se somete el café en el cual adquiere una cantidad de humedad hasta el 55%, lo que quiere decir que el 45% es grano y el resto es agua. En estas condiciones la calidad puede deteriorarse pues puede darse la sobre fermentación, también puede ser atacado por microorganismos y hongos que al igual dañan la calidad por esta razón el café debe someterse al secado de manera inmediata.

El agua retenida en los granos y en la superficie del pergamino es removida por la acción del secado superficial muy rápido, si el contenido es del 48%; este proceso es llamado OREADO y la remoción de grandes cantidades de agua el PRESECADO. El oreado y pre secado depende de las condiciones externas del grano es decir de las condiciones del aire de secado tales como: caudal empleado, temperatura, humedad relativa.

A partir de este momento las condiciones de secado están determinadas por la humedad dentro del grano. Esta fase es conocida propiamente como SECADO y se caracteriza por ser más difícil la remoción de la humedad.⁴⁸

⁴⁶ Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). Beneficiado y Calidad del Café . Honduras, islas de la Bahía.

⁴⁷ PROEXPORTCOLOMBIA. (s.f.). *PROCESO DE PRODUCCION DEL CAFE COLOMBIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/recorridos-tematicos-por-colombia/cafe-colombiano/produccion-del-cafe-colombiano>

⁴⁸ S.R.L., E. C. (MAYO 2010). MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR*

Un método es exponer los granos al calor del sol para que el grado de humedad disminuya, facilitando su conservación. El grano seco se empaca en sacos limpios hechos en fique facilitando su traslado. Más adelante, se retira la cáscara que cubre el grano, llamada pergamino.⁴⁹

1.6.6 TOSTADO:

Es cuando el grano verde es sometido a una fuente de calor, generando el delicioso aroma y sabor.⁵⁰

El tueste del café consiste en elevar su temperatura hasta los 220°C o algo más y es conveniente que este proceso tarde alrededor de los 18/20 minutos. Durante el tueste el café pierde del 18 al 22% de su peso, su volumen aumenta en un 60% aproximadamente. También su color pasa de verde amarillento a marrón oscuro. Los azúcares y los ácidos disminuyen. Aumenta la trigonelina y las grasas. El café es rotado constantemente dentro del cilindro para realizar un tueste parejo, hasta que se alcance el color y brillo deseado; después de esto son llevados a otro sitio para enfriarlos; una vez enfriado se lleva a la sala de catación donde se asegura que cumpla con los respectivos estándares de calidad.⁵¹

Existen tres sistemas en el tostador: fuego indirecto, por aire y en lecho fluido. El fuego indirecto es el más antiguo y consiste en introducir el café verde en un recipiente cilíndrico o esférico que se sitúa sobre un foco de calor, sometiéndolo a un movimiento de giro para que todos los granos se tuesten uniformemente. El tueste por aire caliente se realiza en el interior de un cilindro que gira y que es

CONDUCTENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA. SAN MARCOS DE TARRAZU.

⁴⁹ PROEXPORTCOLOMBIA. (s.f.). *PROCESO DE PRODUCCION DEL CAFE COLOMBIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/recorridos-tematicos-por-colombia/cafe-colombiano/produccion-del-cafe-colombiano>

⁵⁰ PROEXPORTCOLOMBIA. (s.f.). *PROCESO DE PRODUCCION DEL CAFE COLOMBIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/recorridos-tematicos-por-colombia/cafe-colombiano/produccion-del-cafe-colombiano>

⁵¹ Britt. (s.f.). *¿porque y como se tuesta el cafe?* Recuperado el 01 de 08 de 2014, de <http://www.cafebritt.com/sabias-porque-y-como-se-tuesta-el-cafe>

atravesado por una corriente de aire muy caliente pero sin que haya contacto del grano de café con una superficie caliente. El tueste en lecho fluido se realiza cuando una corriente de aire a alta temperatura mantiene el grano de café en movimiento consiguiendo tostarlo en muy escaso tiempo.⁵²

1.7 INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (LAYOUT DE PLANTA).

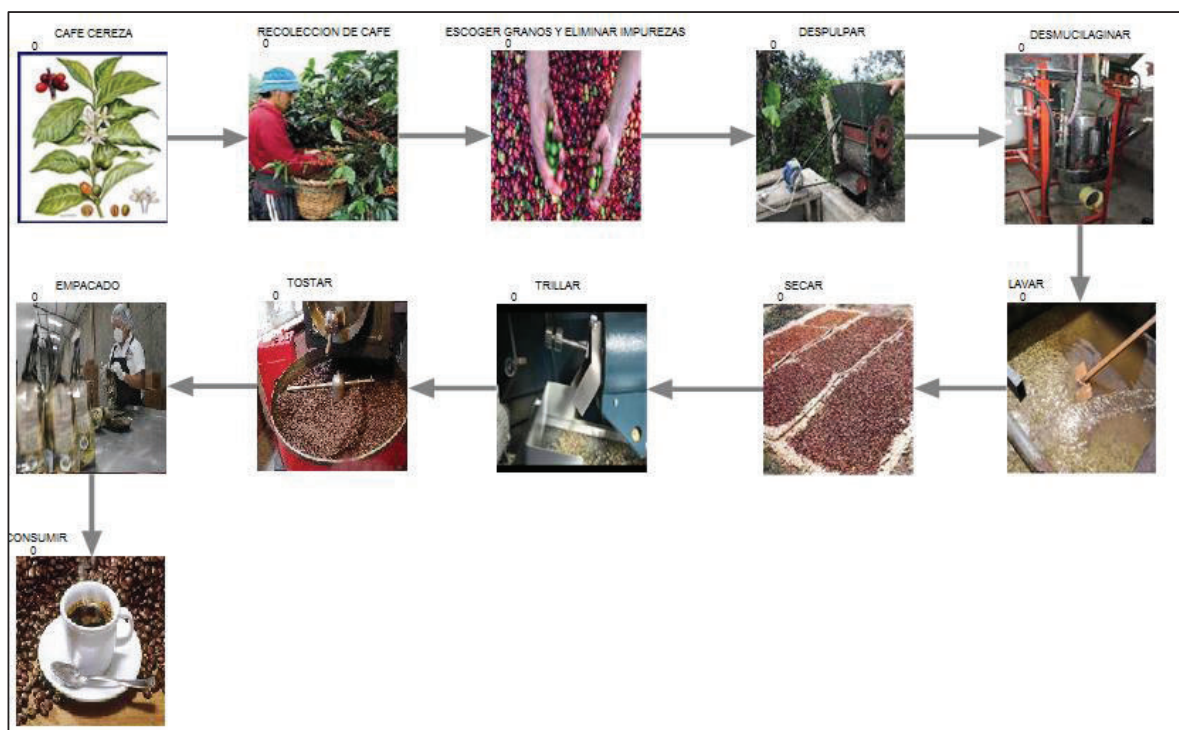


Fig 1. 7 Infraestructura Básica para la Producción de Café

Fuente: Propia

⁵² criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. UTILIZACIÓN DE ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA.

2.1.1 TECNOLOGIA DE LA MÁQUINA

Para desmucilaginar se utiliza un agitador mecánico ubicado concéntricamente en una canasta o carcasa; en el equipo se presentan esfuerzos cortantes y de cizallamiento en la superficie de los granos del café, los cuales ocasionan el desprendimiento del mucilago gradualmente, bajo el campo de flujo generado en las direcciones radial, tangencial y axial; los granos también colisionan entre sí, contra el rotor y la carcasa haciendo intercambio de cantidad de movimiento, provocando esfuerzos cortantes y de compresión ayudando también al desprendimiento.

En este equipo la velocidad en la dirección tangencial es superior a la axial y radial.

$$v_{\theta\max} = 2\pi n R_e \quad \text{Ec. (2. 1)}$$

Dónde:

v_{θ} : Velocidad tangencial (m/s)

R_e : Radio externo del alabe (m)

n : Frecuencia de giro (1/s)

A medida que los granos se alejan del extremo de los alabes y se aproximan a la superficie del eje, la velocidad tangencial disminuye, alcanzando valores de 0, y si los granos se acercan hacia la superficie de la criba los granos giran a velocidad tangencial relativamente altas; de acuerdo a la teoría de capa limite. Como se observa en la figura **Fig 2.1**

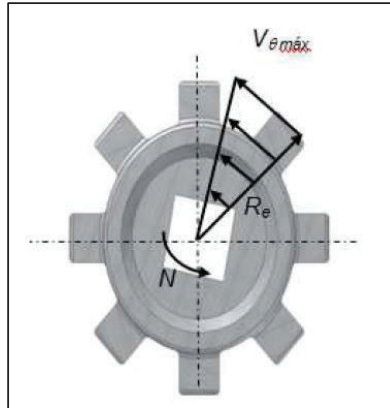


Fig 2. 1 Velocidad Tangencial Máxima en un alabe de un Agitador

Fuente: Oliveros C; Alvarez F; Montoya E. (1997). Rotor Colmecano. *Metodología para el escalamiento de agitadores mecánicos utilizados en procesos con fluidos no newtonianos*, pag 39

La velocidad axial es generada por la sección de hélice de tornillo sin fin que se encuentra en la parte inferior del eje que permite el ascenso del café. Como se observa en la figura **Fig 2.2**. La velocidad axial está dada por el rotor:

$$v_i = pn \quad \text{Ec (2. 2)}$$

Donde:

v_i : Velocidad de avance lineal (m/s)

p : Paso del tornillo sin fin (m)

n : Frecuencia de giro (1/s)

La velocidad de giro tiene gran influencia en la tasa de desmucilaginado, por los valores de esfuerzos cortantes actuando sobre la superficie de los granos y las colisiones entre estos. Sin embargo al aumentar la velocidad también aumenta la potencia necesaria para operar el equipo y al aumentar la velocidad del giro del rotor, los granos tienden a linearse en la dirección tangencial, reduciendo la tasa de remoción de mucilago.

$$P = T\omega \quad \text{Ec (2. 3)}$$

Donde:

P : Potencia (W)

T : Par de torsión (Nm)

ω : Velocidad angular (rad/s)

La potencia necesaria para accionar el rotor se puede estimar considerando la potencia para girar los agitadores (P_a) y la potencia para impulsar los granos de café a través del espacio libre entre los alabes y la superficie interior de la criba (P_i)

$$P_r = P_a + P_i \quad \text{Ec (2. 4)}$$

Dónde:

P_r : Potencia para accionar el rotor

P_a : Potencia para girar los agitadores

P_i : Potencia para impulsar el café a través del espacio libre entra los alabes de rotor y la superficie interior de la canasta

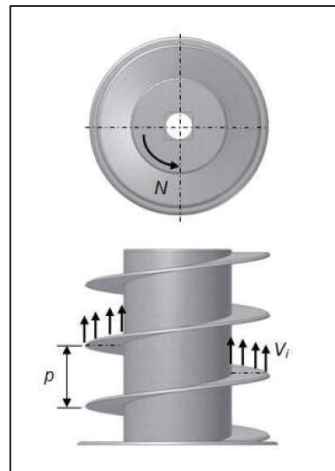


Fig 2. 2 Velocidad de avance lineal del material a lo largo de la hélice

Fuente: Martin. (s.f.). Transportadores helicoidales-Elevador Helicoidal Estandar. *Manejo de materiales a Granel*, H-158.

La potencia para girar los agitadores P_a depende principalmente de la geometría y dimensiones de los alabes, su coeficiente de arrastre hidrodinámico (C_D), el número de alabes, número de agitadores, los esfuerzos cortantes que actúan en

la superficie de los alabes, la viscosidad aparente de la suspensión a la tasa de cortante correspondiente a la velocidad de giro de rotor.

La potencia requerida para impulsar la masa de café a través del espacio definido entre los extremos de los alabes y la superficie interna de la criba (P_i) depende: Principalmente del flujo másico generado por el tramo de hélice colocado en la parte inferior, al área a la cual fluye el café, que depende del diámetro de los agitadores y el diámetro y altura de la criba, la fricción del material con las paredes internas del rotor y la criba; y por último también depende del agua utilizada para el lavado por su efecto sobre la viscosidad aparente de la suspensión

En la **Tabla A.1** se muestra las dimensiones y capacidades de los equipos DESLIM utilizados para el desmucilaginado del café.

2.1.2 TOLVA DE ALIMENTACION

2.1.2.1 Criterios⁵³ (Alvarez R; Calderon N, 2011)

Para el diseño de sistemas de transporte o almacenamiento de materiales a granel es necesario determinar las propiedades físicas del material, como son: los coeficientes de fricción entre los granos y los depósitos de almacenamiento, la densidad aparente y el ángulo natural de reposo

El material almacenado genera una presión interna sobre las paredes del tanque provocando esfuerzos de tracción que podrían debilitar sus paredes hasta llevarlo a la falla por deformación plástica o por rotura

Para el diseño es necesario considerar dos aspectos fundamentales: el flujo de vaciado o fluidez de los granos en el depósito y las presiones generadas por el material almacenado sobre las paredes del depósito

⁵³ Alvarez R; Calderon N. (2011). *Diseño, construcción y pruebas de un prototipo automatizado para dosificación y mezclado de 4 componentes, 3 de ellos a granel y uno a líquido obteniendo una mezcla hasta 15 kg/h para el laboratorio de automatización industrial.* Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.

Los granos de café con mucilago se comportan como una suspensión que se adhiere a las paredes del depósito impidiendo el flujo continuo del material. En el flujo de vaciado existen dos factores importantes: la iniciación del flujo y el mantenimiento del flujo continuo; para obtener un flujo de vaciado continuo se requiere de una pendiente pronunciada entre la pared de la tolva de descarga y la horizontal, además de un material que se deslice fácilmente

Como se observa en la figura **Fig 2. 3**: En una tolva de 60° de pendiente, todo el material almacenado está en movimiento; la velocidades más altas se presentan en el centro de la corriente disminuyendo hacia las paredes de la tolva y la corriente de flujo converge en la boca de salida produciendo un flujo másico mayor y más uniforme⁵⁴ (Peru, 2014)

La tolva se construye con un factor de diseño del 50% al 70% del volumen requerido para el almacenamiento del café.⁵⁵ (Castaño & Suarez, 2010)

En la **Tabla A.2** se presentan las propiedades físicas del café

2.1.2.2 Dimensiones de tolva de alimentación⁵⁶ (Barcelona, 1992)

El volumen del tanque de almacenamiento está dado por: el volumen del cono truncado y el volumen del cilindro

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec (2. 5)}$$

⁵⁴ <http://es.slideshare.net/alanmecanica/diseo-de-un-silo-estructura-metalica>

⁵⁵ Castaño, A., & Suarez, S. (2010). *cartilla tecnica para el dimensionamiento de beneficiadores de cafe y sistema de secado*. Caldas-Antioquia.

⁵⁶ Barcelona, E. T. (1992). *Diseño de un cilo cilindrico para el almacenamiento de productos granulares*. Barcelona: ETSEIB.

Dónde:

V : Volumen total [m^3]

m : Masa [kg]

ρ : Densidad [kg/m^3]

2.1.2.2.1 Volumen del cono truncado:

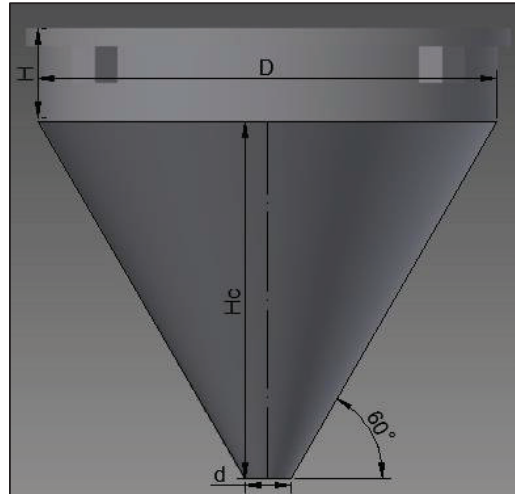


Fig 2. 3 Dimensiones de la Tolva de Alimentación

Fuente: Propia

$$V_{\text{conotruncado}} = \frac{\pi}{3} Hc(R^2 + r^2 + R.r) \quad \text{Ec (2. 6)}$$

$$Hc = \frac{R - r}{\tan(30^\circ)} \quad \text{Ec (2. 7)}$$

Donde:

$D = 2R$: Diámetro mayor

$d = 2r$: Diámetro menor

2.1.2.2.2 Área superficial de un cono Truncado:

$$A_t = \pi[g \cdot (R+r) + R^2 + r^2] \quad \text{Ec (2. 8)}$$

$$g = \sqrt{Hc^2 + (R-r)^2} \quad \text{Ec (2. 9)}$$

Donde:

g : Generatriz

2.1.2.2.3 Volumen del cilindro

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot H \quad \text{Ec (2. 10)}$$

Donde:

H : Altura del cilindro

2.1.2.2.4 Volumen Total

Por lo tanto el volumen total es:

$$V_{total} = V_{cilindro} + V_{tolva} \quad \text{Ec (2. 11)}$$

En correspondencia:

$$m_{almacenamiento} = m_{cono} + m_{cilindro} \quad \text{Ec (2. 12)}$$

2.1.2.3 Diseño de las paredes de la tolva de almacenamiento

Para el diseño de las paredes del tanque de almacenamiento de café con mucilago, se considera como un depósito de pared delgada; las cargas a considerarse son las producidas por el peso del tanque y los elementos de fijación (carga muerta) y la carga producida por el peso del material almacenado (carga viva).

Para determinar el espesor de la pared del recipiente se debe determinar la presión uniformemente distribuida en el interior del tanque es decir la presión lateral, y para el diseño de columnas que soporta el recipiente se debe determinar la presión sobre el fondo que genera el material almacenado

2.1.2.3.1 Diseño de las paredes del cilindro

En éste se considerará el método de M. Reimbert y A. Reimbert que toma en cuenta las sobrepresiones debido al flujo de vaciado y almacenamiento de materiales cohesivos; en este método se plantea la relación entre las presiones laterales y las presiones sobre el fondo del depósito.

La presión lateral sobre la pared del tanque cilíndrico a una altura z del borde superior del tanque, está dada por la siguiente expresión:

$$P_z = P_{\max} \left[1 - \left(\frac{z}{A} + 1 \right)^{-2} \right] \quad \text{Ec (2. 13)}$$

Donde:

P_z : Presión lateral a la profundidad Z [Pa]

P_{\max} : Presión lateral máxima [Pa]

$$P_{\max} = \frac{\gamma D}{4 \tan(\varphi')} = \frac{\gamma R h}{\tan(\varphi')} \quad \text{Ec (2. 14)}$$

Siendo:

γ : Densidad aparente del material [kg/m^3]

D : diámetro interno de la sección del tanque cilíndrico [m]

φ' : Angulo de fricción del material con la pared del tanque [°]

Rh : Radio hidráulico medio [m]

$$Rh = \frac{D}{4} \quad \text{Ec (2. 15)}$$

z : Altura total desde el borde superior del tanque [m]

A : Abscisa característica para un tanque cilíndrico [m]

$$A = \frac{Rh}{\tan(\varphi') \cdot \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{2}\right)} - \frac{h}{3} \quad \text{Ec (2. 16)}$$

h : Altura del cono del material almacenado [m]

$$h = \frac{D}{2} \tan(\varphi_0) \quad \text{Ec (2. 17)}$$

φ_0 : Angulo mínimo de fricción interna del material (ángulo natural de reposo)

La presión vertical sobre el fondo del tanque cilíndrico, a una altura z desde el borde superior está dada por la siguiente expresión:

$$q_z = \gamma \left[z \left(\frac{z}{A} + 1 \right)^{-1} + \frac{h}{3} \right] \quad \text{Ec (2. 18)}$$

Donde:

q_z : Presión vertical sobre el fondo a la altura z [kg/m^2]

2.1.2.3.2 Espesor del Cilindro de almacenamiento del café con mucilago

Ya que se considera como un recipiente de pared delgada bajo presión uniforme; el cálculo del espesor de las paredes se realiza conociendo en valor de diámetro del cilindro, las propiedades mecánicas del material de construcción del tanque y la presión lateral. El espesor del tanque está dada por la siguiente expresión:

$$t = \frac{N \cdot P_z \cdot D}{2S_y} \quad \text{Ec (2. 19)}$$

Donde:

P_z : Presión uniforme en el interior del tanque [Pa]

D : Diámetro del tanque [m]

t : Espesor de la pared del tanque [m]

S_y : Resistencia a la fluencia [Pa]

N : factor de seguridad

Sin embargo, debido al método de unión de las partes, en este caso se introduce un factor llamado coeficiente de seguridad de soldadura n_s , en la **Tabla A.3** se encuentran los valores de coeficiente de seguridad mínimo recomendado para los distintos tipos de soldaduras

Por lo tanto, se halla el espesor necesario de la pared del tanque por medio de la expresión

$$t = \frac{N \cdot P_z \cdot D}{2S_y \cdot n_s} \quad \text{Ec (2. 20)}$$

2.1.2.3.3. Diseño de las paredes de la tolva

En la parte inferior de la tolva de alimentación tiene forma de cono truncado, esta debe soportar varias cargas, que son: presión vertical por el peso almacenado, el peso del material almacenado en el interior, el peso del tanque y el peso de los elementos de fijación.

Para determinar la presión lateral y vertical que el material almacenado ejerce sobre las paredes de la tolva, se define una altura efectiva Z_i aplicada en el centroide del triángulo que forma la vertical con la cara de la pared de la tolva como se muestra en la figura **Fig 2.4**

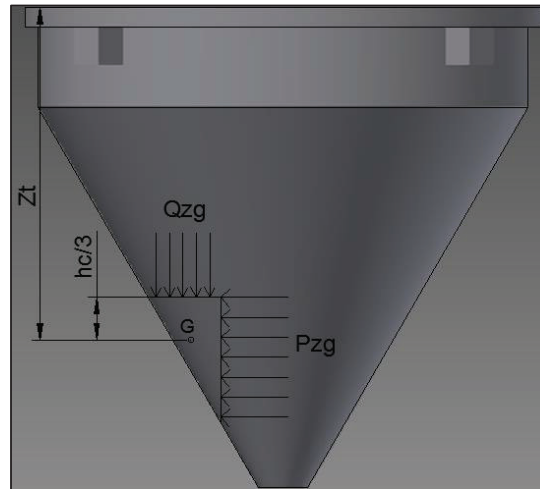


Fig 2. 4 Presiones generadas por el material almacenado sobre las paredes del cono truncado

Fuente: Propia

$$z_i = z + \frac{hc}{3} \quad \text{Ec (2. 21)}$$

Donde:

z_i : Altura efectiva [m]

z : Altura del material almacenado por encima de la tolva [m]

h_c : Altura del cono truncado que forma la tolva [m]

La presión debido al material almacenado sobre una sección cono truncado unitario se divide en dos componentes

La presión lateral sobre la pared de la tolva en [KPa] es:

$$PZ_t = PZ_g \text{sen}(\lambda) \quad \text{Ec (2. 22)}$$

La presión vertical sobre una sección de la pared del cono truncado en [KPa] es:

$$qz_t = qz_g \text{cos}(\lambda) \quad \text{Ec (2. 23)}$$

Donde:

λ : Ángulo que forma la horizontal con la pared de la tolva [°]

La resultante es:

$$R = \sqrt{Pz_t^2 + qz_t^2} \quad \text{Ec (2. 24)}$$

El ángulo que la resultante de la presión lateral y presión vertical forma con la tolva es:

$$\theta = 90^\circ - \lambda + \alpha \quad \text{Ec (2. 25)}$$

Siendo:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{Pz_t}{qz_t}\right) \quad \text{Ec (2. 26)}$$

La resultante de la presión lateral y vertical sobre la tolva se descompone en dos esfuerzos como se puede observar en la figura **Fig 2.5**



Fig 2. 5 Resultantes de las fuerzas del material almacenado por encima del cono truncado

Fuente: Propia

$$\begin{aligned} R_N &= R \cos(\epsilon) \\ R_T &= R \sin(\epsilon) \end{aligned} \quad \text{Ec (2. 27)}$$

Donde:

$$\epsilon = \lambda - \alpha \quad \text{Ec (2. 28)}$$

R_N : Esfuerzo perpendicular a la tolva que produce tracción [KPa]

R_T : Esfuerzo tangente a la pared de la tolva que produce esfuerzos de compresión [KPa]

El peso del material almacenado en la tolva, el peso del tanque y de los elementos de sujeción viene dado por:

$$W = m_{\text{almacenamiento}} * \text{gravedad} \quad \text{Ec (2. 29)}$$

La presión vertical generada por este peso está dada:

$$P = \frac{W}{A_t} \quad \text{Ec (2. 30)}$$

Donde:

A_t : Área superficial de tolva [m^2]

La presión vertical se descompone en perpendicular y tangencial a la pared del cono truncado como se observa en la figura **Fig 2.6**

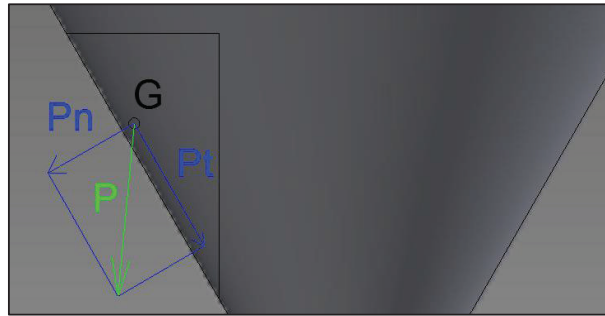


Fig 2. 6 Presión del material almacenado y elementos de sujeción

Fuente: Propia

Con los siguientes valores:

$$\begin{aligned} P_N &= P \cos(\lambda) \\ P_t &= P \operatorname{sen}(\lambda) \end{aligned} \quad \text{Ec (2. 31)}$$

Donde:

P_N . Esfuerzo perpendicular a la tolva [Pa]

P_t . Esfuerzo tangencial a la tolva [Pa]

Determinando los esfuerzos perpendiculares que actúan sobre el cono truncado que genera esfuerzos de tracción se halla el espesor con la siguiente expresión:

$$t_t = \frac{N * (P_N + R_N) * D}{2 * S_y * \cos(\lambda) * n_s} \quad \text{Ec (2. 32)}$$

Donde:

t_t : Espesor de la tolva [mm]

D : Diámetro mayor del cono truncado [m]

S_y : Esfuerzo de fluencia

λ : Ángulo que forma la pared de la tolva con la horizontal

n_s : Coeficiente de seguridad de soldadura

N : Factor de seguridad

2.1.3 TRANSMISION MECANICA POR CORREA TRAPEZOIDAL⁵⁷

2.1.3.1 Criterios

Se desea mover y transmitir potencia al eje central, agitadores, limpiadores y el alimentador tornillo sin fin; todos estos deben estar bajo solo una fuente de potencia

El flujo másico de café con mucilago es de 500 kg/h, el consumo de agua esperado es de 1 lt/kg y la fuente de potencia es un motor trifásico jaula de ardilla

2.1.3.2 Potencia Transmitida

Se tendrá que calcular la potencia de diseño o total de la potencia transmitida, se inicia con la potencia que desarrolla el motor conductor (P), pero ese valor quedara afectado por un coeficiente corrector que depende de varios factores que son:

- Tipo de motor conductor que se utilice para realizar la transmisión
- Tipo de máquina conducida que se vaya a accionar
- Horas de servicio por día

De esta manera la potencia corregida o teórica P_c es la que se usa en el diseño, es dada por la siguiente expresión:

$$P_c = P.K \quad \text{Ec (2. 33)}$$

Donde:

K es el factor de corrección de la potencia que se encuentra en la **Tabla A.4**

Cuando en lugar de la potencia del motor de accionamiento, se dispone de un par de motor T en este caso se calcula por:

$$P = \frac{nT}{973,8} \quad \text{Ec (2. 34)}$$

⁵⁷ <http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion41>

Donde:

P : es la potencia transmitida [KW]

n : Revoluciones por minuto [rpm]

T : Par motor en [$kgf \cdot m$]

2.1.3.3 Selección del tipo de correa

Para la selección del tipo de correa existen gráficas en función de la potencia a transmitir y de las revoluciones de giro de la polea menor. Estas graficas dependen del fabricante y se muestra en la siguiente figura **Fig A.1**

2.1.3.4 Relación de transmisión

Esta se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad \text{Ec (2. 35)}$$

Donde:

R : Relación de transmisión

N : Son las revoluciones por minuto de la polea motriz

n : Son las revoluciones por minuto de la polea conducida

D : Diámetro de la polea conducida

d : Diámetro de la polea motriz

2.1.3.5 Diámetro de poleas

Por lo general se parte del conocimiento de alguna polea, y el diámetro de la polea menor se elige siempre mayor al mínimo requerido para cada sección, utilizando la **Tabla A.5**

2.1.3.6 Distancia entre ejes

La distancia entre ejes mínima se puede obtener a partir de las siguientes expresiones:

- Si la relación de transmisión está entre 1 y 3

$$E \geq \frac{(R+1) \cdot d}{2} + d \quad \text{Ec (2. 36)}$$

- Si la relación de transmisión es mayor a 3

$$E \geq D \quad \text{Ec (2. 37)}$$

Donde:

E : Distancia entre ejes de poleas

R : Relación de transmisión

d : Diámetro polea motriz

D : Diámetro polea conducida

2.1.3.7 Longitud de correa

La longitud primitiva de la correa se calcula mediante la expresión:

$$L_p = 2E + \frac{\pi}{2}(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4E} \quad \text{Ec (2. 38)}$$

Sin embargo existen longitudes normalizadas, que no coincidirán con la longitud calculada, por eso habrá que elegir la longitud más próxima al valor calculado.

Posteriormente se determina un factor de corrección del largo de la correa Fcl , esto es debido a que la longitud escogida es diferente al valor calculado; es decir si la longitud obtenida es mayor que la longitud base, se pondrá un $Fcl > 1$, esto se debe a que a mayor longitud de correa menor número de flexiones a cada sección, y por tanto la duración.

Por lo contrario, si la longitud calculada es inferior a la del fabricante, se aplicara un $Fcl < 1$

2.1.3.8 Arco de Contacto

La polea que determina en el diseño y en la duración de la vida útil será la de menor diámetro, por esto es necesario el conocer el ángulo de contacto sobre esta, mediante la expresión:

$$A = 180 - 57 \frac{(D-d)}{E} \quad \text{Ec (2. 39)}$$

Donde:

A : Ángulo de contacto de la polea menor [$^{\circ}$]

E : Distancia entre ejes de poleas

D : Diámetro polea conducida

d : Diámetro polea motriz

El diseño óptimo será cuando el ángulo de contacto sea de 180° , pero el ángulo de contacto en la polea menor será inferior a 180° , por tanto hay que colocarle un coeficiente corrector del arco de contacto F_{cA}

2.1.3.9 Velocidad lineal de la correa

Se expresa mediante la siguiente expresión:

$$v_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000} \quad \text{Ec (2. 40)}$$

Donde:

v_t : Velocidad lineal o tangencial [m/s]

d : Diámetro de polea motriz [mm]

N : Revoluciones por minuto de polea motriz [rpm]

La velocidad lineal no debe sobrepasar los 30 [m/s], ya que la fuerza centrífuga podría desencajar de la ranura de la polea.

2.1.3.10 Potencia base

Para acceder a la potencia base o también llamado prestación base en tablas, habrá que entrar con las revoluciones por minuto [rpm] y el diámetro de la polea menor

2.1.3.11 Potencia efectiva por correa

Esta se calcula a partir de la potencia base y los correctores F_{cA} y F_{cl} . La expresión sería:

$$P_e = P_b * F_{cl} * F_{cA} \quad \text{Ec (2. 41)}$$

2.1.3.12 Cálculo Número de Correas

Se la obtiene mediante la expresión:

$$N^{\circ} \text{ de correas} = \frac{P_c}{P_e} \quad \text{Ec (2. 42)}$$

2.1.3.13 Factor de seguridad

El factor de seguridad es:

$$n_{fs} = \frac{P_e * N^{\circ} \text{ correas}}{P_c * K_s} \quad \text{Ec (2. 43)}$$

Donde:

n_{fs} : Factor de seguridad

K_s : Factor de servicio requerido

2.1.3.14 Tensión Estática mínima por poleas

Se la encuentra por la siguiente expresión:

$$T = \frac{500 * (2,02 - FcA) * P_c}{FcA * n^{\circ} \text{ correa} * v_t} + k * v_t^2 \quad \text{Ec (2. 44)}$$

Donde.

k : Coeficiente de corrección

2.5.3.15 Fuerza estática sobre el eje

$$S_a = 2 * T * \text{sen} \frac{A}{2} * n^{\circ} \text{ correas} \quad \text{Ec (2. 45)}$$

2.1.4 MÉTODO DE FIJACIÓN DE LAS POLEAS

Para la fijación de la polea al eje del rotor se emplea un asiento cónico que produce una moderada transmisión de par, con buena concentricidad de manera que disminuya las vibraciones y los esfuerzos de fatiga en el sistema, además, el cono permite un retiro fácil y la fuerza de sujeción es regulable.

2.1.4.1 Criterios.

Los parámetros de diseño para el asiento cónico son: ángulo de cono α , el diámetro mayor D y el ancho de la cara L ; para determinar el par de torsión que se puede transmitir en asiento cónico, se asume que el cono y el eje en la superficie de contacto están a presión uniforme

2.1.4.2 Diseño del alojamiento cónico

Se parte que la presión ejercida sobre la cara del cono es la presión máxima ($P = P_{\max}$) en todo el ancho, como se observa en la figura **Fig 2.7**; se considera un elemento diferencial encerrado por un círculo de radio r y $(r + dr)$. El área del

elemento diferencial es $dA = 2\pi r \left(\frac{dr}{\sin(\alpha)} \right)$

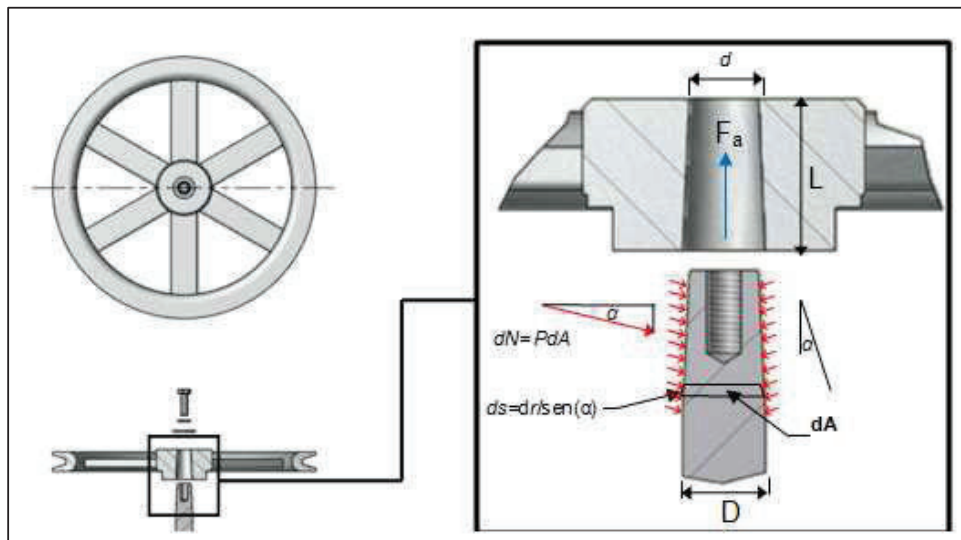


Fig 2. 7 Fuerzas en el asiento Cónico

Aplicando condiciones de equilibrio para el sistema, se tiene que la fuerza necesaria para mantener unidos los elementos; será la integral de la componente axial de la fuerza normal elemental $dN = PdA$:

$$\uparrow \sum F = 0$$

$$F_a = \int_{d/2}^{D/2} PdA \operatorname{sen}(\alpha) = \int_{d/2}^{D/2} P \left(\frac{2\pi r}{\operatorname{sen}(\alpha)} dr \right) \operatorname{sen}(\alpha) = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) P \quad \text{Ec (2. 46)}$$

La integral del momento diferencial es igual al producto de la fuerza elemental de fricción (μPdA) por el radio:

$$T = \int_{d/2}^{D/2} \mu PdA r = \int_{d/2}^{D/2} \mu P \left(\frac{2\pi r}{\operatorname{sen}(\alpha)} dr \right) r = \frac{\pi}{12 \operatorname{sen}(\alpha)} (D^3 - d^3) \mu P \quad \text{Ec (2. 47)}$$

Por tanto la fuerza axial es:

$$F_a = \frac{3 \operatorname{sen}(\alpha) \cdot (D^2 - d^2) T}{\mu (D^3 - d^3)} \quad \text{Ec (2. 48)}$$

Para lograr esta fuerza de adhesión se utiliza un tornillo y una arandela que permita la unión del eje y la polea. En la **Tabla A.6** se muestra los valores de conicidad más utilizados.

Para relacionar las dimensiones del cono se emplea la siguiente expresión:

$$D = d + 2L \cdot \tan(\alpha) \quad \text{Ec (2. 49)}$$

2.1.4.3 Cálculo de los pares de Torsión⁵⁸

La potencia en cada eje de transmisión es igual al producto entre el par de torsión que soporta y su velocidad angular:

$$P = T * 2\pi * n \quad \text{Ec (2. 50)}$$

Despejando T se tiene:

⁵⁸ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 96

$$T = \frac{P}{2\pi n} \quad \text{Ec (2. 51)}$$

Dónde:

T : Par de torsión [Nm]

P : Potencia [W]

n : Frecuencia de giro [rpm]

Para el eje que va a ser conducido se considera un factor de eficiencia debido a las pérdidas llamado n_a ; por lo tanto la ecuación anterior queda:

$$T = \frac{P}{2\pi n} * n_a \quad \text{Ec (2. 52)}$$

2.1.4.4 Cálculo diámetros previos de los arboles

Para el cálculo de los diámetros previos, solo se tendrá en cuenta el par de torsión, ya que hasta el momento no se conocen las fuerzas y los momentos flectores que actúan sobre los ejes.

El esfuerzo cortante máximo en un eje de sección circular macizo sometido a torsión está dado por:

$$\tau_{\max} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad \text{Ec (2. 53)}$$

Dónde:

τ_{\max} : Esfuerzo cortante máximo [MPa]

T : Par de torsión [Nm]

d : Diámetro eje de transmisión [m]

Aplicando la teoría de Von mises – Hencky, para materiales dúctiles uniformes considerando cortante puro la ecuación es:

$$\tau_{adm} = \frac{S_y}{\sqrt{3} * n} \quad \text{Ec (2. 54)}$$

S_y : Esfuerzo de fluencia de material [MPa]

n : Factor de seguridad

La fuerza de unión debe ser mayor, ya que al obtener la fuerza axial no se consideran las propiedades de los materiales y las fuerzas externas que puedan afectar el desempeño de la unión es decir considerar el par de torsión en la arrancada de la máquina

Cuando se realiza una mala instalación entre el eje y la polea en la unión por chaveta se presenta el problema de excentricidad, causando vibraciones altas o la desalineación de la polea con la correa como se puede observar en la figura **Fig 2.8**

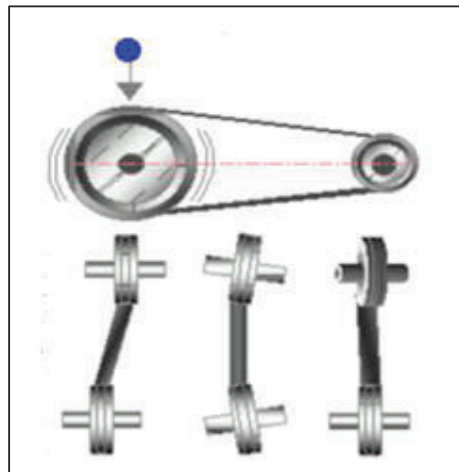


Fig 2. 8 Excentricidad y Desalineación Polea-Correa

Fuente: <http://www.vibratech.com.ve/texto/serviciosDiagnostico-vibraciones.htm>

La velocidad angular de trabajo de la correa está por debajo de la velocidad angular de giro del motor o de la máquina conducida; cuando las correas se encuentran desgastadas, flojas o desalineadas, normalmente estas son la causa

de vibraciones. La velocidad angular de la correa está dada por la siguiente expresión:

$$n_c = \frac{\pi * n_p * D_o}{L} \quad \text{Ec (2. 55)}$$

Donde:

n_c : Velocidad angular de la correa [*rpm*]

n_p : Velocidad angular de la polea [*rpm*]

D_o : Diámetro primitivo de la polea [*m*]

L : Longitud de la correa [*m*]

2.1.5 DISEÑO DE ARBOLES DE TRANSMISION

Los ejes de transmisión son usados para sostener piezas que giran en torno a ellos y soportan pares de torsión transmitiendo potencia

2.1.5.1 Metodología para el diseño de ejes de transmisión de potencia

El diseño de ejes de transmisión comprende:

- Selección de material
- Configuración Geométrica
- Verificación de la resistencia
 - Resistencia estática

El eje debe soportar las cargas normales del trabajo que en particular se trata de fuerzas tangenciales producidas por la oposición de la masa de café con mucilago en el interior de la cámara con el contacto de los agitadores, y la fuerza de fricción generada por el rozamiento entre la masa de café con la superficie de la cámara y las partes como agitadores, hélice, etc.

Sin embargo existe una gran fuerza axial en el interior del rotor la cual permite el ascenso del café por el interior del dispositivo, produciendo esfuerzo de compresión y de tracción en el eje del rotor. Además, se considera el peso de algunos elementos como los agitadores que se oponen a este movimiento vertical; de lo anterior se producen los siguientes esfuerzos:

Esfuerzos cortantes producidos por el par de torsión:⁵⁹

Los puntos con mayor esfuerzo cortante son los más alejados al eje neutro, este esfuerzo para una sección circular sólida está dada por:

$$S_s = \frac{Tc}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec (2. 56)}$$

Donde:

T : Par de torsión [Nm]

C : Distancia del eje neutro hasta los puntos de mayor esfuerzo [m]

J : Momento polar de inercia [m⁴]

d : Diámetro de la sección transversal [m]

Al someter a torsión un elemento de sección circular se presenta una deformación, una cara gira respecto a la otra un ángulo θ denominado ángulo de torsión; el cual está dado por la ecuación:

$$\theta = \frac{TL}{JG} \quad \text{Ec (2. 57)}$$

Donde:

L : Distancia entre secciones [m]

G : Módulo de rigidez del material [GPa]

En el caso para una sección rectangular sólida; el esfuerzo cortante máximo está dada por la siguiente expresión:

$$S_{S_{\max}} = \frac{T}{\alpha ab^2} \quad \text{Ec (2. 58)}$$

Donde:

T : Par de torsión [Nm]

⁵⁹ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 96

a : Longitud del lado mayor de la sección transversal rectangular [m]

b : Longitud del lado menor de la sección transversal rectangular [m]

α : Coeficiente que depende de la relación a/b

Para el esfuerzo cortante en la línea central de la cara angosta, el esfuerzo está dado por la siguiente ecuación:

$$S_{S_{\max}}' = \gamma S_{S_{\max}} \quad \text{Ec (2. 59)}$$

Donde:

γ : Coeficiente que depende de la relación a/b

Para una sección rectangular, el ángulo de torsión en radianes, está dado por:

$$\theta = \frac{TL}{G\beta ab^3} \quad \text{Ec (2. 60)}$$

Donde

β : Coeficiente que depende de la relación a/b

Los coeficientes α, β, γ para el cálculo de esfuerzos y ángulo de torsión en un elemento de sección rectangular se muestran en la **Tabla A.6**

Esfuerzo normal por carga axial

El esfuerzo normal es constante en toda la sección, y está dado por:

$$S_F = \pm \frac{F}{A} \quad \text{Ec (2. 61)}$$

Donde:

F : Fuerza axial [N]

A : Área de sección transversal [m²]

Al someter con una carga axial centrada a un elemento homogéneo de sección uniforme, aplicando la ley de Hooke; la deformación axial está dada por:

$$\delta = \pm \frac{FL}{AE} \quad \text{Ec (2. 62)}$$

Donde:

F : Fuerza axial centrada [N]

L : Longitud de la sección sometida a la carga axial [m]

E : Módulo de elasticidad [GPa]

A : Área de sección transversal [m²]

Si la carga es de compresión y si se trata de un eje esbelto este se puede pandear, produciendo esfuerzos de carga axial y flexión combinados, por lo tanto se debe calcular el esfuerzo equivalente para el caso de columnas:

$$S_{eF} = -\alpha_p \frac{F}{A} \quad \text{Ec (2. 63)}$$

Donde:

α_p : Coeficiente que tiene en cuenta el efecto de pandeo

El α_p está dado por la siguiente expresión:

$$\alpha_p = \frac{1}{1 - \frac{S_y \left(\frac{Le}{r}\right)^2}{4\pi^2 E}} \quad \text{Para columnas cortas (ecuación J.B JOHNSON) Ec (2. 64)}$$

$$\alpha_p = \frac{S_y \left(\frac{Le}{r}\right)^2}{\pi^2 E} \quad \text{Para columnas largas (ecuación EULER) Ec (2. 65)}$$

Siendo:

S_y : Esfuerzo de fluencia

E : Módulo de elasticidad

r : Radio de giro de la sección transversal

L_e : Longitud efectiva

$$L_e = L * K \quad \text{Ec (2. 66)}$$

Donde:

L : Longitud real de la columna entre ejes

K : Coeficiente que depende del tipo de extremo

Para conocer si la columna es larga o corta se debe conocer la relación de esbeltez real de la columna con la relación de esbeltez de transición o constante de columna, que está dada por la ecuación:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec (2. 67)}$$

Por medio de la relación:

$$\frac{KL}{r_{\min}} \quad \text{Ec (2. 68)}$$

Si esta relación es mayor que C_c , la columna es larga; y si es menor que C_c , la columna es corta

Esfuerzo normal producido por el momento flector

El esfuerzo normal es máximo en las fibras más alejadas del eje neutro, está dada por:

$$S_M = \pm \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec (2. 69)}$$

Donde:

M : Momento flector [Nm]

c : Distancia desde el eje neutro hasta las fibras más alejadas [m]; existen para dos valores para tracción y a compresión

I : Momento de inercia de la sección transversal [m^4]

Esfuerzos cortantes

Estos esfuerzos son menores que los esfuerzos producidos por el par torsional, en el caso de la sección circular el esfuerzo cortante máximo está dado por:

$$S_s = \frac{4V}{3A} \quad \text{Ec (2. 70)}$$

Donde:

V : Fuerza cortante [N]

A : Área de la sección transversal [m^2]

Teoría de Von Misses-Hencky⁶⁰

Las ecuaciones de diseño para el estado de esfuerzo del punto crítico, están dadas por:

$$\left(\frac{1}{N}\right)^2 = \left(\frac{S}{S_y}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3} \times S_s}{S_y}\right)^2 \quad \text{Ec (2. 71)}$$

$$\left(\frac{S_y}{N}\right)^2 = S^2 + (\sqrt{3} \times S_s)^2$$

Diagrama de cuerpo libre

Para determinar la sección que está sometida a mayores cargas; se calculan todas las fuerzas externas que actúan sobre el sistema y las reacciones en los apoyos; para posteriormente construir los diagramas de par de torsión, momento flector y fuerza cortante.

Fuerzas externas

Por medio de la figura **Fig 4.34** en el tramo AC se genera una tensión debida a la fuerza estática.

⁶⁰ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 212

En el tramo AB del eje, una porción es ocupada por un helicoides o tornillo sin fin que permite la elevación de masa del café con mucilago hacia los agitadores, este elemento produce una fuerza axial de empuje dada por la siguiente expresión:

$$F_n = \frac{P_{MC}}{p * n} \quad \text{Ec (2. 72)}$$

Donde:

F_n : Fuerza axial de empuje [kN]

P_{MC} : Potencia corregida [kW]

p : Paso del tornillo sin fin [m]

n : Velocidad angular [rpm]

La fuerza axial de empuje pico es:

$$F_p = 1,8F_n \quad \text{Ec (2. 73)}$$

Diagramas de fuerza cortante, momento flector y carga axial

Si las fuerzas cortantes son grandes se deben analizar el efecto que tiene sobre el eje, además son el punto de partida para construir el diagrama de momento flector.

Secciones más cargadas

Mediante el análisis de los diagramas de fuerza cortante, momento flector y carga axial; se determina la sección o las secciones con mayores cargas, con el fin de obtener el factor de seguridad del punto más crítico mediante la ecuación 2.71 se tienen:

$$N = \frac{S_y}{\sqrt{S^2 + (\sqrt{3} \times S_s)^2}} \quad \text{Ec (2. 74)}$$

➤ Resistencia a la fatiga

El eje de transmisión soporta cargas constantes T, V, M y F, produciendo esfuerzos normales variables; se encuentra sometido a cargas transversales que están a flexión, producidas por la transferencia de potencia desde el motor eléctrico hasta el eje, por medio de la correa trapezoidal, debido al giro del árbol cualquier punto de la periferia estará sometida a un esfuerzo de tracción máximo, esfuerzo cero y esfuerzo máximo de compresión hasta llegar a la posición inicial

completando el ciclo de esfuerzo. En la vida útil del eje este fenómeno se repetirá varias veces pudiéndose crear la falla por fatiga o fractura frágil. Con el fin de que esto no ocurra, se debe realizar un análisis por fatiga del elemento.

- **Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga**⁶¹

Debido a que no es realista esperar que el límite de fatiga de un elemento mecánico o estructural resulte igual a uno de los valores obtenidos en el laboratorio, sino que se encuentra afectada por ciertos factores, como se indica en la siguiente expresión:

$$S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f \quad \text{Ec (2. 75)}$$

Donde:

S_e : Límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta

k_a : Factor de superficie

k_b : Factor de tamaño

k_c : Factor de confiabilidad

k_d : Factor de temperatura

k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo

k_f : Factor de efectos diversos

- S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta

Para los materiales dúctiles y frágiles, se determina en base a la media estadística; este se indica en la **Tabla 2. 1**:

⁶¹ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. 274

MATERIAL	RELACIÓN	CONDICIÓN
Dúctil	$Se' = 0.5S_{ut}$	$S_{ut} \leq 200Kpsi$
	$Se' = 100Kpsi$	$S_{ut} > 200Kpsi$
Frágil	$Se' = 0.45S_{ut}$	$S_{ut} \leq 88Kpsi$
	$Se' = 40Kpsi$	$S_{ut} > 88Kpsi$

Tabla 2. 1 Límite de resistencia a la fatiga de la probeta

- k_a : Factor de superficie

Este factor depende de la calidad del acabado y de la resistencia a la tensión. Lo ideal es tener un buen acabado superficial cuando existe la posibilidad de falla por fatiga, se puede expresar mediante:

$$k_a = aS_{ut}^b \quad \text{Ec (2. 76)}$$

Donde S_{ut} es la resistencia mínima a la tensión y los valores de a y b se encuentran en la **Tabla 2.2**:

Acabado Superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut} [kpsi]$	$S_{ut} [MPa]$	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,085
Maquinado o laminado en frío	2,7	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Como sale de la forja	39,9	272	-0,995

Tabla 2. 2 Parámetros en el factor de la condición superficial

- k_b : Factor de tamaño

Para flexión y torsión pueden expresarse como:

$$k_b = \begin{cases} (d/0,3)^{-0,107} = 0,879d^{-0,107} & 0,11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0,91d^{-0,157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7,62)^{-0,107} = 1,24d^{-0,107} & 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1,51d^{-0,157} & 51 < d \leq 254 \text{ pulg} \end{cases} \quad \text{Ec (2. 77)}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual:

$$k_b = 1 \quad \text{Ec (2. 78)}$$

- k_c : Factor de confiabilidad

La confiabilidad puede constituir un método más efectivo para medir la eficiencia de diseño que el uso de un factor de seguridad; ya que este se puede medir fácilmente

Se determina según la **Tabla 2.3**:

Confiabilidad	Factor de Confiabilidad k_c
0,5	1
0,9	0,897
0,95	0,868
0,99	0,814
0,999	0,753
0,9999	0,702
0,99999	0,659
0,999999	0,62
0,9999999	0,584
0,99999999	0,551
0,999999999	0,52

Tabla 2. 3 Factor de Confiabilidad

- k_d : Factor de temperatura

Es debido a que la temperatura cambia las propiedades mecánicas del material; este factor es para recordar que deben considerarse los efectos térmicos o la temperatura.

Se determina según las siguientes formulas:

$$k_d = \begin{cases} 1 & \text{si } T \leq 450^\circ\text{C} \\ 1 - 5,8(10)^{-3}(T - 450) & \text{si } 450^\circ\text{C} < T \leq 550^\circ\text{C} \\ 1 - 3,2(10)^{-3}(T - 840) & \text{si } 840^\circ\text{F} < T \leq 1020^\circ\text{F} \end{cases} \quad \text{Ec (2. 79)}$$

- k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo

La concentración de esfuerzo tiene que considerarse cuando se realiza de materiales frágiles o cuando estarán sometidas a cargas de fatiga

- k_f : Factor de efectos diversos

Se considera este valor solo en caso de análisis de engranes, como un mejoramiento al límite de resistencia a la fatiga, por tanto en general se considera $k_f = 1$

Método de Von Misses

Los esfuerzos de flexión, torsión o axiales pueden estar presentes tanto en componentes medios como alternantes. Para el análisis, es suficiente combinar los tipos de esfuerzos de Von Misses alternantes y medios. En general, las cargas axiales son comparativamente muy pequeñas en ubicaciones críticas donde dominan la flexión y la torsión, por lo que pueden dejarse fuera de las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned} \sigma_a &= K_f \frac{M_a c}{I} & \sigma_m &= K_f \frac{M_m c}{I} \\ \tau_a &= K_{fs} \frac{T_a c}{J} & \tau_m &= K_{fs} \frac{T_m c}{J} \end{aligned} \quad \text{Ec (2. 80)}$$

Donde M_m y M_a son los momentos flexionantes medio y alternante, T_m y T_a son los pares de torsión medio y alternante, y K_f y K_{fs} son los factores de concentración del esfuerzo por fatiga de la flexión y la torsión, respectivamente.

Cuando se combinan estos esfuerzos de acuerdo con la teoría de falla por energía de distorsión, los esfuerzos de Von Misses para ejes giratorios, redondos y sólidos, sin tomar en cuenta las cargas axiales, están dadas por:

$$\begin{aligned} \sigma'_a &= (\sigma_a^2 + 3\tau_a^2)^{1/2} \\ \sigma'_m &= (\sigma_m^2 + 3\tau_m^2)^{1/2} \end{aligned} \quad \text{Ec (2. 81)}$$

Estos esfuerzos medios y alternantes equivalentes pueden evaluarse usando una curva de falla apropiada denominada Goodman Modificada; esta es:

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}} \quad \text{Ec (2. 82)}$$

En el caso de un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible y la torsión es constante; y los valores M_m y T_a serían 0

2.1.6 SELECCIÓN DEL METODO DE UNION DEL CONJUNTO⁶²

El método de unión seleccionado son tornillos, este tipo de unión no es permanente, de esta manera facilita la instalación y desinstalación de los elementos, ya sea para cambio o mantenimiento de piezas.

Los tornillos de unión son elementos que sirven para unir o asegurar dos o más partes estructurales de una máquina.

2.1.6.1 Sujetadores roscados⁶³

Los puntos de concentración de esfuerzo se encuentran en el filete, al inicio de las roscas y en el filete raíz de la tuerca. La longitud de la rosca de los tornillos en milímetros se expresa mediante:

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 25 & d \leq 48 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases} \quad \text{Ec (2. 83)}$$

Los agujeros de los tornillos quizás presenten rebabas o bordes agudos después de su formado, que podrían penetrar en el entalle e incrementar la concentración de esfuerzo. Por tanto, para prevenir este problema, siempre deben usarse arandelas debajo de la cabeza del tornillo, algunas veces es necesario emplear arandelas debajo de la tuerca.

2.1.6.2 Rigidez del Sujetador⁶⁴

Apretando la tuerca se estira el perno, y de esta manera se produce la fuerza de sujeción, que se llama pre-tensión o precarga del perno. Existe la conexión

⁶² Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 396

⁶³ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 408

⁶⁴ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 410

después de que la tuerca se apretó en forma adecuada, sin importar si se ejerce o no la fuerza externa P .

El agarre l de una conexión consiste en el espesor del material sujetado; siendo esto la suma de ambos elementos y ambas arandelas.

La rigidez de la parte de un perno dentro de la zona de sujeción generada consistirá en dos partes, la parte del tornillo sin rosca y la parte roscada. Así la rigidez efectiva estimada del perno o tornillo de cabeza en la zona de sujeción k_b está dada por la expresión:

$$k_b = \frac{A_d A_l E}{A_d l_l + A_l l_d} \quad \text{Ec (2. 84)}$$

Donde:

A_l : Área de esfuerzo sometido a tensión

l_l : Longitud de la parte roscada de agarre

A_d : Área del diámetro mayor del sujetador

l_d : Longitud de la parte sin rosca en agarre

2.1.6.3 Rigidez del Elemento

Si uno de los elementos es un empaque suave, su rigidez relativa resulta tan pequeña que para los propósitos prácticos esta es despreciable.

Para las caras estándares de la arandela y elementos del mismo material, la siguiente ecuación proporciona el cálculo para la rigidez del elemento k_m

$$k_m = EdA \exp(Bd/l) \quad \text{Ec (2. 85)}$$

Donde A y B se definen en la **Tabla 2.4**:

MATERIAL USADO	RELACIÓN DE POISSON	MÓDULO DE ELASTICIDAD		A	B
		Gpa	Mpsi		
Acero	0,291	207	30	0,78715	0,62873
Aluminio	0,331	71	10,3	0,7967	0,63816
Cobre	0,326	119	17,3	0,79568	0,63553
Hierro fundido-gris	0,211	100	14,5	0,77871	0,61616
Expresion general				0,78952	0,62914

Tabla 2. 4 Parámetros de la rigidez de varios materiales

Fuente:⁶⁵ (Budymas & Nisbett, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley)

2.1.6.4 Unión a tensión cargada en forma estática con precarga

El esfuerzo de tensión en el perno puede encontrarse con:

$$\sigma_b = \frac{CP}{A_t} + \frac{F_i}{A_t} \quad \text{Ec (2. 86)}$$

El valor limitante de σ_b es la resistencia de prueba S_p , debido a ello con la introducción de un factor de carga n , la ecuación se convierte en:

$$n = \frac{S_p A_t - F_i}{CP} \quad \text{Ec (2. 87)}$$

Aquí n se considera un factor de carga en lugar de un factor de seguridad, en vista que las dos ideas están relacionadas, cualquier valor de $n > 1$ en la ecuación anterior asegura que el esfuerzo en el perno es menor que la resistencia de prueba

Se recomienda tanto para la carga estática como para la fatiga que se use lo siguiente para la precarga:⁶⁶

$$F_i = \begin{cases} 0,75F_p & \text{para conexiones no permanentes} \\ 0,8F_p & \text{para conexiones permanentes} \end{cases} \quad \text{Ec (2. 88)}$$

Donde F_p es la carga de prueba que se obtiene por la siguiente ecuación:

$$F_p = A_t S_p \quad \text{Ec (2. 89)}$$

Aquí S_p es la resistencia de prueba esta se obtiene de la **Tabla A.8**

⁶⁵ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 416 Tabla 8-8

⁶⁶ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 427

2.1.6.4 Carga a Fatiga de uniones a Tensión⁶⁷

La componente alternante del esfuerzo del perno, se obtiene por:

$$\sigma_a = \frac{CP}{2A_l} \quad \text{Ec (2. 90)}$$

El esfuerzo medio es igual al componente alternante más el esfuerzo mínimo,

$\sigma_i = \frac{F_i}{A_l}$ que resulta en:

$$\sigma_m = \frac{CP}{2A_l} + \frac{F_i}{A_l} \quad \text{Ec (2. 91)}$$

Utilizando el criterio de falla de Goodman:

$$\begin{aligned} \frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} &= 1 \\ S_a &= \frac{S_e(S_{ut} - \sigma_i)}{S_{ut} + S_e} \\ S_m &= S_a + \sigma_i \end{aligned} \quad \text{Ec (2. 92)}$$

El factor de seguridad que protege contra la fatiga está dada por:

$$n_f = \frac{S_a}{\sigma_a} \quad \text{Ec (2. 93)}$$

2.1.7 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA AL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO

2.1.7.1 Criterios:

La tolva de alimentación de café con mucílago está soportada por perfiles estructurales circulares, se apoya en 4 columnas.

Sobre las columnas actúan dos tipos de cargas: cargas muertas y cargas vivas. Las cargas muertas: son el peso del depósito y los elementos de sujeción, representados por P_2 , y las cargas vivas son la suma del peso generado por la

⁶⁷ Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 430

presión vertical debido al material almacenado y el peso del material depositado en la tolva P_1

El peso generado por la presión vertical que ejerce el material almacenado está dado por la siguiente expresión:

$$Q_z = \gamma A_c \left[Z + \frac{h}{3} - \frac{Z^2}{(Z+A)} \right] \quad \text{Ec (2. 94)}$$

Donde:

A_c : Área transversal del tanque (m^2), para un tanque cilíndrico está dado por:

$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ec (2. 95)}$$

D : Diámetro del cilindro (m)

Q_z : Representa la carga que soporta el tanque en su interior, ya que la fricción entre el grano y las paredes del depósito disminuyen la carga que debe soportar el fondo del tanque y un porcentaje del peso se transmite hacia las paredes del mismo; aunque el peso que debe soportar la estructura es el peso almacenado

La carga total del sistema sobre las columnas será la suma de la carga muerta y la carga viva

$$Q_T = P_2 + P_1 + Q_z \quad \text{Ec (2. 96)}$$

Como está bajo 4 columnas, por tanto la carga en cada perfil es:

$$Q_c = \frac{Q_T}{4} \quad \text{Ec (2. 97)}$$

2.1.7.2 Columna empotrada en la Base y libre en la parte Superior:

La estructura está formada por columnas que se encuentran empotradas en las bases y libre en la parte superior como se observa en la figura **Fig 2.9**

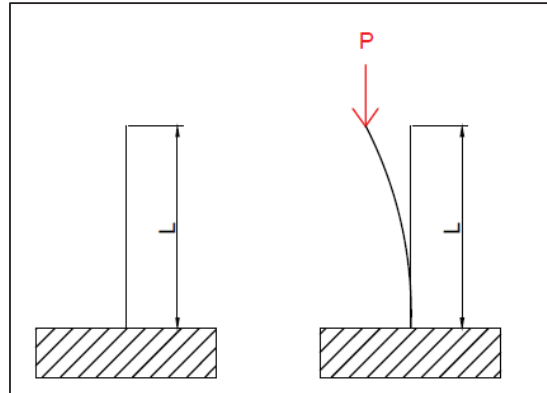


Fig 2. 9 Columna Empotrada-Libre

Fuente:⁶⁸ (James, 2006)

2.1.7.2.1 Carga Crítica P_{cr} :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2} \quad \text{Ec (2. 98)}$$

2.1.7.2.2 Momento de Inercia de la sección transversal tubular I :

$$I = \frac{\pi}{64} [d^4 - (d - 2t)^4] \quad \text{Ec (2. 99)}$$

Siendo:

d : Diámetro

t : Espesor

2.1.7.2.3 Factor de seguridad η :

$$\eta = \frac{P_{cr}}{P} \quad \text{Ec (2. 100)}$$

2.1.8 SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS O RODAMIENTOS PARA EL DESMUCILAGINADOR MECANICO

2.1.8.1 Criterios:

La función principal de un rodamiento es soportar una carga y al mismo tiempo permitir el movimiento entre dos elementos de una máquina; siendo el más común

⁶⁸ James, G. (2006). *Mecánica de Materiales*. Mexico: THOMSON. Pag 773 Fig 11-19

el que soporta un eje rotatorio, y resiste cargas puramente radiales, o una combinación de cargas radiales y axiales (de empuje).

El procedimiento para seleccionar un rodamiento:

1. Condiciones de trabajo: funcionamiento, cargas de trabajo y ambiente de trabajo
2. Tipo de rodamiento y su configuración: rodamiento de bolas de una hilera y ranura profunda, rodamiento de agujas, rodamiento de rodillos cónicos
3. Características del rodamiento seleccionado: dimensiones, cargas admisibles, velocidad de rotación máxima, desalineamiento, vida de diseño, condición de carga
4. Tolerancia del rodamiento

La chumacera es un dispositivo compuesto de un rodamiento de bolas lubricado, insertado en un alojamiento, sellado para evitar partículas contaminantes por medio de un sello doble; siendo la característica más importante la capacidad de auto alinearse eficientemente utilizando una superficie esférica de ajuste entre el rodamiento y el soporte, de manera que se minimiza las sobrecargas por desalineamiento.

2.1.8.2 Capacidad de carga y vida:⁶⁹

Todos los rodamientos tienen una duración finita, ya que las superficies de las pistas y los elementos rodantes están sometidos a esfuerzos de contacto, que causan pérdida de material; este efecto produce la falla del rodamiento.

2.1.8.2.1 Capacidad de carga dinámica básica C

Se define como una carga constante, que un grupo de rodamientos aparentemente idénticos con anillo interior girando y anillo exterior fijo puede soportar durante la vida nominal de un millón de revoluciones.

2.1.8.2.2 Calculo de vida

La relación que hay entre la capacidad de carga dinámica básica, la carga aplicada y la vida nominal del rodamiento se expresa mediante:

⁶⁹ KOYO. (2008). Rodamientos de bolas y rodillos. CAT. N°203-2Sp. A-6

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad \text{Ec (2. 101)}$$

Donde:

L_{10} : Vida nominal efectiva $\left(x10^6 \text{ revoluciones} \right)$

C : Capacidad de carga dinámica básica $[N]$

P : Carga equivalente $[N]$

p : 3 para rodamientos de bolas

p : 10/3 para rodamientos de rodillos

Para el caso que el rodamiento trabaje a velocidad angular constante, es conveniente expresar su vida en horas, lo cual se expresa mediante:

$$L_h = \left(\frac{C}{P} \right)^p \frac{16667}{n} \quad \text{Ec (2. 102)}$$

Donde:

L_h : Vida en horas $[h]$

n : Número de revoluciones por minuto $[rpm]$

Para facilitar los cálculos de la duración del diseño del rodamiento, se utiliza el factor de vida f_h y el factor de velocidad f_N ; estos factores son dados por el fabricante.

En la selección de un rodamiento que está sometido a una carga equivalente P y gira a una velocidad angular constante N , se determina la capacidad básica C , mediante la ecuación:

$$C = P \frac{f_h}{f_N} \quad \text{Ec (2. 103)}$$

2.1.8.2.3 Carga dinámica equivalente P

Los rodamientos trabajan tanto sometidos a carga radial como a carga axial, formando una carga combinada que no se puede comparar directamente con la capacidad de carga básica que está en el catálogo; es por esto que se convierte la carga combinada en carga imaginaria llamada carga dinámica equivalente.

Para un rodamiento sometido a carga radial y axial constantes puede obtenerse de acuerdo a:

$$P = XFr + YFa \quad \text{Ec (2. 104)}$$

Siendo:

X : Factor radial

Y : Factor axial

Fr : Carga radial [N]

Fa : Carga axial [N]

En el caso de rodamientos rígidos de bolas, los valores de X , Y dependen de la relación Fa/Co donde Co es la capacidad estática del rodamiento; si Fa/Fr es superior a " e ", los valores de X , Y y Co se indican para cada rodamiento en las tablas de dimensiones.

2.1.8.2.4 Vida de Servicio para diversas aplicaciones

Los factores que más incidencia tienen en la vida del rodamiento son la carga aplicada y la velocidad de giro. Cuanto más larga sea la vida nominal del rodamiento, tanto mayor será la seguridad de la aplicación, sin embargo no es económico sobredimensionar. En la **Tabla A.9** se muestra la vida de servicio de algunas aplicaciones. Cuando varios rodamientos se incorporan en una máquina o equipo como unidad completa, todos los rodamientos en la unidad se consideran como uno solo al momento de calcular la vida de ellos:

$$L_h = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1^e} + \frac{1}{L_{21}^e} + \dots + \frac{1}{L_n^e} \right)^{1/e}} \quad \text{Ec (2. 105)}$$

Donde:

L_h : Vida nominal básica para toda la unidad $[h]$

L_1, L_2, \dots, L_n : Vida nominal básica de los rodamientos individuales $[h]$

e : 10/9, para rodamientos de bolas

e : 9/8, para rodamientos de rodillos

CAPITULO 3

ANALISIS DE PREFACTIBILIDAD DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA

3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

El proyecto “Café de Quito” impulsado por la agencia metropolitana de promoción económica CONQUITO tiene el objetivo de fortalecer la producción de café especiales y comunes de altura (1400-1600 msnm), esta institución con apoyo y trabajo de otras instituciones públicas como MAGAP reúnen en el proyecto a más de 100 productores, junto con 20 productores aproximadamente independientes con el fin de procesar, obtener y ofrecer al país y al mundo café de especialidad con el mínimo impacto ambiental.

Dentro del proyecto las principales exigencias de los productores lo constituye la ayuda técnica que se les pueda brindar, y dentro de esto está el uso de la maquinaria adecuada para la realización de las operaciones que sean necesarias para un óptimo tratamiento del café con un mínimo consumo de agua.

3.2 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El principal mercado que ofrece maquinaria para estos procesos son de origen colombiano y brasileño, por esta razón el proyecto busca un producto nacional al 100%, de manera que se pueda brindar café especial con calidad ecuatoriana, razón por la cual se creó el presente proyecto, el cual busca brindar un producto de procedencia nacional que cumpla las exigencias de calidad para el sector cafetalero, así el café de Quito será reconocido como uno de los mejores cafés del mundo con la calidad de un producto 100% ecuatoriano.

3.3 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

3.3.1 CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad considera todas las necesidades y requerimientos del usuario; mediante la traducción de la voz del usuario o voz del cliente en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase de diseño y de la fabricación

En esta se puede distinguir 6 partes principales:

1. Voz del usuario
2. Análisis de Competitividad
3. Voz del Ingeniero
4. Correlaciones entre la voz del usuario y la voz del ingeniero
5. Comparación del producto a diseñar con el de la competencia
6. Características técnicas del producto

3.3.2 DESARROLLO DE LA CASA DE LA CALIDAD

3.3.2.1 Voz del Usuario

El jueves 20 de julio de 2014 nos dirigimos al noroccidente de Quito a la zona de Nanegal y Nanegalito para entrevistar al Ing Francisco Enriquez y al Técnico Olger Rogel quienes trabajan en la agencia metropolitana de promoción económica CONQUITO; en aquella entrevista se obtuvo los siguientes requerimientos que debería tener la máquina:

- Pequeña: ya que se pretende comercializar a los pequeños productores
- Fácil manejo: que la máquina sea manejada por cualquier persona evitando cualquier riesgo de peligro
- Ligera: debido a que la máquina se desea transportar de un lugar a otro
- Sea barato ya que la máquina se desea fabricarla en producción en serie
- Bajo consumo de agua ya que actualmente se hace el proceso de fermentación natural en el cual se utiliza hasta 120 litros por cada kilogramo de café cereza
- Proceso rápido: deberá cumplir con los márgenes de productividad que cada productor desee
- No haga ruido: deberá emitir ruidos dentro de los niveles de seguridad dados por las normas de seguridad sin afectar al operario
- No dañe el grano: deberá tener el menor daño para evitar que baje la calidad del café
- Baja contaminación del agua: consume menor agua con el fin de reducir la contaminación de la misma y por ende reducir el impacto ambiental
- Acoplable: se deberá poder adaptar a cualquier máquina despulpadora, para hacer un sistema compacto en las etapas del beneficiado húmedo

3.3.2.2 Voz del Ingeniero

La voz del ingeniero es la traducción de las demandas y requerimientos del usuario en características técnicas del producto en este caso la máquina desmucilagadora

Las características técnicas para dar el cumplimiento de las demandas del usuario son:

- Volumen
- Peso
- Precio
- Caudal de agua
- Velocidad del rotor
- Nivel de ruido
- Tiempo de Operación
- Porcentaje de imperfecciones
- Medición del PH

3.3.2.3 Casa de la Calidad

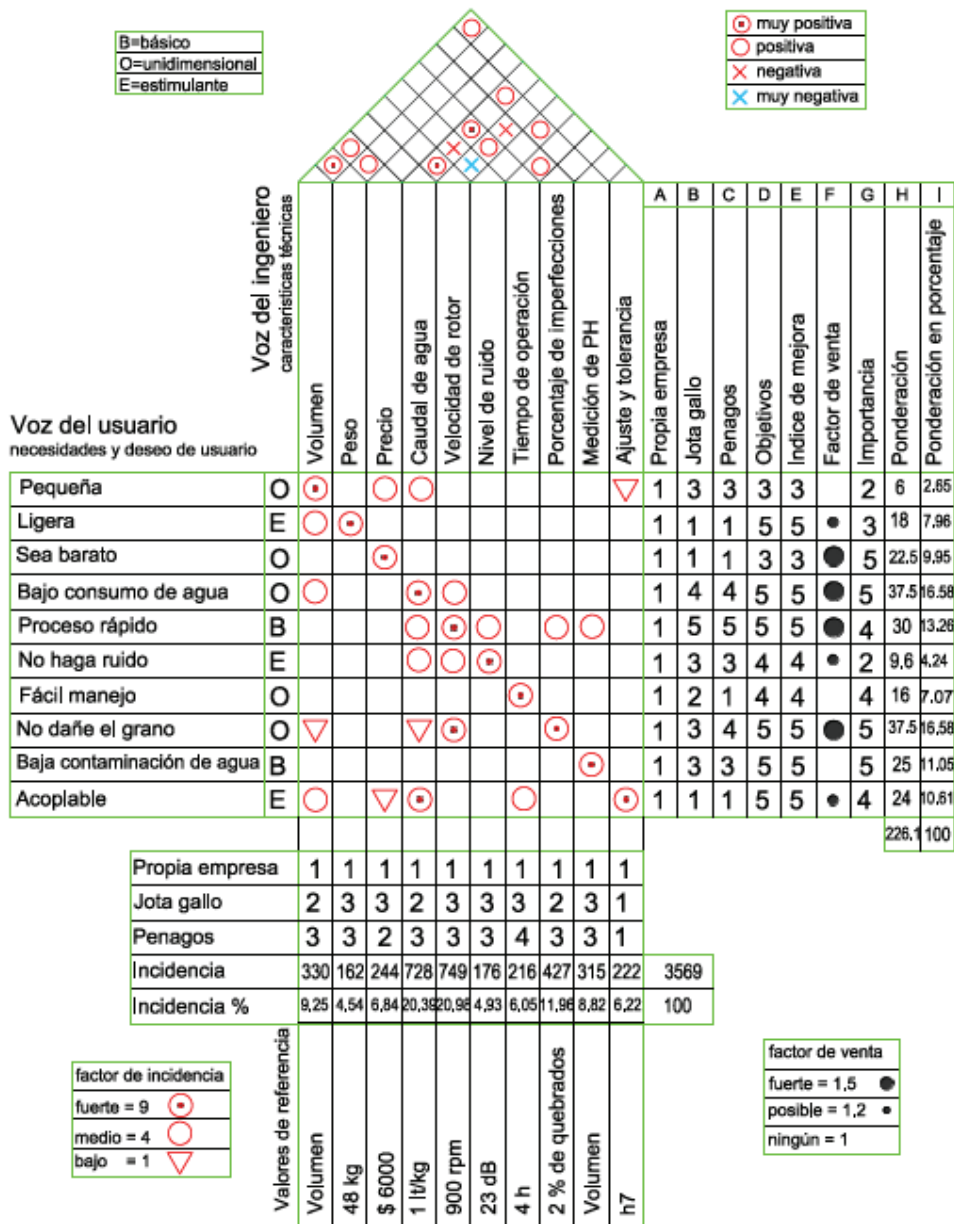


Tabla 3. 1 Casa de la Calidad

Fuente: RIBA, C. (2002). Diseño Concurrente. ETSEIB-UPC. Pag 177

3.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Empresa: CONQUITO		Producto: Máquina desmucilagadora de café		Fecha inicial: 04/08/2014 última descripción: Página: 1/1
ESPECIFICACIONES				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	04/08/2014	D+C	R	Retirar el mucilago sin dañar el grano
Dimensiones	04/08/2014	D+F	R	L=1100; A=800; H=1200 [mm]
Movimientos	04/08/2014	D	D	Longitudinal, velocidad angular
Energía	04/08/2014	D	R	Eléctrica
Materiales	04/08/2014	Fa	R	De acero para manejo de alimentos
Fabricación y montaje	04/08/2014	D+Fa	D	200 kg/hr, 1lt de agua/kg
Vida útil y mantenimiento	04/08/2014	D	R	5 años, mantenimiento preventivo y correctivo
Costes y plazos	04/08/2014	D+F	R	\$ 6000, 5 meses
Seguridad y ergonomía	04/08/2014	D	D	Malla protectora
Impacto ambiental	04/08/2014	D+C	NR	Consumo menor de agua
Aspectos legales	04/08/2014	D	R	Norma NTE INEN 0290; INEN 1123:2006
Propone:	D=Diseño; F=Financiación; C=Cliente; Fa=Fabricación			
R/D:	R=Requerimiento; MR=Modif. Requerimiento; NR=Nuevo Requerimiento; D=Deseo			

Tabla 3. 2 Especificaciones Técnicas de La Máquina Desmucilagadora

Fuente: RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. ETSEIB-UPC. Pag 85

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA

4.1 FORMULACIÓN Y ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

4.1.1 ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis funcional de un producto o sistema y la elaboración de la estructura funcional es un primer paso para establecer su estructura modular, a partir de combinar las diversas funciones en módulos de forma que se consignan los dos objetivos prioritarios siguientes:

- Agrupar las funciones en módulos.
- Establecer interfaces adecuadas entre módulos.

4.1.2 DESARROLLO DEL ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA MÁQUINA DESMUCILAGINADORA

NIVEL 0



NIVEL 1

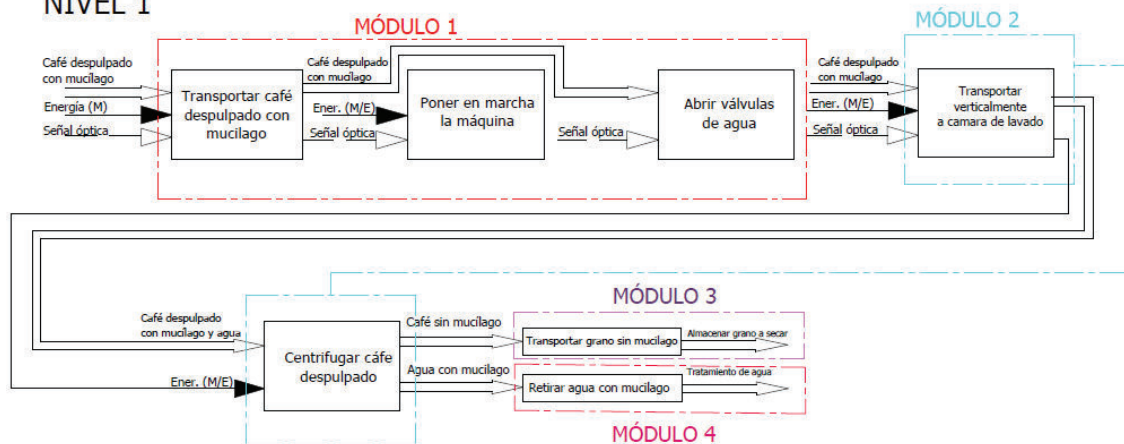


Fig 4. 1 Diagrama Funcional y Modular de la Desmucilagadora

Fuente: RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. ETSEIB-UPC. Pag 126

4.1.3 ANÁLISIS DE LOS DIAGRAMAS FUNCIONALES

En la realización del diagrama funcional se tuvo la necesidad de desarrollar hasta el nivel 1, debido a que las funciones que manifiesta esta máquina lo requieren, ya que si se despliega un nivel más esto no sería factible; porque al dar un nivel adecuado se presentan soluciones adecuadas para cada proceso

En el nivel 0 del presente desarrollo se encuentra la función global o principal que va a desarrollar en este particular en este caso es desmucilagar el café despulpado, por lo que en su análisis esta función requiere de energía mecánica, energía eléctrica, café despulpado, y señal óptica para que se controle adecuadamente el proceso y éste sea óptimo

En el nivel 1 se encuentran las funciones específicas que debe cumplir la máquina para el proceso de desmucilaginado; teniendo en cuenta las señales, materia y energía necesaria que debe entrar para cumplir el mismo

Las funciones específicas a cumplir son:

- Transportar café despulpado con mucílago
- Poner en marcha la máquina
- Abrir válvulas de agua
- Transportar verticalmente a cámara de lavado
- Centrifugar café despulpado
- Transportar grano sin mucilago
- Retirar agua con mucilago

4.1.4 DIVISIÓN MODULAR

Debido a las diferentes tareas que se necesita para desmucilagar el café es conveniente llevar a cabo la división modular, ya que existen varios bloques que se comportan de manera conjunta para una función específica. Para realizar esta división se estudia muy cuidadosamente el diagrama funcional con el fin de establecer la mejor decisión, los módulos se diferencian con diferentes colores.

En este caso el nivel 1 se lo divide en cuatro módulos:

- *Transporte y puesta en marcha a la máquina:* el grano llega de la despulpadora y se enciende la máquina para el inicio del proceso.

- *Transporte a cámara y centrifugado:* llega el grano con mucílago y asciende hacia la cámara y procede a friccionar los granos con el fin de desprender el mucílago.
- *Transporte grano de Café Desmucilaginado:* al seguir ascendiendo el grano este sale y se dirige hacia el secador, para seguir con la siguiente etapa de la producción de café.
- *Transporte agua residual:* como consecuencia del desprendimiento del mucílago éste se mezcla con el agua y ésta se transporta hacia un sistema de tratamiento de agua.

4.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS⁷⁰

4.2.1 SOLUCIONES PARA CADA MÓDULO:

En la parte anterior se describe lo que va a realizar cada módulo:

- Transporte y puesta en marcha de la máquina
- Transporte a cámara y centrifugado
- Transporte de grano de café Desmucilaginado
- Transporte de agua residual

Para cada módulo se realizará un desarrollo que permita obtener las mejores soluciones posibles para cada una de ellas.

4.2.2 MÓDULO 1: TRANSPORTE Y PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA.

Función1: Transportar café despulpado con mucílago.

Función 2: Poner en marcha la máquina.

Función 3: Abrir válvulas de agua.

4.2.2.1 MÓDULO 1-Función1: Transportar café despulpado con mucílago.

Solución 1: Tornillo sin fin y zaranda clasificadora.

Se alimentará el café despulpado por medio de la tolva, al final de ésta se encuentra el tornillo sin fin el cual ayuda a desplazarse horizontalmente y éste se

⁷⁰ RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. ETSEIB-UPC. Pag 59

encuentra girando por medio de un rotor, introducirá el grano a la zaranda circular cuya función es la de retirar los granos buenos, los elementos extraños, los granos que no fueron despulpados. Como se observa en la figura **Fig 4.2**

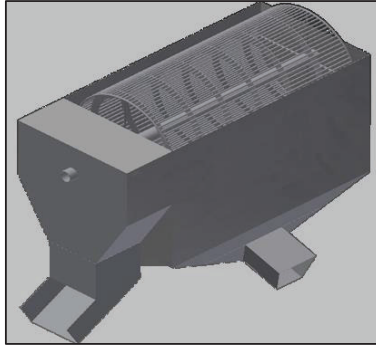


Fig 4. 2 Esquema Solución 1 – Función 1- Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 2: Transporte por gravedad.

Los granos despulpados llegan por gravedad a la boca de la tolva, se deslizan; al girar el rotor introduce a presión el café con el transportador de la rosca que esta tiene en su parte interior. Como se observa en la figura **Fig 4.3**



Fig 4. 3 Esquema Solución 2 – Función 1 – Módulo 1

Fuente: Propia

Ventajas y desventajas

Tornillo sin fin y zaranda clasificadora		Transporte por gravedad	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Clasificar grano de mejor calidad	Necesita agua para poder transportar los granos despulpados	No necesita energía eléctrica ni energía mecánica	Necesita una tolva pulmón para evitar atascamiento
Puede ser usada para la selección de pergamino seco	Necesita de energía mecánica para poder funcionar	No se necesita emplear agua para el transporte de granos en el proceso de tolva seco	Pueden entrar granos con residuos y elementos extraños
Menor tiempo en el proceso de transporte y clasificación	Necesita de varios componentes para funcionar	En un proceso de tolva húmedo el agua puede ser reciclada para otras etapas de proceso	El volumen de la tolva debe ser al menos del 40% del total de la alimentación

Tabla 4. 1 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función1-Módulo 1

4.2.2.2 MÓDULO 1-Función2: Poner en marcha la máquina.

Solución 1: Motor Eléctrico

Se accionará la puesta en marcha de la máquina por medio de un motor eléctrico que es un dispositivo electromotriz es decir que convierte la energía eléctrica en energía motriz; por medio del eje que se encuentra al final de este en el cual se puede acoplar un engrane, polea o algún mecanismo capaz de transmitir movimiento. Como se observa en la figura **Fig 4.4**

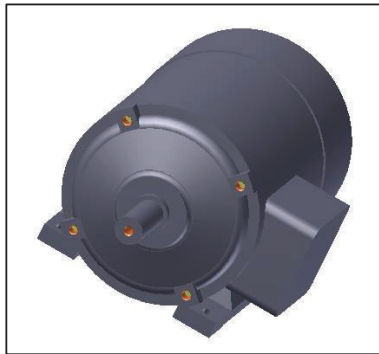


Fig 4. 4 Esquema Solución 1 – Función 2 – Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 2: Motor a Diésel

La puesta en marcha se da por un motor de combustión interna debido al autoencendido del combustible por la compresión de un émbolo en el interior del cilindro, el cual produce movimiento a una biela y transmite hacia un cigüeñal, dando un par de giro a un eje en el cual se puede acoplar un elemento capaz de transmitir movimiento. Como se observa en la figura **Fig 4.5**

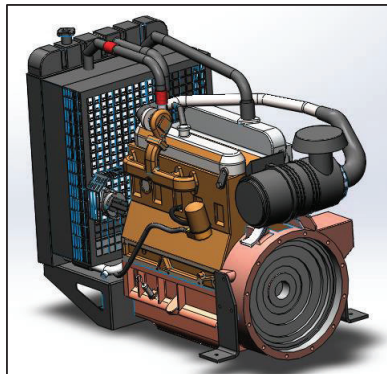


Fig 4. 5 Esquema Solución 2 – Función 2 – Módulo 1

Fuente: Propia

Motor Eléctrico jaula de ardilla		Motor a Diesel	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Los elementos que los componen son de menor tamaño que dan el menor peso	Si se reduce la velocidad, este perderá el par de giro	Actualmente bajo costo de operación, debido al precio del combustible	Emisión de gases contaminantes
No emite gases contaminantes	Operan en un ambiente con temperatura no mayor a 40°C y altura no superior a 1000 msnm	No necesita red de suministro eléctrico para poder funcionar	Genera grandes sonidos y vibraciones
Tiene un par de giro elevado y casi constante	Necesita de un arreglo eléctrico para su arranque	Genera gran fuerza y potencia media	Necesita de otros equipos para funcionar como arrancador y batería

Tabla 4. 2 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 2- Módulo 1

4.2.2.3 MÓDULO 1-Función3: Abrir válvulas de agua.

Solución 1: Válvula de Bola

Con este dispositivo al girar 90°C en sentido horario de manera manual se puede obtener el paso de agua completo. Como se observa en la figura **Fig 4.6**

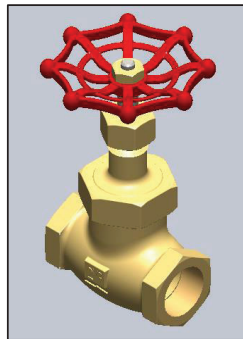


Fig 4. 6 Esquema Solución 1 – Función 3 – Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 2: Válvula de Globo

Para abrir esta válvula simplemente se necesita hacerla girar hasta que este alejada del asiento, esta separación depende del caudal que de desee emplear



Fig 4. 7 Esquema Solución 2 – Función 3 – Módulo 1

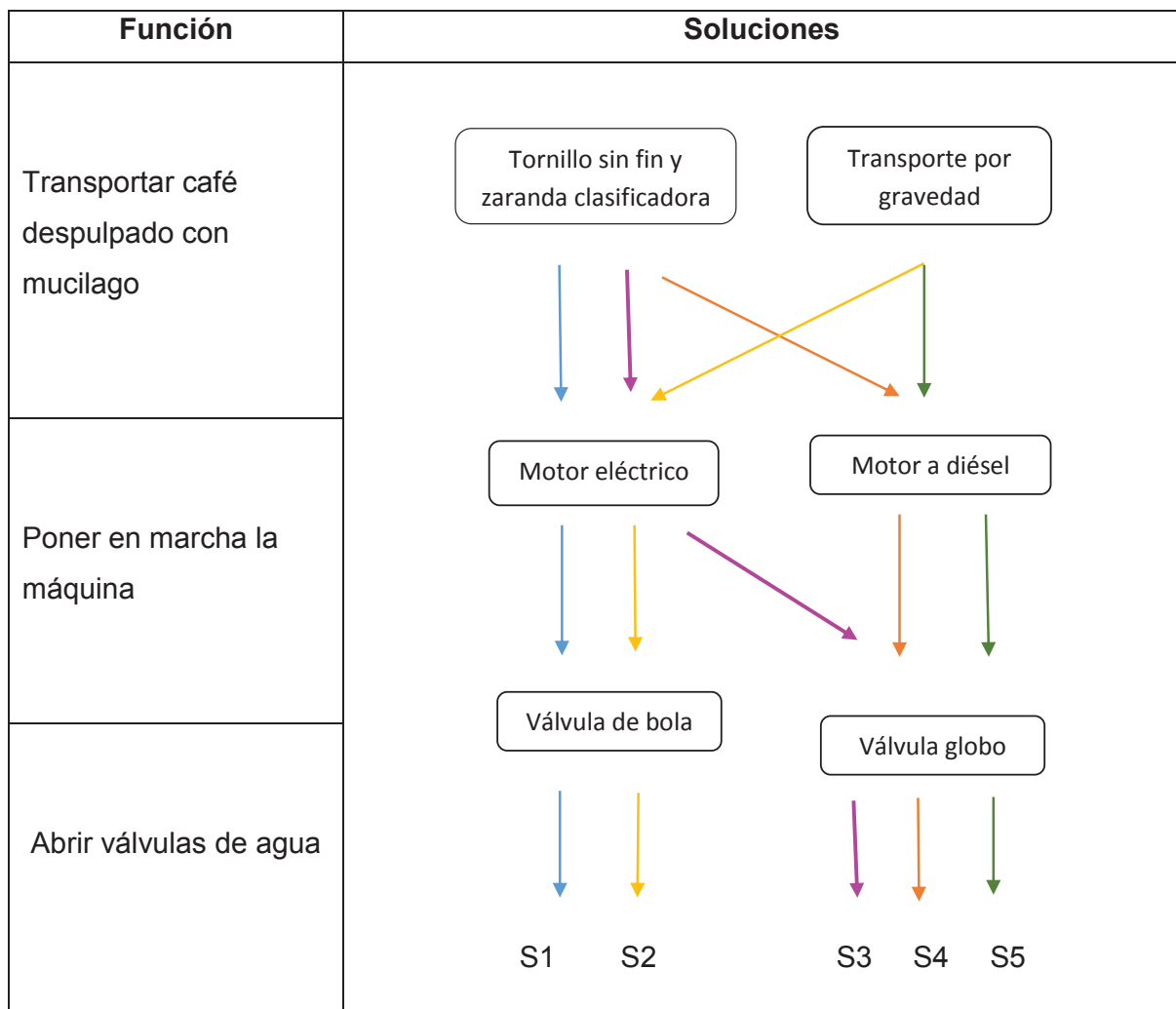
Fuente: Propia

Válvula de Bola		Válvula de Globo	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Presenta pequeña caída de presión	Solo uso de dos posiciones abierto y cerrado	Control de caudal	Considerable caída de presión
No existen fugas por la glándula de	No se puede controlar el caudal	Fabricadas de casi cualquier	Tendencia a fugas por la glándula de

sello		material	sello
El flujo de agua no tiene interrupción	Parte de agua queda atrapada cada vez que se cierra la válvula	Presenta pocas pérdidas debido a su pequeña fricción con el fluido	Accionar varias veces el vástago para abrir o cerrar completamente

Tabla 4. 3 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 3- Módulo 1

Matriz morfológica:



4.2.2.4 Esquemas de las soluciones Módulo 1

Solución 1: Tornillo sin fin y zaranda clasificadora + Motor eléctrico + válvula de bola. Como se observa en la figura **Fig 4.8**

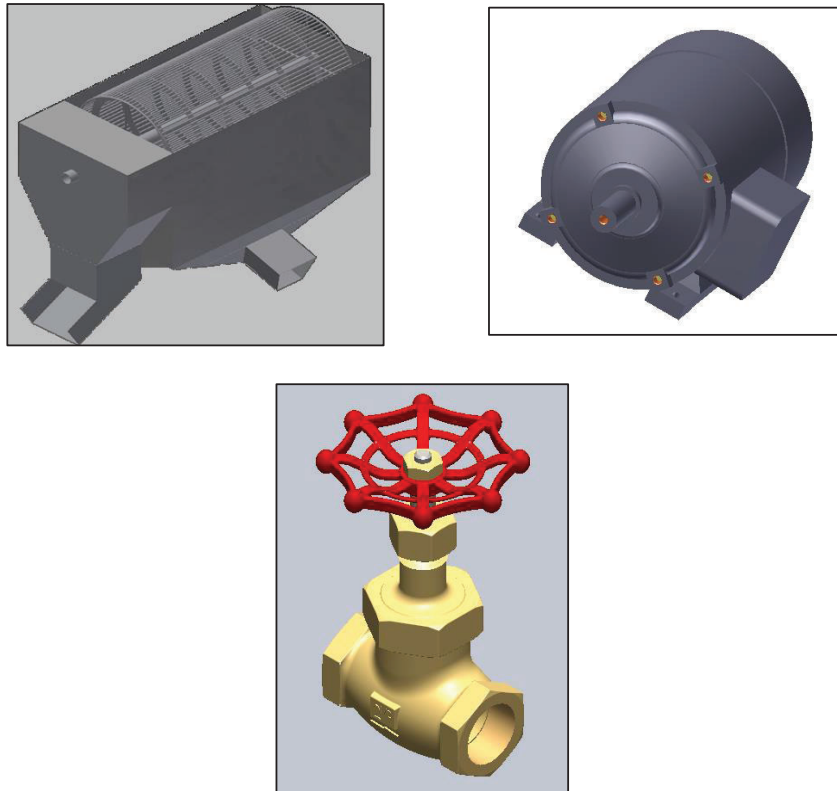


Fig 4. 8 Esquema Solución 1 - Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 2: transporte por gravedad + Motor eléctrico + válvula de bola. Como se observa en la figura **Fig 4.9**



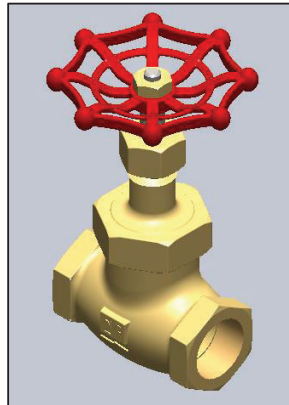


Fig 4. 9 Esquema Solución 2- Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 3: Tornillo sin fin y zaranda clasificadora + Motor eléctrico + válvula de globo. Como se observa en la figura **Fig 4.10**

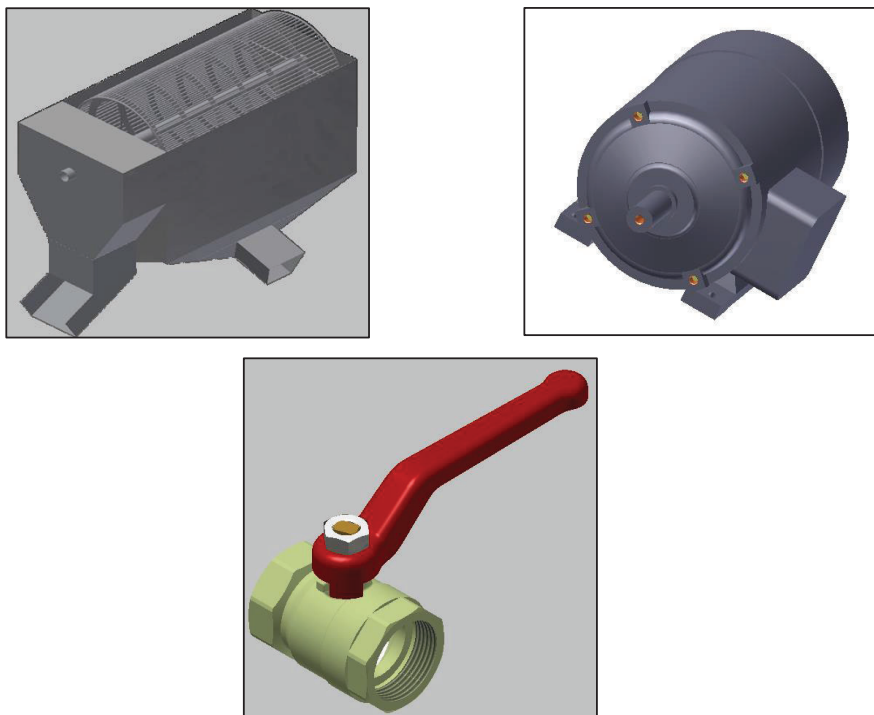


Fig 4. 10 Esquema Solución 3 - Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 4: Tornillo sin fin y zaranda clasificadora + Motor diésel + válvula de globo. Como se observa en la figura **Fig 4.11**

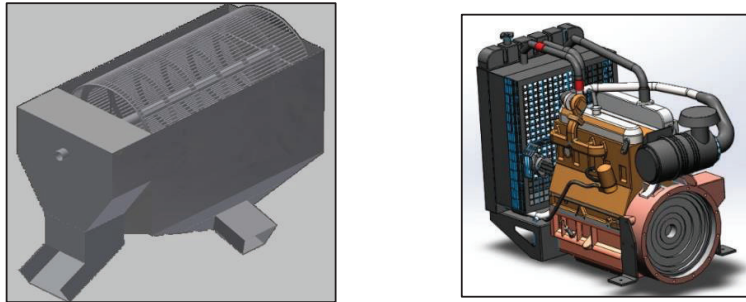


Fig 4. 11 Esquema Solución 4 - Módulo 1

Fuente: Propia

Solución 5: Transporte por gravedad + Motor diésel + válvula de globo. Como se observa en la figura **Fig 4.12**



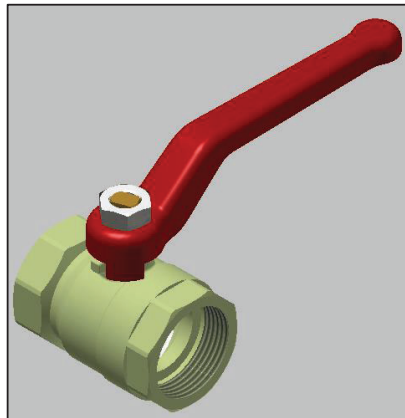


Fig 4. 12 Esquema Solución 5 - Módulo 1

Fuente: Propia

4.2.2.5 Selección de alternativas por criterios ponderados⁷¹

Criterios a considerar:

- Tamaño
- Seguridad
- Rapidez
- Caudal

MÓDULO 1						
Criterio	Rapidez	Seguridad	Tamaño	Caudal	$\Sigma+1$	Ponderado
Rapidez		1	1	1	4	0,4
Seguridad	0		0,5	1	2,5	0,25
Tamaño	0	0,5		1	2,5	0,25
Caudal	0	0	0		1	0,1
				SUMA	10	1

Rapidez>Seguridad=Tamaño>Caudal

Tabla 4. 4 Análisis de Criterios- Módulo 1

⁷¹ RIBA, C. (2002). *Diseño Concurrente*. ETSEIB-UPC. Pag 61

Análisis del criterio rapidez:

Rapidez	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3	Sol. 4	Sol. 5	$\sum+1$	Ponderado
Sol. 1		0	1	1	0	3	0,2
Sol. 2	1		1	1	1	5	0,333
Sol. 3	0	0		1	0	2	0,133
Sol. 4	0	0	0		0	1	0,067
Sol. 5	1	0	1	1		4	0,267
SUMA						15	1,00

Solución2>Solución5>Solución1>Solución3>Solución4

Tabla 4. 5 Análisis Criterio de Rapidez-Módulo 1

Análisis del criterio seguridad:

SEGURIDAD	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3	Sol. 4	Sol. 5	$\sum+1$	Ponderado
Sol. 1		1	0	1	1	4	0,267
Sol. 2	0		0	0	1	2	0,133
Sol. 3	1	1		1	1	5	0,333
Sol. 4	0	1	0		1	3	0,2
Sol. 5	0	0	0	0		1	0,067
SUMA						15	1,00

Solución3>Solución1>Solución4>Solución2>Solución5

Tabla 4. 6 Análisis Criterio de seguridad-Módulo 1

Análisis del criterio tamaño:

TAMAÑO	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3	Sol. 4	Sol. 5	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0	1	1	1	4	0,267
Sol. 2	1		1	1	1	5	0,333
Sol. 3	0	0		1	1	3	0,2
Sol. 4	0	0	0		0	1	0,067
Sol. 5	0	0	0	1		2	0,133
SUMA						15	1,00

Solución2>Solución1>Solución3>Solución5>Solución4

Tabla 4. 7 Análisis Criterio Tamaño-Modulo 1

Análisis del criterio caudal:

CAUDAL	Sol. 1	Sol. 2	Sol. 3	Sol. 4	Sol. 5	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0	0	0	0	1	0,067
Sol. 2	1		0	0	0	2	0,133
Sol. 3	1	1		1	1	5	0,333
Sol. 4	1	1	0		0	3	0,2
Sol. 5	1	1	0	1		4	0,267
SUMA						15	1,00

Solución3>Solución5>Solución4>Solución2>Solución1

Tabla 4. 8 Análisis Criterio Caudal-Módulo 1

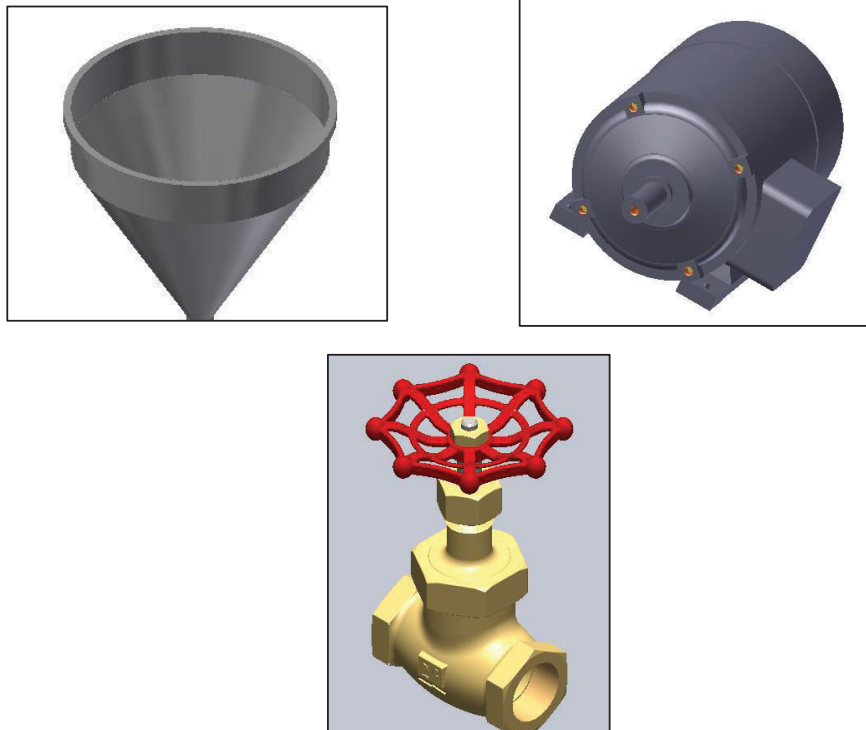
Matriz de conclusiones:

Criterio	Rapidez	Seguridad	Tamaño	Caudal	Σ	Prioridad
Sol. 1	0,080	0,067	0,067	0,007	0,220	2=3
Sol. 2	0,133	0,033	0,083	0,013	0,263	1
Sol. 3	0,053	0,083	0,050	0,033	0,220	2=3
Sol. 4	0,027	0,050	0,017	0,020	0,114	5
Sol. 5	0,107	0,017	0,033	0,027	0,184	4

Tabla 4. 9 Matriz de Conclusiones- Módulo 1

Por lo tanto debido a los criterios de ponderación se escoge la solución 2:

Transporte por gravedad + Motor eléctrico + válvula de bola. Como se observa en la figura **Fig 4.13**



Fuente: Propia

Fig 4. 13 Esquema Solución Final - Módulo 1

4.2.3 MÓDULO 2: TRANSPORTE A CÁMARA Y CENTRIFUGADO

Función 1: Transportar verticalmente a cámara de lavado

Funcion2: Centrifugar café despulpado.

4.2.3.1 MÓDULO 2-Función 1: Transportar verticalmente a cámara de lavado.

Solución 1: Tornillo sin fin.

El tornillo sin fin permitirá dosificar el grano despulpado continuamente a la cámara de lavado sin que éste sufra algún daño al momento de ser transportado, además de proveer la cantidad de flujo necesario en la cámara para realizar el proceso adecuadamente. Como se observa en la figura **Fig 4.14**

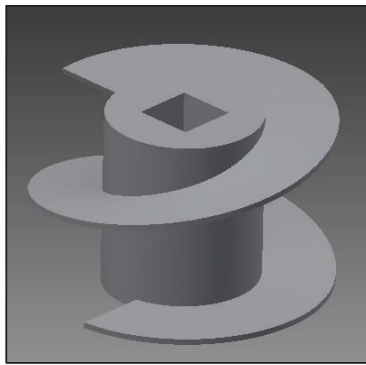


Fig 4. 14 Esquema Solución 1 - Función 1- Módulo 2

Fuente: Propia

4.2.3.2 MÓDULO 2-Función2: Centrifugar café despulpado.

Solución 1: Con rotor de varillas (DRV):

Sirve para aumentar el flujo de agitación que debe existir en la cámara de lavado, para que ésta genere la remoción del mucilago sin daño mecánico al grano, además de un bajo consumo de agua al momento de realizar el proceso húmedo.

Como se observa en la figura **Fig 4.15**

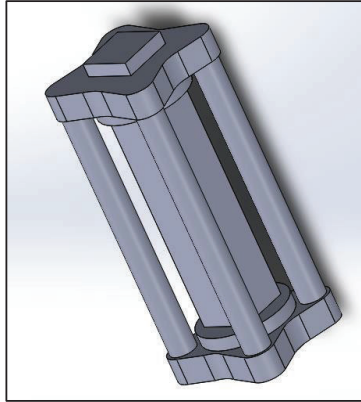


Fig 4. 15 Esquema Solución 1- Función 2 –Módulo 2

Fuente: Propia

Solución 2: Limpiador y lavador de café (DESLIM)

Con utilización de agitadores y limpiadores para la remoción de mucilago, por fricción de ellos con el grano y por la potencia ejercida por el motor permitirá la remoción de mucilago del café con un mínimo daño mecánico que garantice un café de calidad. Como se observa en la figura **Fig 4.16**

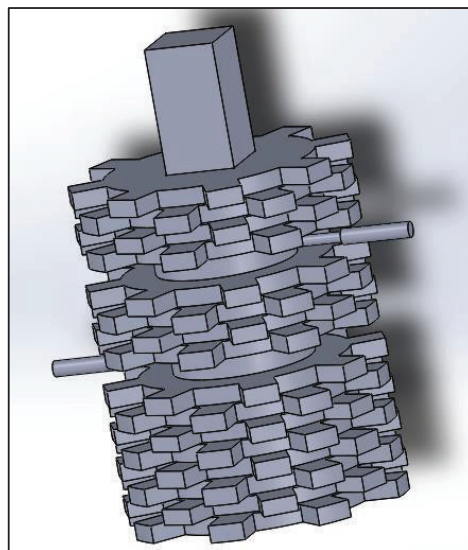


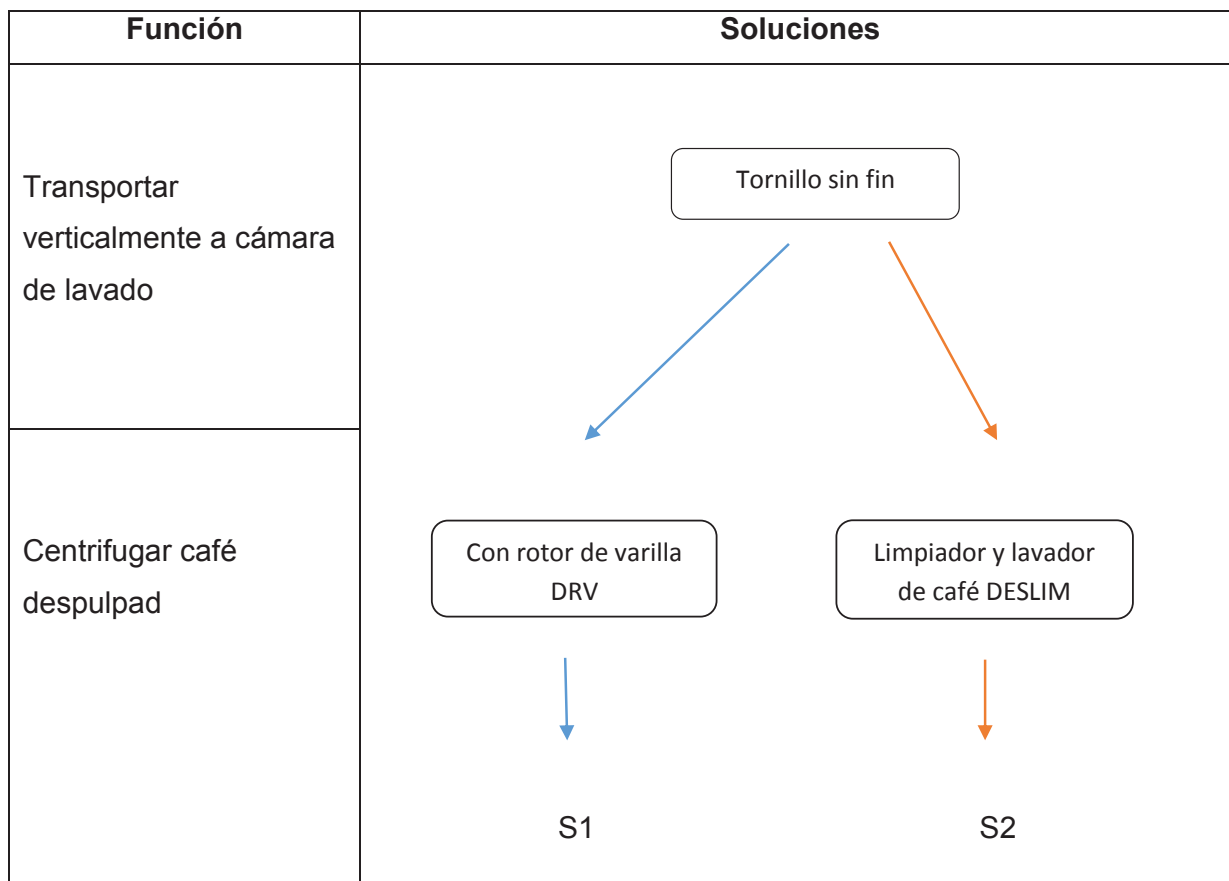
Fig 4. 16 Esquema Solución 2 - Función 2- Módulo 2

Fuente: Propia

Con rotor de varillas (DRV)		Limpiador y lavador de café (DESLIM)	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Puede procesar grandes cantidades de café despulpado	Comportamiento inestable al momento de trabajar	Consume menor potencia	Menor volumen de trabajo
Mayor volumen de trabajo	Mayor consumo de agua	Menor daño mecánico del grano de café	El café queda con restos de mucilago
Menor costo del equipo	Mayor consumo de potencia	Menor consumo de agua	Mayor costo del equipo
Disminuye el impacto ambiental	Daño mecánico de grano mayor	Mayor remoción de mucilago del café	Alta demanda energética

Tabla 4. 10 Ventajas y Desventajas- Soluciones Función 2- Modulo 2

Matriz morfológica:



4.2.3.3 Esquemas de las soluciones módulo 2

Solución 1: Tornillo sin fin + Rotor de varillas DRV. Como se observa en la figura Fig 4.17

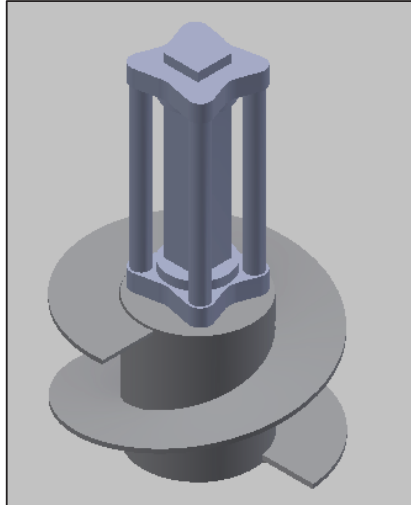


Fig 4. 17 Esquema Solución 1 - Módulo 2

Fuente: Propia

Solución 2: Tornillo sin fin + Limpiador y lavador DESLIM. Como se observa en la figura Fig 4.18

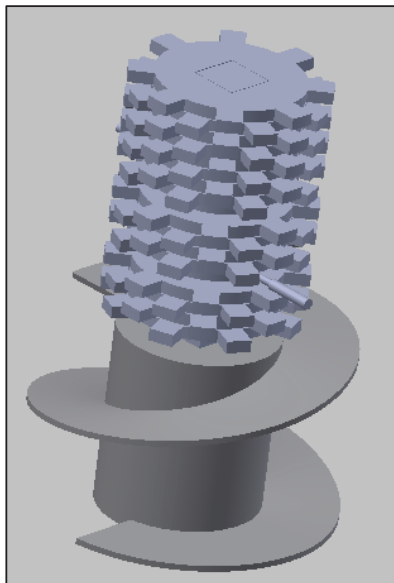


Fig 4. 18 Esquema Solución 2 -Módulo 2

Fuente: Propia

4.2.3.4 Selección de alternativas por criterios ponderados

Criterios a considerar:

- Consumo de agua
- Volumen de producción
- Seguridad
- Daño mecánico

MODULO 2						
Criterio	Consumo de agua	Volumen de producción	Seguridad	Daño mecánico	$\Sigma+1$	Ponderado
Consumo de agua		0	1	1	3	0,3
Volumen de producción	1		1	1	4	0,4
Seguridad	0	0		0,5	1,5	0,15
Daño mecánico	0	0	0,5		1,5	0,15
SUMA					10	1,00

Volumen De Producción>Consumo De Agua>Seguridad=Daño Mecánico

Tabla 4. 11 Análisis Criterios -Módulo 2

Análisis del criterio consumo de agua:

Consumo de agua	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0	1	0,33
Sol. 2	1		2	0,67
SUMA			3	1,00

Solución2>Solución1

Tabla 4. 12 Análisis Criterio Consumo de Agua-Módulo 2

Análisis del criterio volumen de Producción:

Volumen de Producción	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		1	2	0,67
Sol. 2	0		1	0,33
		SUMA	3	1,00

Solución1>Solución2

Tabla 4. 13 Análisis Criterio Volumen de Producción-Módulo 2

Análisis del criterio seguridad:

SEGURIDAD	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0,5	1,5	0,5
Sol. 2	0,5		1,5	0,5
		SUMA	3	1

Solución1=Solución2

Tabla 4. 14 Análisis Criterio Seguridad-Módulo 2

Análisis del criterio daño mecánico:

Daño Mecánico	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0	1	0,33
Sol. 2	1		2	0,67
		SUMA	3	1,00

Solución2>Solución1

Tabla 4. 15 Análisis Criterio Daño Mecánico-Módulo 2

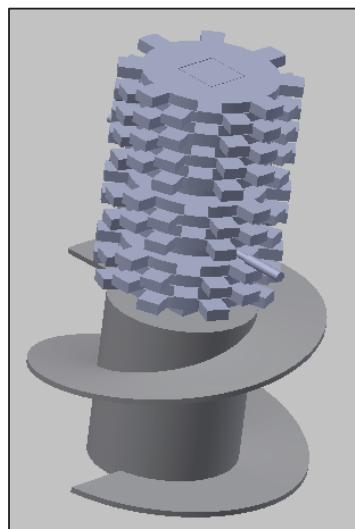
Matriz de conclusiones:

Criterio	Consumo de agua	Volumen de producción	Seguridad	Daño Mecánico	Σ	Ponderado
Sol. 1	0,095	0,254	0,119	0,032	0,499	2
Sol. 2	0,191	0,127	0,119	0,063	0,500	1

Tabla 4. 16 Matriz de Conclusiones- Módulo 2

Por lo tanto debido a los criterios de ponderación se escoge la solución 2:

Tornillo sin fin + Limpiador y lavador DESLIM. Como se observa en la figura **Fig 4.19**

**Fig 4. 19** Esquema Solución Final - Módulo 2

Fuente: Propia

4.2.4 MÓDULO 3: TRANSPORTE GRANO DE CAFÉ DESMUCILAGINADO

Función 1: Transportar grano sin mucilago.

4.2.4.1 MÓDULO 3-Función 1: Transportar grano sin Mucilago.

Solución 1: Tubo PVC

Para evitar el contacto entre granos desmucilaginosados de diferentes días con el fin de evitar manchas y por ende baja en la calidad, se transportaran los granos por medio de tubo PVC hacia un tanque para su posterior proceso de secado. Como se observa en la figura **Fig 4.20**

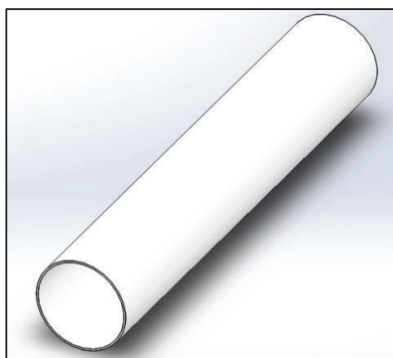


Fig 4. 20 Esquema Solución 1 - Función 1- Módulo 3

Fuente: Propia

Solución 2: Tubo acero inoxidable

Debido a su alta resistencia a la corrosión dado por su componente cromo, tiene gran afinidad con el oxígeno formando una capa pasivadora para evitar la corrosión del hierro producto de la humedad y temperatura del ambiente; puede transportar los granos a grandes distancias. Como se observa en la figura **Fig 4.21**

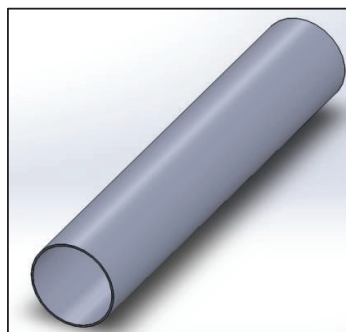


Fig 4. 21 Esquema Solución 2 - Función 1- Módulo 3

Fuente: Propia

Función	Soluciones
Transportar grano sin Mucilago	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Tubo PVC</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Tubo Acero Inoxidable</div> </div>

4.2.4.2 Esquemas de las soluciones módulo 3:

Solución 1: Tubo PVC. Como se observa en la figura **Fig 4.22**

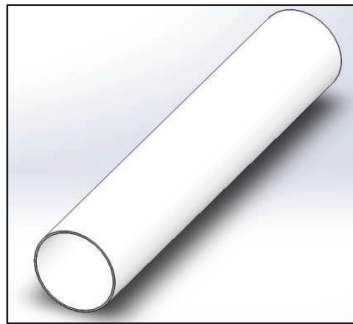


Fig 4. 22. Esquema Solución 1 - Módulo 3

Fuente: Propia

Solución 2: Tubo acero inoxidable. Como se observa en la figura **Fig 4.23**

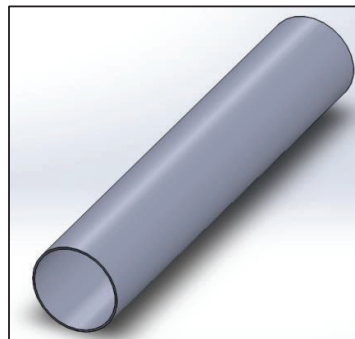


Fig 4. 23 Esquema Solución 2 - Módulo 3

Fuente: Propia

4.2.4.3 Selección de alternativas por criterios ponderados

Criterios a considerar:

- Distancia
- Viscosidad
- Volumen de producción
- Contaminación de grano

MÓDULO 3						
Criterio	Distancia	Viscosidad	Volumen de Producción	Contaminación de grano	$\Sigma+1$	Ponderado
Distancia		1	1	1	4	0,308
Viscosidad	1		1	0	3	0,231
Volumen de Producción	1	0		0	2	0,154
Contaminación de grano	1	1	1		4	0,308
				SUMA	13	1,00

Contaminación de Grano>Viscosidad>Volumen de Producción>Distancia

Tabla 4. 17 Análisis Criterios- Módulo 3

Análisis del criterio distancia:

Distancia	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0,5	1,5	0,50
Sol. 2	0,5		1,5	0,50
		SUMA	3	1,00

Solución1=Solución2

Tabla 4. 18 Análisis Criterio Distancia- Módulo 3

Análisis del criterio viscosidad:

Viscosidad	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		1	2	0,67
Sol. 2	0		1	0,33
		SUMA	3	1,00

Solución1>Solución2

Tabla 4. 19 Análisis Criterio Viscosidad- Módulo 3

Análisis del criterio volumen de Producción:

Volumen de Producción	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0,5	1,5	0,50
Sol. 2	0,5		1,5	0,50
		SUMA	3	1,00

Solución2=Solución1

Tabla 4. 20 Análisis Criterio Volumen de Producción- Módulo 3

Análisis del criterio contaminación de grano:

Contaminación de grano	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		1	2	0,67
Sol. 2	0		1	0,33
	SUMA		3	1,00

Solución1>Solución2

Tabla 4. 21 Análisis Criterio Contaminación de Grano- Módulo 3

Matriz de conclusiones:

Criterio	Distancia	Viscosidad	Volumen de Producción	Contaminación de grano	Σ	Ponderado
Sol. 1	0,154	0,154	0,077	0,205	0,59	1
Sol. 2	0,154	0,077	0,077	0,103	0,41	2

Tabla 4. 22 Matriz de Conclusiones - Módulo 3

Por lo tanto debido a los criterios de ponderación se escoge la solución 1:

Tubo PVC. Como se observa en la figura **Fig 4.24**

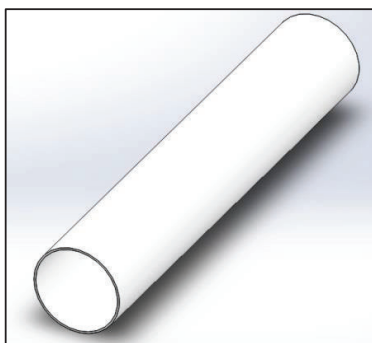


Fig 4. 24 Esquema Solución Final - Módulo 3

Fuente: Propia

4.2.5 MÓDULO 4: TRANSPORTE AGUA RESIDUAL

Función 1: Retirar agua con mucílago.

4.2.5.1 MÓDULO 4-Función 1: Retirar agua con mucílago

Solución 1: Tubo PVC

El producto de la unión agua con mucílago se la conoce como aguas residuales, las cuales van a ser transportadas por medio de un tubo PVC hacia los sistemas modulares de tratamiento anaeróbico, donde se neutralizan y se balancean químicamente. Como se observa en la figura **Fig 4.25**

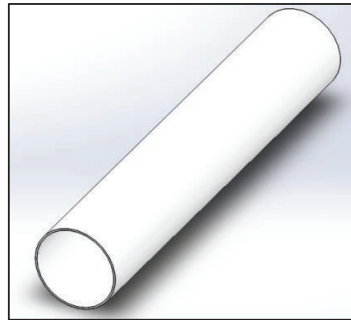


Fig 4. 25 Esquema Solución 1 - Función 1 - Módulo 4

Fuente: Propia

Solución 2: Canales de acero inoxidable

Los canales son conductos abiertos que se les puede dar una pendiente adecuada con el fin de dar un sistema de drenaje el cual consiste en dirigir el agua residual hacia el sistema modular de tratamiento de agua. Como se observa en la figura **Fig 4.26**

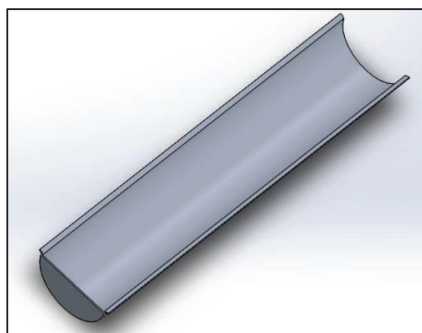


Fig 4. 26 Esquema Solución 2 - Función 1 - Módulo 4

Fuente: Propia

Función	Soluciones
Retirar agua con Mucílago	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Tubo PVC</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; text-align: center;">Canales de Acero Inoxidable</div> </div>

4.2.5.2 Esquemas de las soluciones módulo 3:

Solución 1: Tubo PVC. Como se observa en la figura **Fig 4.27**

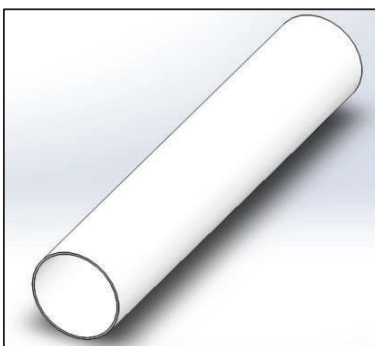


Fig 4. 27 Esquema Solución 1 - Módulo 4

Fuente: Propia

Solución 2: Canales de acero inoxidable. Como se observa en la figura **Fig 4.28**

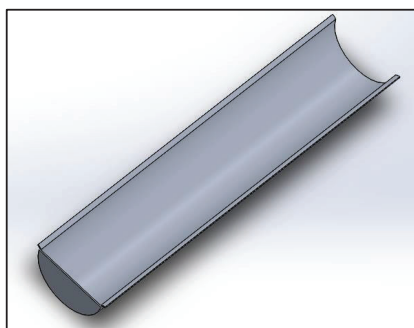


Fig 4. 28 Esquema Solución 2 - Módulo 4

Fuente: Propia

4.2.5.3 Selección de alternativas por criterios ponderados

Criterios a considerar:

- Distancia
- Reacción química
- Caudal de agua residual
- Viscosidad

MODULO 4						
Criterio	Distancia	Reacción Química	Caudal agua residual	Viscosidad	$\Sigma+1$	Ponderado
Distancia		0,5	0	0	1,5	0,15
Reacción Química	0,5		0	0	1,5	0,15
Caudal agua residual	1	1		0	3	0,3
Viscosidad	1	1	1		4	0,4
SUMA					10	1,00

Viscosidad > Caudal agua residual > Reacción química = Distancia

Tabla 4. 23 Análisis Criterios - Módulo 4

Análisis del criterio distancia:

Distancia	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0,5	1,5	0,50
Sol. 2	0,5		1,5	0,50
SUMA			3	1,00

Solución1 = Solución2

Tabla 4. 24 Análisis Criterio Distancia - Módulo 4

Análisis del criterio reacción química:

Reacción Química	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		1	2	0,67
Sol. 2	0		1	0,33
		SUMA	3	1,00

Solución1>Solución2

*Tabla 4. 25 Análisis Criterio Reacción Química - Módulo 4***Análisis del criterio caudal de agua residual:**

Caudal de agua residual	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		0	1	0,33
Sol. 2	1		2	0,67
		SUMA	3	1,00

Solución2>Solución1

*Tabla 4. 26 Análisis Criterio Caudal Agua Residual- Módulo 4***Análisis del criterio viscosidad:**

Viscosidad	Sol. 1	Sol. 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Sol. 1		1	2	0,67
Sol. 2	0		1	0,33
		SUMA	3	1,00

Solución1>Solución2

Tabla 4. 27 Análisis Criterio Viscosidad - Módulo 4

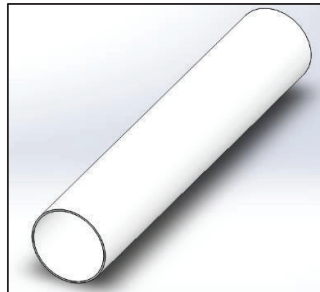
Matriz de conclusiones:

Criterio	Distancia	Reacción Química	Caudal de agua residual	Viscosidad	Σ	Ponderado
Sol. 1	0,075	0,1	0,1	0,267	0,54	1
Sol. 2	0,075	0,05	0,2	0,133	0,46	2

Tabla 4. 28 Matriz de Conclusiones - Módulo 4

Por lo tanto debido a los criterios de ponderación se escoge la solución 1:

Tubo PVC. Como se observa en la figura **Fig 4.29**

**Fig 4. 29** Esquema Solución Final - Módulo 4

Fuente: Propia

4.3 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA.

Por medio de las matrices de ponderación de criterios se observa en la figura **Fig 4. 30** la alternativa seleccionada completa:



Fig 4. 30 Alternativa Seleccionada Completa

Fuente: Propia

4.3.1 TOLVA DE ALMACENAMIENTO

Por los criterios planteados en la sección 2.5.2.1 la capacidad de almacenamiento es de 250 kg y el tiempo de duración del proceso es de 26 min.

Por medio de la **Tabla A.2** se conoce que la densidad aparente del café despulpado es de $803,4 \text{ [kg/m}^3 \text{]}$

En la siguiente figura **Fig 4. 31** se observa el esquema de la tolva:



Fig 4. 31 Esquema de la Tolva Circular

Se determinan las dimensiones de la tolva de almacenamiento:

4.3.1.1 Para el cono truncado

$$D = 2R = 1[m]$$

$$d = 2r = 0,1016[m] \approx 4 \text{ pulg}$$

Ecuación (2.7)

$$H_c = \frac{0,5 - 0,0508}{\tan(30^\circ)} = 0,778 [m]$$

Reemplazando Hc en la ecuación (2.6)

$$V_{\text{conotruncado}} = \frac{\pi}{3} 0,778(0,5^2 + 0,0508^2 + 0,5 * 0,0508)$$

$$V_{\text{conotruncado}} = 0,226[m^3]$$

4.3.1.2 Para el cilindro

Utilizando la ecuación (2.5) para determinar la masa a procesar que está en el cono

$$0,226 = \frac{m_{\text{cono}}}{803,4}$$

$$m_{\text{cono}} = 181,96[kg]$$

Como la masa de almacenamiento es de 250 [kg] entonces utilizando la ecuación (2.12) la masa que debe estar en el cilindro es:

$$250 = 181,96 + m_{\text{cilindro}}$$

$$m_{\text{cilindro}} = 68,04[kg]$$

Ecuación (2.5)

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{68,04}{803,4}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 0,085[m^3]$$

Ecuación (2.10)

$$0,085 = \frac{\pi}{4} 1^2 \cdot H$$

$$H = 0,108[m]$$

Se determina la presión lateral y sobre el fondo en el cilindro

Se calcula la presión máxima usando la ecuación (2.14)

$$P_{\max} = \frac{\gamma D}{4 \tan(\varphi')} = \frac{\gamma R h}{\tan(\varphi')}$$

Rh se obtiene por medio de la ecuación (2.15)

$$R h = \frac{1}{4} = 0,25[m]$$

$\tan(\varphi')$ Se obtiene por medio de la **Tabla A.10**, por lo tanto:

$$\tan(\varphi') = 0,3$$

Reemplazando en la ecuación (2.14)

$$P_{\max} = \frac{803,4 * 0,25}{0,3} = 669,5[kg / m^2] = 6,565[Kpa]$$

La abscisa característica se obtiene por la ecuación (2.16)

$$A = \frac{R h}{\tan(\varphi') \cdot \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_0}{2}\right)} - \frac{h}{3}$$

φ_0 Angulo natural de reposo se obtiene de la **Tabla A.11**

$$\varphi_0 = 32,91^\circ$$

h : Altura del cono del material almacenado [m] se determina mediante la ecuación (2.17)

$$h = \frac{1}{2} \tan(32,91) = 0,32[m]$$

Reemplazando en (2.16)

$$A = \frac{0,25}{0,3 * \tan^2\left(45 - \frac{32,91}{2}\right)} - \frac{0,32}{3}$$

$$A = \frac{0,25}{0,3 * 0,296} - \frac{0,32}{3}$$

$$A = \frac{0,25}{0,3 * 0,296} - \frac{0,32}{3} = 2,708[m]$$

Por tanto la presión lateral se determina con la ecuación (2.13)

$$Z=H=0,108[m]$$

$$P_z = 669,5 \left[1 - \left(\frac{0,108}{2,708} + 1 \right)^{-2} \right]$$

$$P_z = 669,5 \left[1 - (1,034)^{-2} \right]$$

$$P_z = 669,5 \left[1 - 0,924 \right]$$

$$P_z = 50,289 [kg / m^2] = 0,493 [Kpa]$$

Para determinar la presión sobre el fondo está dada por la ecuación (2.18)

$$q_z = 803,4 \left[0,108 \left(\frac{0,108}{2,708} + 1 \right)^{-1} + \frac{0,32}{3} \right]$$

$$q_z = 803,4 \left[0,108 (1,04)^{-1} + \frac{0,32}{3} \right]$$

$$q_z = 803,4 [0,210]$$

$$q_z = 169,972 [kg / m^2] = 1,666 [Kpa]$$

4.3.1.3 Espesor del cilindro

El material a utilizar en la construcción del cilindro para el almacenamiento de café con mucilago es acero inoxidable 430 ya que presenta buena resistencia a la corrosión y características de conformado con propiedades mecánicas útiles; al ser un acero inoxidable ferrítico tiene un costo relativamente bajo ya que no contiene níquel

En la **Tabla A.12** se muestran las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 430

Se aplica un factor de seguridad $N=10$ basado en la resistencia de fluencia y en la incertidumbre de la presión real que la masa de café ejerce sobre la pared del

tanque; se determina el espesor mínimo que debe tener la pared del tanque para resistir la presión generada por el café con mucilago

Utilizando un coeficiente de seguridad de soldadura de 0,9 utilizando la **Tabla A.3** y la ecuación 2.20 se tiene:

$$t = \frac{10 * 493 * 1}{2 * 205 * 10^6 * 0,9} = 0,01[mm]$$

4.3.1.4 Cálculo de presión lateral y vertical en el cono truncado

Ecuación 2.21:

$$z_t = 0,108 + \frac{0,778}{3}$$

$$z_t = 0,367[m]$$

Ecuación 2.13:

$$P_{zg} = 669,5 \left[1 - \left(\frac{0,367}{2,708} + 1 \right)^{-2} \right]$$

$$P_{zg} = 669,5 \left[1 - (1,135)^{-2} \right]$$

$$P_{zg} = 150,317[kg / m^3] = 1,474[KPa]$$

Ecuación 2.22 para la presión lateral del cono truncado se tiene:

$$PZ_t = 1,474 \text{sen}(60) = 1,276[KPa]$$

Ecuación 2.18:

$$q_{zg} = 803,4 \left[0,367 \left(\frac{0,367}{2,708} + 1 \right)^{-1} + \frac{0,324}{3} \right]$$

$$q_{zg} = 346,425[kg / m2] = 3,397[KPa]$$

Ecuación 2.23 para la presión vertical del cono truncado se tiene:

$$qz_t = 3,397 \cos(60) = 1,7[KPa]$$

Ecuación 2.24.

$$R = \sqrt{1,276^2 + 1,7^2}$$

$$R = 2,125[KPa]$$

Ecuación 2.26:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{1,276}{1,7}\right) = 36,9^\circ$$

El Angulo que tiene la resultante con la tolva usando la ecuación 2.25

$$\theta = 90^\circ - 60^\circ + 36,9^\circ = 66,9^\circ$$

Ecuación 2.28:

$$\varepsilon = 60 - 36,9 = 23,1^\circ$$

Usando la ecuación 2.27 se determinan los esfuerzos perpendicular y tangencial

$$R_N = 2,125 \cos(23,1) = 1,95[KPa]$$

$$R_T = 2,125 \operatorname{sen}(23,1) = 0,83[Kpa]$$

El peso del material almacenado en la tolva, el peso del tanque y de los elementos de sujeción usando 2.29 es:

$$W = 250 * 9,8 = 2450[N]$$

Ecuaciones 2.9 y 2.8

$$g = \sqrt{0,778^2 + (0,5 - 0,051)^2} = 0,898[m]$$

$$A_t = \pi[0,898 * (0,5 + 0,051) + 0,5^2 + 0,051^2] = 2,34[m^2]$$

La presión vertical usando 2.30 será

$$P = \frac{2450}{2,345} = 1043,4[Pa]$$

Para conocer la presión perpendicular al cono truncado se usa la ecuación 2.31

$$P_N = 1043,4 * \cos(60) = 521,7[Pa]$$

Se determina el espesor del cono truncado usando 2.32

$$t_t = \frac{10 * (521,7 + 1955) * 1}{2 * 245 * 10^6 * \cos(60) * 0,9} = 0,134[mm]$$

4.3.2 CÁLCULO DE TRANSMISION MECÁNICA POR CORREA TRAPEZOIDAL

4.3.2.1 Potencia Transmitida

Por medio de la **Tabla A.13** se considera la potencia del motor conductor igual a 2 [HP], y $K=1$ tomado de la **Tabla A.4**; por tanto la potencia corregida o teórica usando la ecuación 2.33 se tiene:

$$P_c = 2 * 1 = 2[HP]$$

4.3.2.2 Selección tipo de correa

Por medio de la **Tabla A.13** se tiene que la velocidad angular de la polea menor es 860 [RPM] y con ayuda de la figura **Fig A.1** se tiene:

Se tiene que la sección de la correa es la tipo A

4.3.2.3 Relación de transmisión

Por medio de la **Tabla A.13** se obtiene que la velocidad angular del motor es 1750 [RPM] entonces usando la ecuación 2.35 se tiene:

$$R = \frac{1750}{860} = 2,034 \approx 2$$

4.3.2.4 Diámetro de poleas

Por medio de la **Tabla A.5** se selecciona que el diámetro de la polea conducida sea de 250 [mm] por lo tanto usando la ecuación 2.35 se tiene

$$2 = \frac{250}{d}$$

$$d_{polea\ motriz} = 125[mm]$$

4.3.2.5 Distancia entre ejes

Utilizando la ecuación 2.36 se tiene:

$$E \geq \frac{(2+1)*125}{2} + 125 = 312,5[mm]$$

Se selecciona: $E = 315[mm]$

4.3.2.6 Longitud de la correa

Por medio de la expresión 2.38 se tiene:

$$L_p = 2 * 315 + \frac{\pi}{2} (250 + 125) + \frac{(250 - 125)^2}{4 * 315}$$

$$L_p = 630 + 589,048 + 12,4$$

$$L_p = 1231,448[mm]$$

Mediante la **Tabla A.14** se selecciona que la longitud de la correa con perfil "A" es: 1232[mm] siendo el N°47

4.3.2.7 Factor de corrección del largo de la correa (Fcl)

El factor de corrección Fcl es obtenido mediante la **Tabla A.15**

En este caso el factor Fcl es de 0,92

4.3.2.8 Arco de contacto

Utilizando la ecuación 2.39 se tiene:

$$A = 180 - 57 \frac{(250 - 125)}{315} = 157,38^\circ$$

4.3.2.9 Corrector de ángulo de Contacto

Utilizando la siguiente tabla:

Por medio de la **Tabla A.16** se tiene un FcA de 0,94

4.3.2.10 Velocidad lineal de la correa

Usando la expresión 2.40 se tiene:

$$v_t = \frac{\pi * 125 * 1750}{60 * 1000} = 11,45[m/s]$$

Es válido siendo menor a 30[m/s]

4.3.2.11 Potencia base

Por medio en la **Tabla A.15** en la que se relaciona el número de revoluciones con el diámetro de la polea menor; se obtiene que: Pb=3,2[HP]

4.3.2.12 Potencia efectiva

Ecuación 2.41:

$$Pe = 3,2 * 0,92 * 0,94 = 2,85[HP]$$

4.3.2.13 Calculo número de correas

Ecuación 2.42:

$$N^{\circ} \text{ de correas} = \frac{2,2}{2,85} = 0,77 \approx 1 \text{ correa}$$

4.3.2.13 Factor de Seguridad

K_s Se obtiene por medio de la **Tabla A.18**

Ecuación 2.43:

$$n_{fs} = \frac{2,85 * 1}{2,2 * 1,1} = 1,17$$

4.3.2.14 Tensión estática mínima por poleas

Se determinara por medio de la ecuación 2.44, el factor k se obtendrá mediante la **Tabla A.19**

$$T = \frac{500 * (2,02 - 0,94) * 2}{0,94 * 1 * 11,45} + 0,12 * 11,45^2 = 116,05 [N]$$

Considerando el factor de seguridad se tiene:

$$T = 116,05 * 1,17 = 145,98 [N]$$

4.3.2.15 Fuerza estática sobre el eje

Por medio de la expresión 2.45 se tiene:

$$S_a = 2 * 145,98 * \text{sen} \frac{157,38}{2} * 1 = 286,29 [N]$$

4.3.3 FIJACION DE POLEAS

4.3.3.1 Calculo de pares de torsión para los ejes

$$P = 2 [HP] = 1491,4 [W]$$

Por medio de la expresión 2.51 se tiene que:

Para el eje del motor:

$$T_{motor} = \frac{1491,4}{2\pi \frac{1750}{60}} = 8,13 [Nm]$$

Considerando un n_a de 0,9 y usando la ecuación 2.52 se tiene:

$$T_{conducido} = \frac{1491,4}{2\pi \frac{860}{60}} * 0,9 = 14,6[Nm]$$

4.3.3.2 Cálculo diámetro previo de ejes:

Se tomará como material un acero de bajo carbono, dúctil en este caso el AISI 1030 cuyas propiedades se presentan en la **Tabla A.20**

Considerando un factor de seguridad $n = 2$

Aplicando la ecuación 2.54 se tiene:

$$\tau_{adm} = \frac{440}{\sqrt{3} * 2} = 127[MPa]$$

Reemplazando y despejando d en la ecuación 2.53 se tiene:

En el caso del eje del motor:

$$d_{motor} = \sqrt[3]{\frac{16 * 8,13}{\pi * 127 * 10^6}} = 6,882[mm]$$

En el caso del eje conducido:

$$d_{conducido} = \sqrt[3]{\frac{16 * 14,6}{\pi * 127 * 10^6}} = 8,365[mm]$$

4.3.3.3 Cálculo de alojamiento cónico

Por medio de la **Tabla A.6** se seleccionó un ángulo $\alpha = 3^\circ$ que se aproxima a una conicidad 1:10, para obtener una fácil separación de la polea del eje, cuando sea necesario su mantenimiento

El diámetro mayor a considerar es de $D = 20[mm]$ y $L = 30[mm]$; el material de la polea es de aluminio y el material del eje es acero suave AISI 1030 cuyos coeficientes de fricción estático y dinámico se tomaran de la **Tabla A.21**

En este caso se tienen $\mu_s = 0,61$ y $\mu_k = 0,47$

La polea conducida del rotor soporta un par de torsión nominal $T = 14,6[Nm]$ con $860[rpm]$

El diámetro menor está dado por la expresión 2.49:

$$d = 20 - 2 * 30 * \tan(3) = 16,855[mm] \approx 17[mm]$$

Y la fuerza axial está dada por la ecuación 2.48:

$$F_a = \frac{3\text{sen}(3) \cdot (0,02^2 - 0,017^2) * 14,6}{0,61(0,02^3 - 0,017^3)} = 135,123[N]$$

4.3.3.4 Velocidad angular de la correa:

Se encuentra dada por la expresión 2.55

$$n_c = \frac{\pi * 860 * 250}{1232} = 548,24[rpm]$$

4.3.4 ARBOLES DE TRANSMISION

4.3.4.1 Selección del Material

El material seleccionado es el AISI 1030, siendo un acero de alto carbono, puede ser endurecido o fortalecido por trabajo en frío; posee buena maquinabilidad, ductilidad, una buena soldabilidad y bajo costo.

Propiedades físicas del AISI 1030 se presentan en la **Tabla A. 22**

Propiedades mecánicas del AISI 1030 se presentan en la **Tabla A. 23**

4.3.4.2 Configuración Geométrica

En la siguiente figura **Fig 4.32** se mostrara la configuración geométrica del eje del rotor en el cual se define las longitudes, diámetros y disposición para el montaje de los elementos de fijación de las transmisiones mecánicas

Para facilitar el montaje y desmontajes de las poleas se utiliza un asiento cónico, la cual se transmite la potencia mediante el efecto cuña, la fuerza axial que une la polea con el eje es por medio de un tornillo y una arandela

Para evitar el desplazamiento axial de los accesorios montados sobre el eje (agitador, limpiador y alimentador) se ha creado ranuras en el eje, para que ahí vaya instalado anillos de retención para eje externo; los cuales simplifican el diseño y reducen el costo de instalación

Como al eje se transmiten momentos flectores y esfuerzos axiales estos se disminuyen por medio de chumaceras de pared

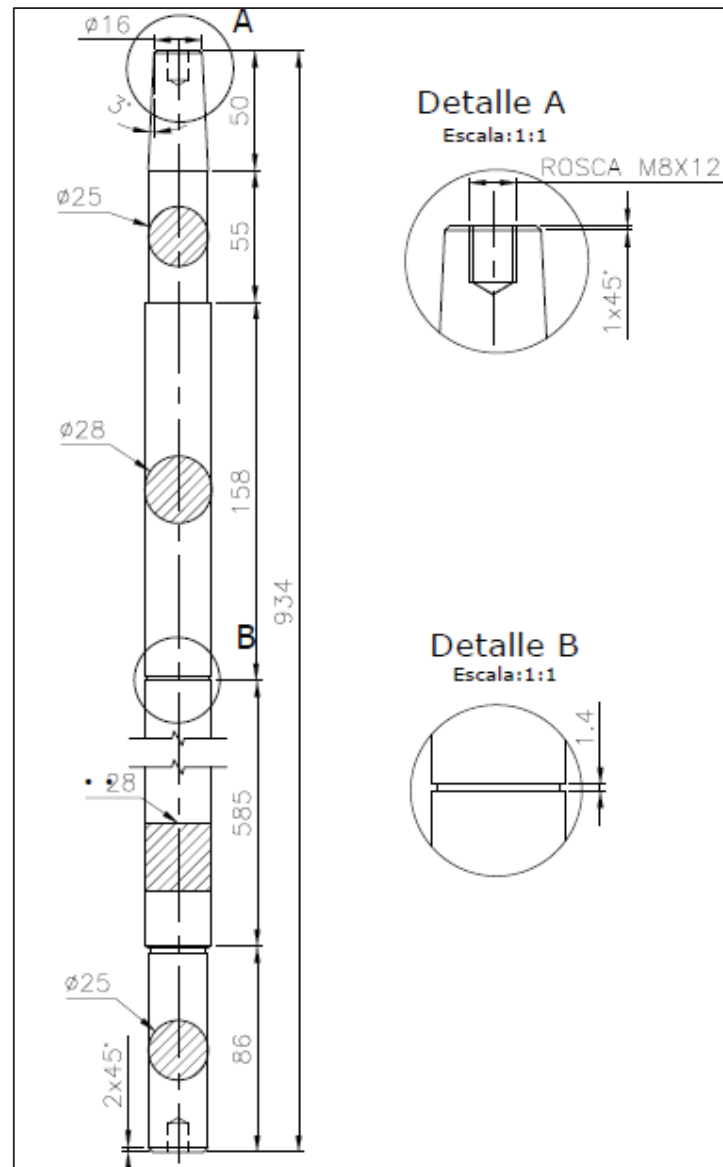


Fig 4. 32 Configuración Geométrica del Eje de Transmisión del Rotor

Fuente: Propia

4.3.4.3 Verificación de la resistencia

4.3.4.3.1 Resistencia estática

La sección transversal del eje está bajo la combinación de esfuerzo biaxial; en este caso la combinación está dada por las ecuaciones 2.63 con 2.69 Y 2.70 con 2.56 quedando:

$$S = -\alpha_p \frac{F}{A} \pm \frac{Mc}{I} \quad (4. 1)$$

$$S_s = \frac{Tc}{J} + \frac{4V}{3A} \quad (4.2)$$

Para el diseño del eje de transmisión de potencia del rotor, se ha considerado un material dúctil uniforme como el AISI 1030; se aplicara la teoría de Von Mises-Hencky (teoría de la energía de distorsión)

En el eje se transmite una potencia de $2[HP]$ a $860[rpm]$, está apoyado en dos chumaceras de pared en A y B. la potencia es suministrada por una polea en C que es transmitida mediante una correa trapezoidal, el diámetro primitivo de la polea es $250[mm]$ y la fuerza sobre el eje es de $286,29[N]$

Se procede a verificar la resistencia del eje a cargas dinámicas; ya que éstas son mayores que las nominales, estas cargas se presentan cuando se arranca el motor eléctrico que son 1,8 veces las cargas nominales

4.3.4.3.2 Diagrama de cuerpo libre

El apoyo A soporta la carga radial generada por la transmisión mecánica por la correa trapezoidal y un porcentaje de la carga axial de empuje generada por la sección del tramo de hélice que permite el ascenso del café con mucilago más agua

El apoyo B soporta una carga radial menor, y un porcentaje mayor de la carga axial, pero este apoyo se encontrará bajo una carga de tracción; como se observa en la figura:

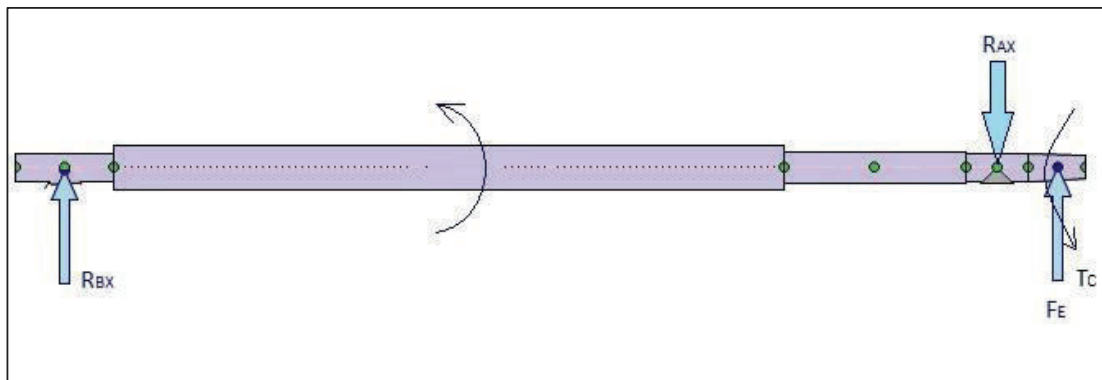


Fig 4. 33 Diagrama de Cuerpo Libre

Fuente: Propia

4.3.4.3.3 Par de torsión

El eje consume gran parte de la potencia del motor, se debe calcular un solo par nominal con el fin de simplificar el análisis: este ya se calculó antes y se tiene:

$$T_{conducido} = \frac{1491,4}{2\pi \frac{860}{60}} * 0,9 = 14,6[Nm]$$

El par de torsión pico $T_p = 1,8 * T_{conducido} = 1,8 * 14,6 = 26,82[Nm]$

El par torsional entra por la polea en C al eje que es producido por las fuerzas transmitidas por la correa trapezoidal desde el motor. El par torsional en el tramo AB tiene sentido contrario al par torsional generado en C, ya que la masa de café con mucilago más agua se opone al movimiento rotacional producido por el motor, además de debe sumar la fuerza de fricción que genera la superficie de la criba de la cámara contra la masa de café.

En el caso de las chumaceras en A y B no se tienen reacciones, ya que estos dispositivos buscan la rotación libre del eje. El tramo AC es el más cargado a torsión con un par constante de $26,82[Nm]$, sin embargo este par torsional disminuye a lo largo del árbol, ya que gran parte de la potencia es consumida en la agitación de la masa de café con mucilago. Una cantidad menor del par torsional producido por el motor sale por D.

En la siguiente figura **Fig 4.34** se muestra el par de torsión pico el eje y como se va reduciendo por los criterios expuestos anteriormente

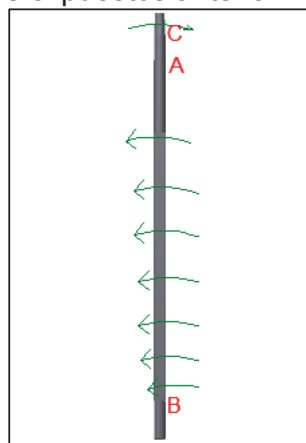


Fig 4. 34 Par de Torsión

Fuente: Propia

4.3.4.3.4 Fuerzas externas

Considerando un paso del tornillo sin fin $p = 0,04[m]$ fuerza de empuje axial ejercida por el tornillo sin fin está dada por la ecuación 2.72:

$$F_n = \frac{1,491}{0,04 * \frac{860}{60}} = 2,6[KN]$$

La fuerza axial de empuje pico está dada por la ecuación 2.73:

$$F_p = 1,8 * 2,6 = 4,68[KN]$$

Para obtener las reacciones en los apoyos A y B se utilizará las figuras **Fig 4.33** y **Fig 4.34**

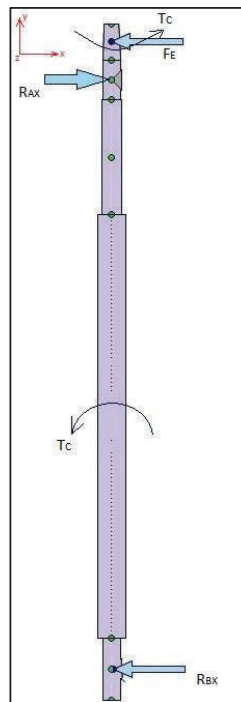


Fig 4. 35 Diagrama de Cuerpo Libre

$$\rightarrow \sum F_x = 0$$

$$-F_e + R_{AX} - R_{BX} = 0$$

$$F_e = 286,29[N]$$

$$+) = \sum M_{Axy} = 0$$

$$F_e(52,5) - R_{BY}(813,5) = 0$$

Se tiene que $R_{AX} = 304,76[N]$
 $R_{BX} = 18,43[N]$

$$+ \uparrow \sum F_Y = 0$$

$$F_T - R_{AY} - R_{BY} = 0$$

$$F_T = 4680[N]$$

Es estáticamente indeterminado; se considera que no existe deformación; se tiene:

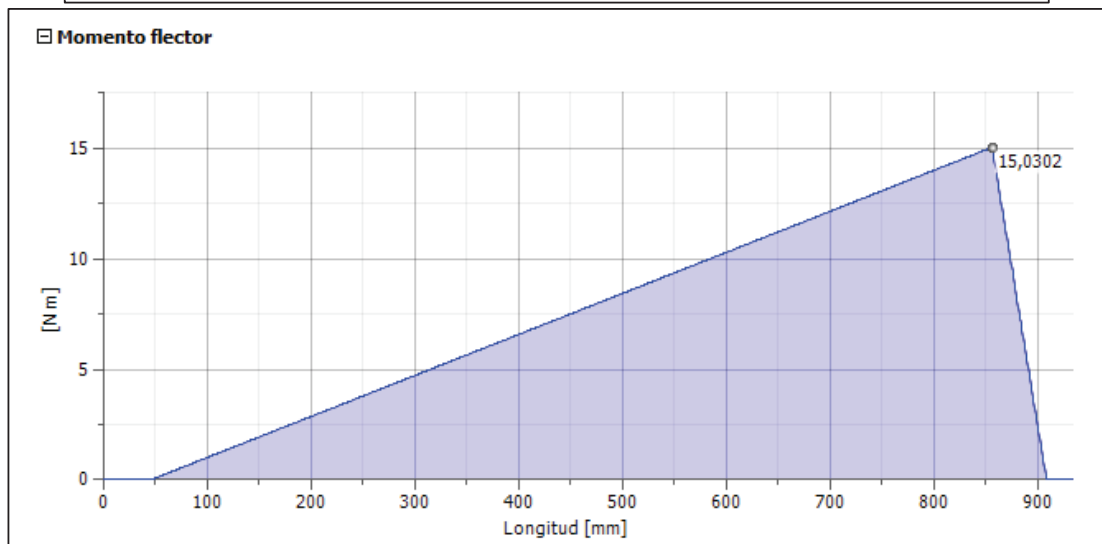
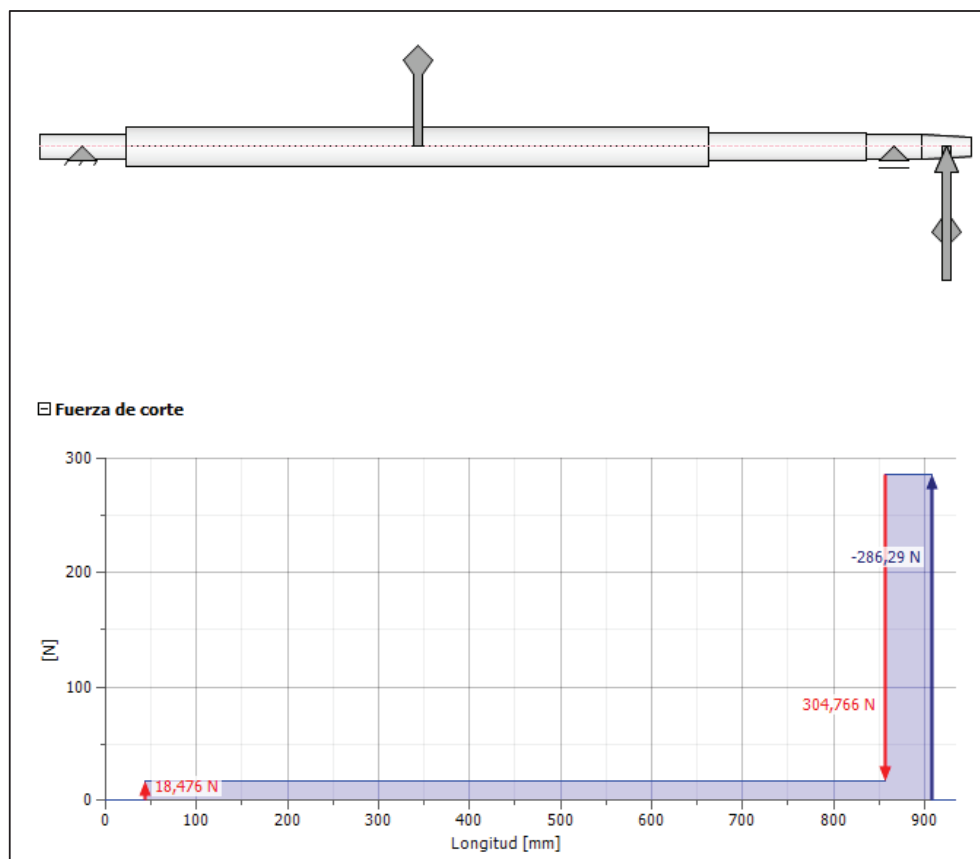
$$\delta_{\max} = \delta_{AB} = 0$$

$$0 = -\frac{R_{AY}}{E} \left(\frac{L_{AD}}{A_{AD}} + \frac{L_{DE}}{A_{DE}} \right) + \frac{R_{BY}}{E} \left(\frac{L_{EF}}{A_{EF}} + \frac{L_{FB}}{A_{FB}} \right)$$

Se tiene que $R_{AY} = 3402[N]$
 $R_{BY} = 1278[N]$

4.3.4.3.5 Diagramas de Fuerza Cortante, Momento Flector y Carga Axial

En la siguiente figura **Fig 4.36** se muestran los diagramas:



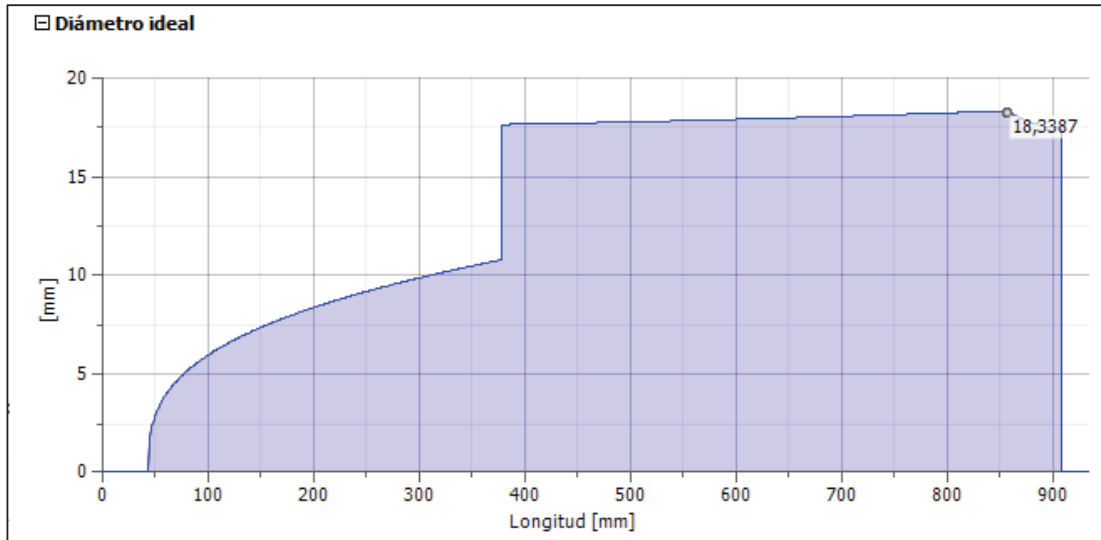


Fig 4. 36 Diagrama Fuerza cortante y Momento Flector

Fuente: Propia

En el diagrama de momento resultante, se puede observar que este momento flector máximo es pequeño; esto se debe a que el apoyo se encuentra muy cerca de la transmisión por correa trapezoidal, disminuyendo este efecto sobre el eje

4.3.4.3.6 Secciones más cargadas

De la figura anterior **Fig 4.36**, se concluye que la sección más cargada es en A, debido a que existen en esta sección las cargas máximas y esta es la que presenta menor diámetro

En esta sección existen dos puntos críticos, el primero es el que está sometido a un esfuerzo cortante producido por la superposición de la fuerza cortante y el par de torsión, y un esfuerzo normal de compresión debido a la fuerza axial de compresión; el segundo punto soporta un esfuerzo cortante por el par torsional y un esfuerzo normal por la suma de las tensiones producidas por el momento flector máximo y la fuerza axial de compresión como se observa en la siguiente figura **Fig 4.37**.

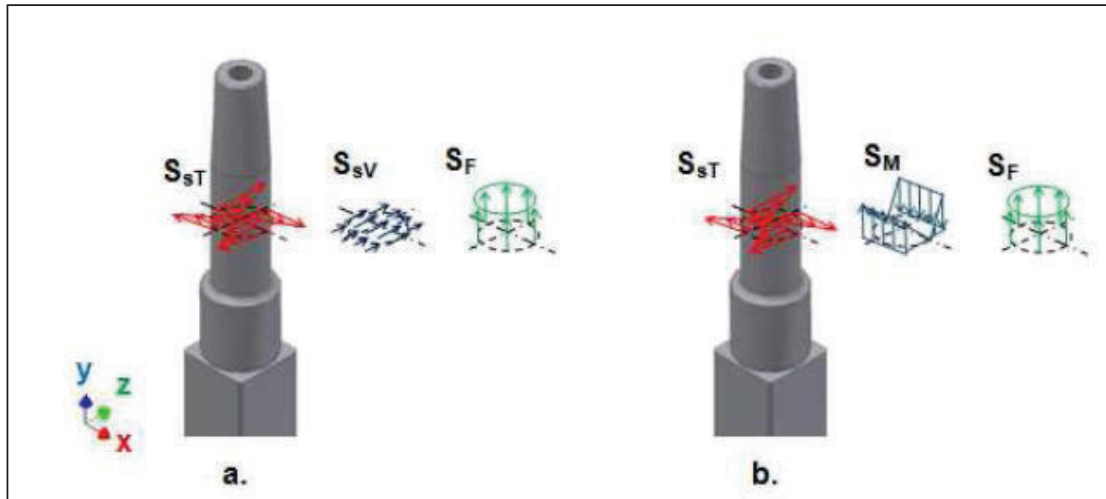


Fig 4. 37 Distribución de esfuerzos en la sección A producida por las cargas: a) esfuerzo cortante producido por T y Vz más esfuerzo axial de compresión producido por F. b) esfuerzo cortante producido por T más el esfuerzo normal por Myz y el esfuerzo F

Fuente: Propia

Para el primer punto:

El esfuerzo normal de tensión está dado por la ecuación 2.61, se tiene:

$$S = S_F = \frac{3402[N]}{\frac{\pi}{2}(0,025)^2} = 3465248,745 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 3,47[MPa]$$

El esfuerzo cortante para el punto crítico está dado por las ecuaciones 2.56 y 2.70; es igual a:

$$S_{ST} = \frac{16 * 26,82}{\pi(0,025)^3} = 8741960,855 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 8,74[MPa]$$

$$S_{SV} = \frac{4 * 286,29}{3 * \frac{\pi}{4}(0,025)^2} = 777633,6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 0,777[MPa]$$

$$S_s = 8,74 + 0,777 = 9,52[MPa]$$

Reemplazando en 2.74 se tiene:

$$N_1 = \frac{440}{\sqrt{3,47^2 + (\sqrt{3} \times 9,52)^2}} = 26,11$$

Para el segundo punto:

El esfuerzo normal producido por el momento flector en el punto crítico está dada por la ecuación 2.69.

$$S_M = \frac{32 * 41,85}{\pi * (0,025)^3} = 27281958,37 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 27,28 [MPa]$$

$$N_2 = \frac{440}{\sqrt{3,47^2 + (\sqrt{3} \times 27,28)^2}} = 9,28$$

4.3.4.3.7 Análisis por fatiga

Para el análisis por fatiga del eje se utilizan los resultados del procedimiento de análisis estático para las cargas pico, teniendo presente que las cargas nominales son 1,8 las cargas pico.

Factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga

- S_e' : Límite de resistencia a la fatiga de la probeta

Por medio de la **Tabla A.23** se tiene:

$$S_{ut} = 525 [Mpa]$$

Utilizando la **Tabla 2.1** se tiene:

$$S_e' = 525 * 0.5 = 262,5 [Mpa]$$

- k_a : Factor de superficie

Por medio de la **Tabla 2.2** se tiene:

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

Aplicando la expresión 2.76

$$k_a = 4.51(525)^{-0.265} = 0,857$$

- k_b : Factor de tamaño

Por medio de la expresión 2.77

$$k_b = 1,24 * 25^{-0,107} \quad 2,79 \leq d \leq 51mm$$

$$k_b = 0,878$$

- k_c : Factor de confiabilidad

Con una confiabilidad del 0.90 y por medio de la **Tabla 2.3**

$$k_c = 0.897$$

- k_d : Factor de temperatura

Trabajo a temperatura ambiente y utilizando 2.79

$$k_d = 1.$$

- k_e : Factor de modificación por concentración de esfuerzo
- k_f : Factor de efectos diversos

Consideración de radio grande

$$k_e = 1$$

$$k_f = 1$$

Reemplazando en 2.75 se tiene

$$S_e = 262.5 * 0.857 * 0.878 * 0.897 * 1 * 1 * 1$$

$$S_e = 177.17 [Mpa]$$

Método de Von Misses

Reemplazando en la ecuación 2.82 la expresión 2.81 y 2.80 se tiene:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(k_f * M_a)^2 + 3(k_{fs} * T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[4(k_f * M_m)^2 + 3(k_{fs} * T_m)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

En el caso de un eje giratorio con flexión y torsión constantes, el esfuerzo flexionante es completamente reversible y la torsión es constante; y los valores M_m y T_a serían 0; por lo tanto la ecuación anterior queda:

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \frac{1}{S_e} \left[4(k_f * M_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[3(k_{fs} * T_m)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

Donde:

$$M_a = 15.03Nm$$

$$T_M = 26.82Nm$$

$$K_f = 1 + q(k_t - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + q_s(k_{ts} - 1)$$

De las ecuaciones anteriores para obtener q y q_s se emplean las siguientes graficas **Fig A.2 y Fig A.3** respectivamente

Por tanto se tiene:

$$q = 0.7 \rightarrow k_t = 1.62$$

$$q_s = 0.98 \rightarrow k_{ts} = 1.25$$

$$K_f = 1 + 0.7(1.62 - 1)$$

$$K_{fs} = 1 + 0.98(1.25 - 1)$$

$$K_f = 1.434$$

$$K_{fs} = 1.245$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi(25)^3} \left\{ \frac{1}{177.17Mpa} \left[4(1.434 * 15.03)^2 [N - m]^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{525Mpa} \left[3(1.245 * 26.82)^2 [N - m]^2 \right]^{1/2} \right\}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{16(3.534 \times 10^{-7})}{\pi(0.025)^3}$$

$$n = 8.68$$

4.3.5 SELECCIÓN DE TORNILLOS PARA UNIR CHUMACERAS CON TAPAS

Por medio de la **Tabla A.8** se selecciona un M10

Se selecciona el espesor de las arandelas:

De la **Tabla A. 24** se selecciona la arandela 10N que tiene un espesor de 2,3 mm

De la **Tabla A. 25** se selecciona la tuerca hexagonal regular M10 que tiene un espesor de 8,4 mm

Por tanto la configuración geométrica se muestra en la fig **Fig 4.38**:

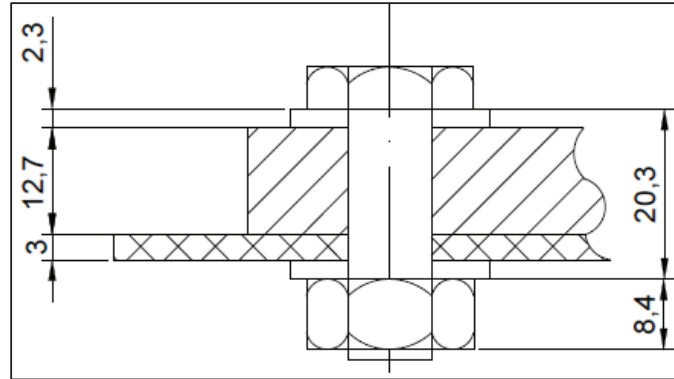


Fig 4. 38 Configuración geométrica unión chumacera- tapa

Fuente: Propia

Siendo la longitud de apriete $l = 20,3[mm]$ y la altura de la tuerca $8,4[mm]$, selecciona de la **Tabla A.26** la longitud de tornillo $L = 30[mm]$

Ecuación 2.83

$$L_T = 2(10) + 6 = 26[mm]$$

$$L_d = L - L_T = 30 - 26 = 4[mm]$$

$$L_l = l - L_d = 20,3 - 4 = 16,3[mm]$$

El área de esfuerzo sometido a tensión A_l se obtiene mediante la **Tabla A. 27**.

De la **Tabla A.27** se tiene que $A_l = 58[mm^2]$

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78,54[mm^2]$$

Tabla 2.4

$$E = 207 \times 10^9 \frac{N}{m^2} = 207000 \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación 2.84

$$k_b = \frac{78,54 * 58 * 207000}{(78,54 * 16,3) + (58 * 4)} = 623561,69 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Tabla 2.4

$$A = 0,78715$$

$$B = 0,62873$$

Ecuación 2.85

$$k_m = 207000 * 10 * 0,78715 \exp(0,62871 * 10 / 20,3) = 2220941 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

4.3.5.1 Forma Estática

La constante de rigidez C

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} = 0,219$$

Tabla A.8

$$S_p = 225 [MPa] = 225 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.88 y 2.89

$$F_i = 0,75 A_i S_p = 0,75 * 58 * 225 = 9787,5 [N]$$

Ecuación 2.87

$$n = \frac{(225 * 58) - 9787,5}{0,219 * \frac{3402}{4}}$$

$$n = 17,51$$

4.3.5.2 A fatiga

Ecuación 2.90

$$\sigma_a = \frac{0,219 * 3402}{2 * 58} = 6,42 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.91

$$\sigma_m = 6,42 + \frac{9787,5}{58} = 175,17 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_i = 168,75 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Tabla A.8

$$S_p = 225 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 225 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_{ut} = 400 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 400 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_y = 240 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 240 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

El S_e se obtiene de la **Tabla A.28**

Ecuación 2.92

$$S_a = \frac{162(400 - 168,75)}{400 + 162} = 51,84 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.93

$$n_f = \frac{51,84}{6,42} = 8,075$$

4.3.6 SELECCIÓN DE TORNILLOS PARA UNIR TAPAS CON ESTRUCTURA

Para obtener la carga en los tornillos se procede al análisis de las tapas por medio del diagrama de cuerpo libre:

4.3.6.1 Tapa superior:

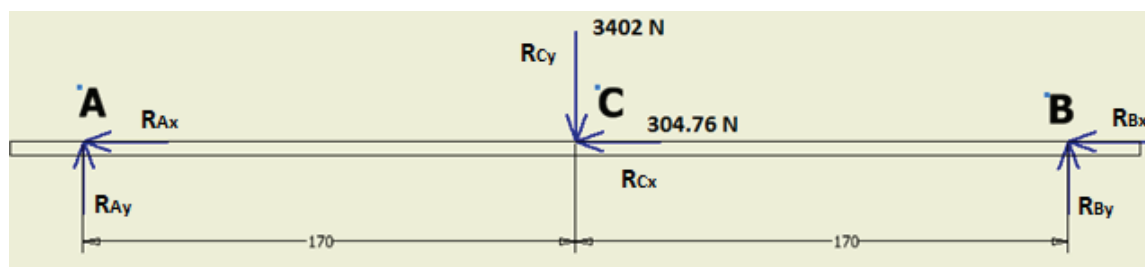


Fig 4. 39 Diagrama de cuerpo libre tapa superior

$$\downarrow + \sum M_A = 0$$

$$R_{Cy} * AC + R_{By} * AB = 0$$

$$-3402 * 170 + R_{By} * 340 = 0$$

$$R_{By} = \frac{3402 * 170}{340}$$

$$R_{By} = 1701. [N]$$

$$\downarrow + \sum M_B = 0$$

$$R_{Cy} * BC + R_{Ay} * AB = 0$$

$$R_{Ay} = 1701. [N]$$

$$\xrightarrow{+} \sum F_x = 0$$

$$-R_{Ax} - R_{By} - 304.76N = 0$$

$$R_{Ax} + R_{By} = -304.76N \quad (1)$$

$$\frac{R_{Ax}}{E} \left(\frac{AC}{S_t} \right) - \frac{R_{Bx}}{E} \left(\frac{BC}{S_t} \right) = 0$$

$$R_{Ax} = R_{Bx} \quad (2)$$

(2) en (1)

$$2R_{Ax} = -304.76N$$

$$R_{Ax} = -152.38. [N]$$

$$R_{Bx} = -152.38. [N]$$

4.3.6.2 Tapa inferior:

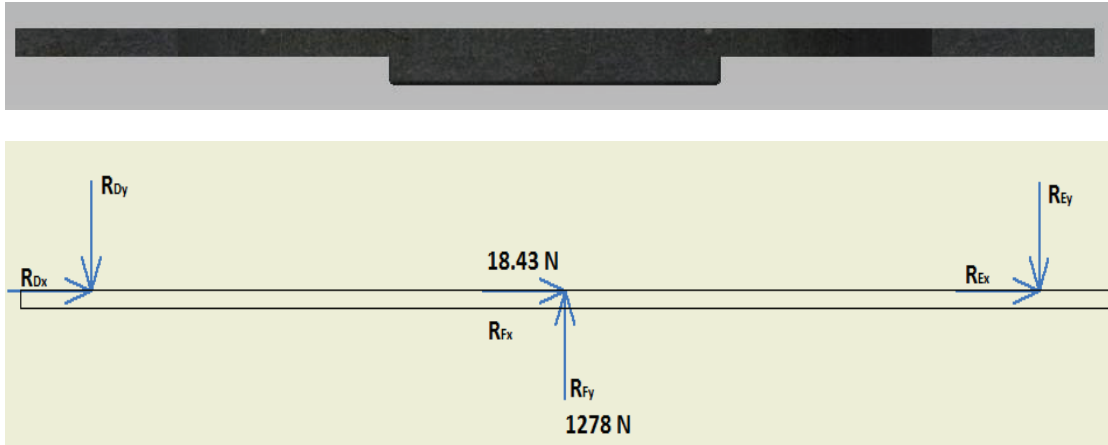


Fig 4. 40 Diagrama de Cuerpo libre tapa inferior

$$\downarrow + \sum M_D = 0$$

$$R_{Fy} * D\bar{F} - R_{Ey} * D\bar{E} = 0$$

$$1278 * 170 - R_{Dy} * 340 = 0$$

$$R_{Dy} = \frac{1278 * 170}{340}$$

$$R_{Dy} = 639. [N]$$

$$\downarrow + \sum M_E = 0$$

$$-R_{Fy} * E\bar{F} + R_{Dy} * D\bar{E} = 0$$

$$-1278 * 170 + R_{Cy} * 340 = 0$$

$$R_{Cy} = 639. [N]$$

$$\rightarrow + \sum F_x = 0$$

$$R_{Dx} + R_{Ex} + 18.43 N = 0 \quad (3)$$

$$\frac{R_{Dx}}{E} \left(\frac{D\bar{F}}{S_t} \right) - \frac{R_{Ex}}{E} \left(\frac{E\bar{F}}{S_t} \right) = 0$$

$$R_{Dx} = R_{Ex} \quad (4)$$

(4) en (3)

$$2R_{Dx} = -18.43.[N]$$

$$R_{Dx} = 9.215.[N]$$

$$R_{Ex} = 9.215.[N]$$

Por medio de la **Tabla A.8** se selecciona un M10

Por medio de la **Tabla A.24** se selecciona la arandela 10N que tiene un espesor de 2,3 mm

Por medio de la **Tabla A.25** se selecciona tuerca hexagonal regular que tiene un espesor de 8,4 mm

Por tanto la configuración geométrica es:

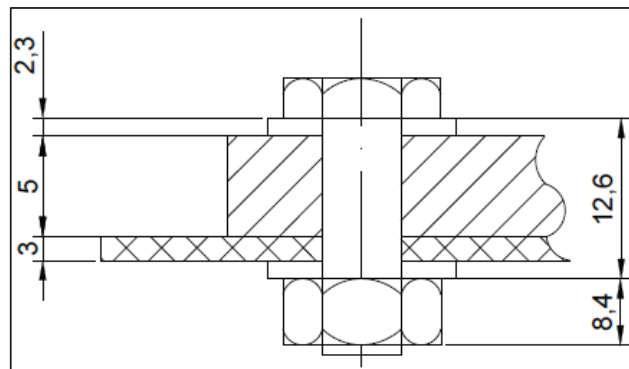


Fig 4. 41 Configuración Geométrica de Tapa-Estructura

Siendo la longitud de apriete $l = 12,6[mm]$ y la altura de la tuerca $8,4[mm]$, selecciona de la **Tabla A.26** la longitud de tornillo $L = 22[mm]$

Ecuación 2.83

$$L_T = 2(10) + 6 = 26[mm]$$

$$L_d = L - L_T = 22 - 26 = -4[mm]$$

$$L_l = l - L_d = 20,3 + 4 = 24,3[mm]$$

De la **Tabla A.27** se tiene que $A_l = 58[mm^2]$

$$A_d = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi * 10^2}{4} = 78,54 [mm^2]$$

Tabla 2.4

$$E = 207 \times 10^9 \frac{N}{m^2} = 207000 \frac{N}{mm^2}$$

Ecuación 2.84

$$k_b = \frac{78,54 * 58 * 207000}{(78,54 * 24,3) + (58 * -4)} = 562444,89 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

Tabla 2.4

$$A = 0,78715$$

$$B = 0,62873$$

Ecuación 2.85

$$k_m = 207000 * 10 * 0,78715 \exp(0,62871 * 10 / 12,6) = 2683678,28 \left[\frac{N}{mm} \right]$$

4.3.6.3 Forma Estática

La constante de rigidez C

$$C = \frac{k_b}{k_b + k_m} = 0,17$$

Tabla A.8

$$S_p = 225 [MPa] = 225 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.88 y 2.89

$$F_i = 0,75 A_i S_p = 0,75 * 58 * 225 = 9787,5 [N]$$

Ecuación 2.87

$$n = \frac{(225 * 58) - 9787,5}{0,17 * 1701}$$

$$n = 11,28$$

4.3.6.4 A fatiga

Ecuación 2.90

$$\sigma_a = \frac{0,17 * 1701}{2 * 58} = 2,49 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.91

$$\sigma_m = 2,49 + \frac{9787,5}{58} = 171,24 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$\sigma_i = 168,75 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Tabla 2.8

$$S_p = 225 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 225 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_{ut} = 400 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 400 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$S_y = 240 \times 10^6 \left[\frac{N}{m^2} \right] = 240 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

El $S_e = 162 [MPa]$ se obtiene de la **Tabla A.28**

Ecuación 2.92

$$S_a = \frac{162(400 - 168,75)}{400 + 162} = 51,84 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ecuación 2.93

$$n_f = \frac{51,84}{2,49} = 20,81$$

4.3.7 DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA QUE SOPORTA AL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO

4.3.7.1 Cargas Muertas:

Peso del depósito:

El material del depósito es un acero inoxidable ferrítico y su densidad será tomada de la **Tabla A.29**

De esta se obtiene que la densidad es:

$$\rho = 0,281783 \left[\frac{lb}{pu \lg^3} \right] = 7816 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

Calculo de Volumen:

De la sección 4.3.1 se obtiene:

$$A = 2,708[m]$$

$$A_{conotruncado} = 2,34[m^2]$$

$$H_{cilindro} = 0,108[m]$$

$$R_{cilindro} = 1[m]$$

$$\gamma = 803,4 \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$Z = 0,108[m]$$

$$h = 0,32[m]$$

Por tanto:

$$A_{cilindro} = 2\pi RH = 2\pi * 0,5 * 0,108 = 0,339[m^2]$$

$$A_{total} = A_{cono} + A_{cilindro} = 2,34 + 0,339 = 2,679[m^2]$$

Considerando un espesor $t = 1[mm]$

$$V_{totaldealimentacion} = A_{total} * t = 2,679 * 0,001 = 2,679 * 10^{-3}[m^3]$$

Para la masa del depósito se aplica la ecuación 2.5:

$$m_{deposito} = 2,679 * 10^{-3} * 7816 = 20,93[kg]$$

Peso del depósito P_2 :

$$P_2 = m_{deposito} * gravedad = 20,93 * 9,8 = 205,2[N] = 0,205[KN]$$

4.3.7.2 Cargas Vivas:

Peso generado por la presión vertical que ejerce el material almacenado Q_z

Ecuación. 2.95

$$A_c = \frac{\pi l^2}{4} = \frac{\pi}{4} [m^2]$$

Ecuación. 2.94

$$Q_z = 803,4 * \frac{\pi}{4} \left[0,108 + \frac{0,32}{3} - \frac{0,108^2}{(0,108 + 2,708)} \right]$$

$$Q_z = 132,83 [Kg] = 1301,81 [N] = 1,301 [KN]$$

Peso depositado en la tolva de alimentación P_1 :

$$P_1 = 250 * 9,8 = 2450 [N] = 2,45 [KN]$$

4.3.7.3 Carga total del sistema sobre las columnas Q_T

Ecuación 2.96

$$Q_T = 0,295 + 2,45 + 1,3 = 4,045 [KN]$$

4.3.7.4 Carga en cada columna Q_c

Ecuación 2.97

$$Q_c = \frac{4,045}{4} = 1,01 [KN]$$

4.3.7.5 Factor de seguridad en cada columna

El material para el diseño del soporte será tubo estructural cuyas dimensiones en el mercado se encuentran en la **Tabla A.30**

Las dimensiones serán:

$$d = 25,4 [mm]$$

$$t = 1,5 [mm]$$

$$L = 1680 [mm]$$

Ecuación 2.99

$$I = \frac{\pi}{64} [25,4^4 - (25,4 - 2(1,5))^4]$$

$$I = 8,0733 \times 10^{-9} [m^4]$$

Tabla 2.4

$$E = 207 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$$

Ecuación 2.98

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 207 \times 10^9 * 8,0744 \times 10^{-9}}{4 * 1,68^2}$$

$$P_{cr} = 1,461 [KN]$$

Ecuación 2.100

$$\eta = \frac{1,461}{1,01} = 1,44$$

Con este resultado se puede concluir que es aceptable el uso del material y dimensiones seleccionadas.

4.3.7.6 Simulación de la Estructura

4.3.7.6.1 Consideraciones

Para el estudio de la estructura, se considera la carga total que presenta la tolva de alimentación, el motor eléctrico, y el conjunto del desmucilagador mecánico como se puede observar en la figura **Fig 4.42**:



Fig 4. 42 Consideraciones para el análisis de la estructura

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.43** se observa la representación de las restricciones y cargas externas que se encuentran sobre la estructura debido a las consideraciones dadas en la sección 4.3.7.6.1

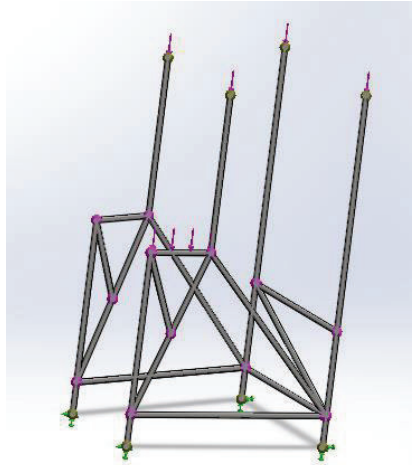


Fig 4. 43 Restricciones y Cargas externas sobre la estructura

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.44** se observa la tensión y flexión de Von-Mises en cada parte de la estructura siendo la mayor de $1,40e7$ N/m², esto se la parte de la estructura que soporta el motor, parte de la tolva y la cámara.

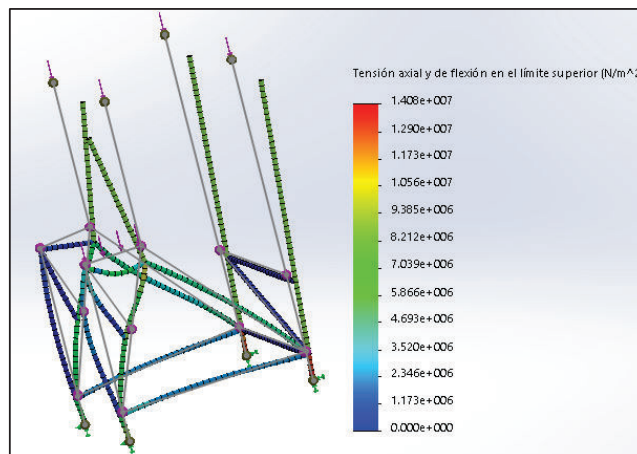


Fig 4. 44 Tensión y flexión (max= $1,40e7$ N/m²)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.45** se observa que el desplazamiento al momento de presentar las cargas externas es mínimo tiene un valor máximo de $0,01$ [mm], este se encuentra en los extremos superiores de la estructura debido a que se considera que la estructura se encuentra empotrada en el extremo inferior y libre en el extremo superior

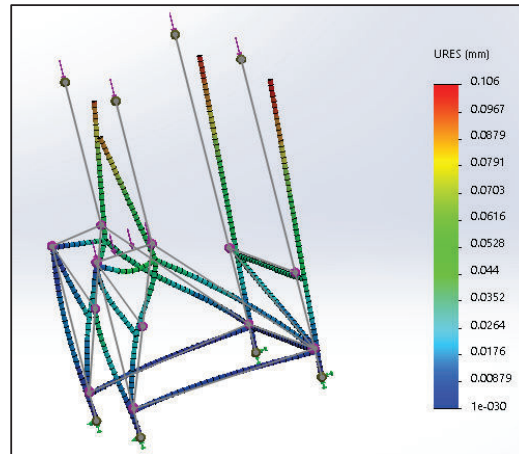


Fig 4. 45 Desplazamiento (max=0,106mm)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.46** se puede observar que el factor de seguridad mínimo en la estructura es de 18, lo cual permite concluir que el diseño realizado es el óptimo.

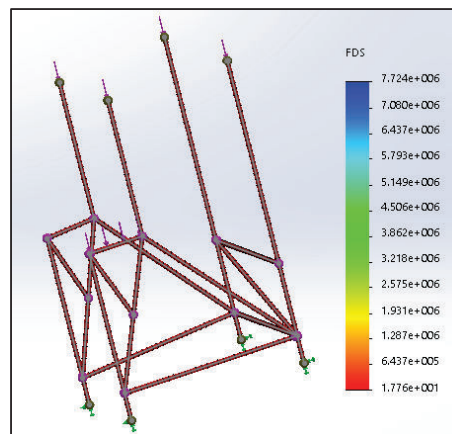


Fig 4. 46 Factor de seguridad (FDS min=18)

Fuente: Propia

4.3.8 SIMULACION SOPORTE DE LA TOLVA

La columna está apoyada sobre una unidad que se encuentra fija al tanque de almacenamiento; este elemento soporta la misma carga que la columna, por lo que es necesario determinar el factor de seguridad mínimo; para este fin se utilizará la herramienta de simulación que se basa en la teoría del esfuerzo cortante octaédrico que es equivalente a la teoría de Von Misses-Hencky para materiales dúctiles, como se observa en las siguientes figuras:

En la figura **Fig 4.47** se puede observar las cargas y restricciones las cuales son la carga dada por la columna sobre el soporte, se considera que esta empotrada en la superficie plana debido a que en el diseño esta parte ira soldada a la tolva de alimentación

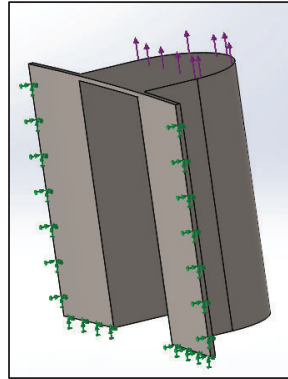


Fig 4. 47 Restricciones y Cargas aplicadas a la unidad

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.48** se puede observar un esfuerzo equivalente de Von Misses-Hencky máximo de $6.81e7$ N/m² el cual está en el centro del soporte.

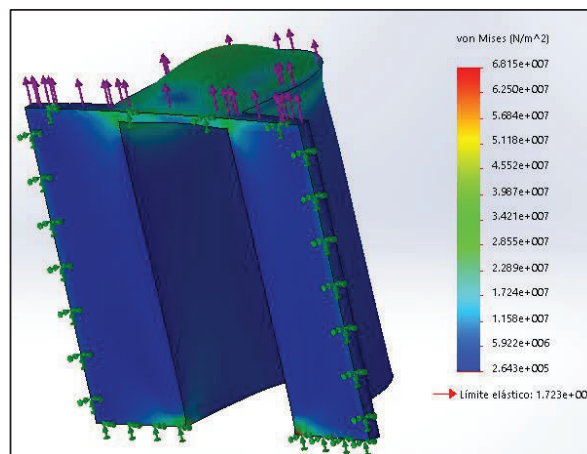


Fig 4. 48 Esfuerzo equivalente de Von Misses-Hencky ($max=6,81e7$)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.49** se puede observar que el desplazamiento máximo dado por la aplicación de las cargas externas es de $0,009$ mm, el cual se da debido a la carga de la columna.

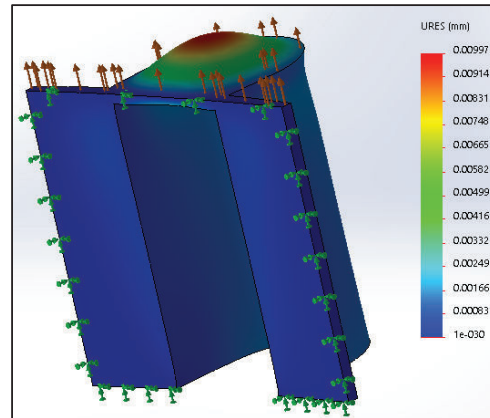


Fig 4. 49 desplazamiento resultante (0,009 mm)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.50** se puede observar que el factor de seguridad mínimo es de 2,5, con lo cual se concluye que el diseño es óptimo.

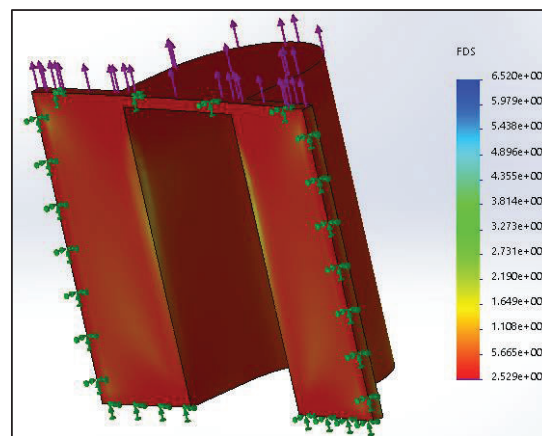


Fig 4. 50 Factor de seguridad (FDS min=2,5)

Fuente: Propia

4.3.9 SELECCIÓN DE LAS CHUMACERAS O RODAMIENTOS PARA EL DESMUCILAGINADOR MECANICO

4.3.9.1 Criterios

Para posicionar el eje del rotor para el lavado del café con mucilago, se seleccionaron dos rodamientos rígidos de una hilera de bolas y ranura profunda.

De la sección 4.3.4.3 se obtiene que el rodamiento ubicado en la parte superior (A) debe soportar una carga radial $R_{AX} = 304,76[N]$ generada por la transmisión

mecánica por correas trapezoidales como reacción de apoyo, y una carga axial $R_{AY} = 3420[N]$ que es la fuerza de empuje de la hélice que permite el ascenso del café con mucilago hacia los agitadores.

De la **Tabla A.13** se tiene que el eje gira 860 [rpm] y de la **Tabla A.9** se tiene que se necesita 4000 [h] para un equipo agrícola, de la figura **Fig. 4.32** el diámetro del eje es de 25[mm]

Para sujetar las chumaceras en forma directa al bastidor de la máquina, se utilizaron 4 tornillos introducidos en perforaciones maquinadas en el armazón

4.3.9.2 Selección de Chumacera

De la **Tabla A. 31** se selecciona la chumacera de:

$$d = 25[mm]$$

Tamaño de tornillo = M10

$$Cr = 19,5[KN]$$

$$Cor = 11,3[KN]$$

El factor de vida f_h y el factor de velocidad f_n se seleccionan de la **Tabla A.32**

Por medio de la **Tabla A.32** se tiene:

$$860[rpm] \rightarrow f_n = 0,3768$$

$$4000[h] \rightarrow f_h = 2$$

4.3.9.3 Carga dinámica equivalente P

Cuando al eje se monta una polea de una transmisión por correas, la fuerza periférica se debe multiplicar por un factor que tiene en cuenta la tensión inicial aplicada llamada fb , este coeficiente se encuentran en la **Tabla A.33**

Por tanto la carga radial será:

$$Fr = fb * R_{AX} = 1,5 * 304,76 = 457,14[N]$$

Los factores X, Y se obtienen mediante la **Tabla A. 34**

$$\frac{Fa}{Cor} = \frac{3402}{11300} = 0,30$$

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{3402}{457,14} = 7,44 > e$$

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,15 + (1,04 - 1,15) \left(\frac{0,30 - 0,28}{0,42 - 0,28} \right) = 1,13$$

Ecuación 2.104

$$P = 0,56 * 457,14 + 1,13 * 3402 = 4100,25[N]$$

4.3.9.4 Carga básica requerida

Ecuación 2.103

$$C = 4100,25 \frac{2}{0,3768} = 21763[N]$$

4.3.9.5 Vida en horas:

Ecuación 2.102:

$$L_h = \left(\frac{21763}{4100,25} \right)^3 \frac{16667}{860} = 2897,9[h]$$

Se puede concluir que el rodamiento satisface las condiciones de operación del eje, ya que la carga básica requerida Cor de los rodamientos es mayor que la carga equivalente P

4.3.9.6 Chumacera Inferior

De la sección 4.3.4.3 se obtiene que el rodamiento ubicado en la parte inferior (B) debe soportar una carga radial $R_{BX} = 18,43[N]$ generada por la transmisión mecánica por correas trapezoidales como reacción de apoyo, y una carga axial $R_{BY} = 1278[N]$ que es la fuerza de empuje de la hélice que permite el ascenso del café con mucilago hacia los agitadores.

$$Fr = fb * R_{BX} = 1,5 * 18,43 = 27,64[N]$$

$$\frac{Fa}{Cor} = \frac{1278}{11300} = 0,11$$

$$\frac{Fa}{Fr} = \frac{1278}{27,64} = 46,23 > e$$

$$X = 0,56$$

$$Y = 1,45$$

$$P = 0,56 * 27,64 + 1,45 * 1278 = 1868,57[N]$$

$$C = 1868,57 \frac{2}{0,3768} = 9915,07[N]$$

$$L_h = \left(\frac{9915,07}{1868,57} \right)^3 \frac{16667}{860} = 2895,4[h]$$

Se puede concluir que el rodamiento satisface las condiciones de operación del eje, ya que la carga básica requerida Cor de los rodamientos es mayor que la carga equivalente P

La vida combinada de los rodamientos que están ubicados en el eje es:

Ecuación 2.105

$$L_h = \frac{1}{\left(\frac{1}{2897,9^{\frac{10}{9}}} + \frac{1}{2895,4^{\frac{10}{9}}} \right)^{\frac{9}{10}}} = 1552,27[h]$$

4.3.10 SIMULACION CAMARA DEL DESMUCILAGINADOR MECÁNICO

4.3.10.1 Criterios

El material a considerarse en la construcción es el acero inoxidable AISI 304, se considera este tipo de material ya que tiene una excelente resistencia a la oxidación incluso con la presencia de ácidos; presenta resistencia en soluciones alcalinas, así como sales orgánicas e inorgánicas.

Este material presenta las siguientes propiedades descritas en la **Tabla A. 35**

En la figura **Fig 4.30** se puede observar que la cámara esta soldada a las cascarillas superior e inferior; por tanto la restricción considerada es que se encuentra empotrada-empotrada

4.3.10.2 Configuración geométrica

Por medio de la **Tabla A.36** se considera:

$$LR = 2,5 \times 20$$

$$\text{espesor} = 2[\text{mm}]$$

$$d_{\text{exterior}} = 250[\text{mm}]$$

$$\text{altura} = 585[\text{mm}]$$

4.3.10.3 Estudio

Para el estudio de la cámara, se considera la presión debido a la fuerza centrípeta que da el eje, sobre la masa de café con mucilago y agua.

Se considera la misma presión sobre toda el área de la cámara en este caso de 10664 [N/m²] debido a que la cámara se llena de la masa de café con mucilago y agua

Por medio de la herramienta de simulación se obtiene:

En la figura **Fig 4.51** se observa que al aplicar la presión uniforme se presenta un esfuerzo máximo de Von Mises de 5,045e6 N/m², el cual no se presenta en ninguna parte de la cámara, siendo en toda la cámara el esfuerzo mínimo de 1,375e4 N/m².

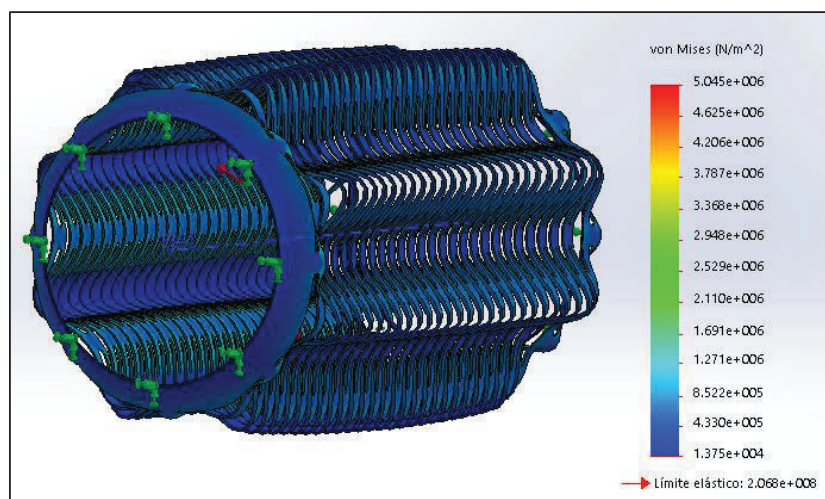


Fig 4. 51 Tension -VonMises (max=5,045e6)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.52** se observa que al aplicar las cargas externas en la cámara se presenta un desplazamiento máximo de 0,001 [mm], siendo este desplazamiento en la superficie que se encuentra alrededor de cada agujero

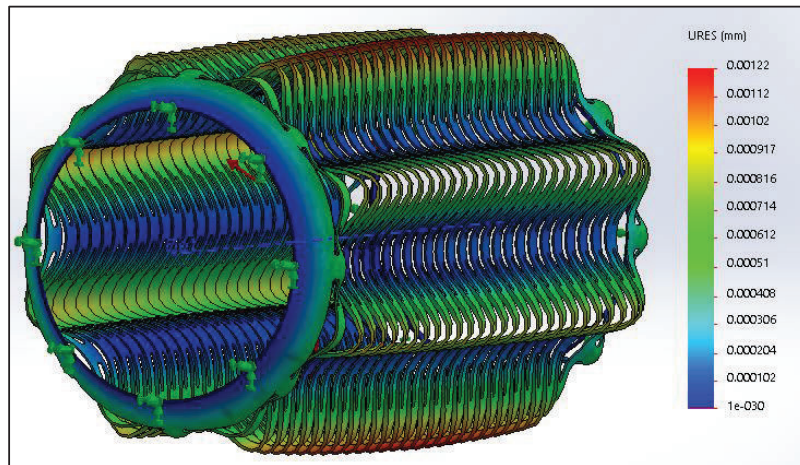


Fig 4. 52 Desplazamientos ($max=0,001[mm]$)

Fuente: Propia

En la figura **Fig 4.53** se observa que el factor mínimo de seguridad es de 41, el cual se presenta en toda la superficie de la cámara, lo cual permite concluir que el diseño es óptimo para su funcionamiento

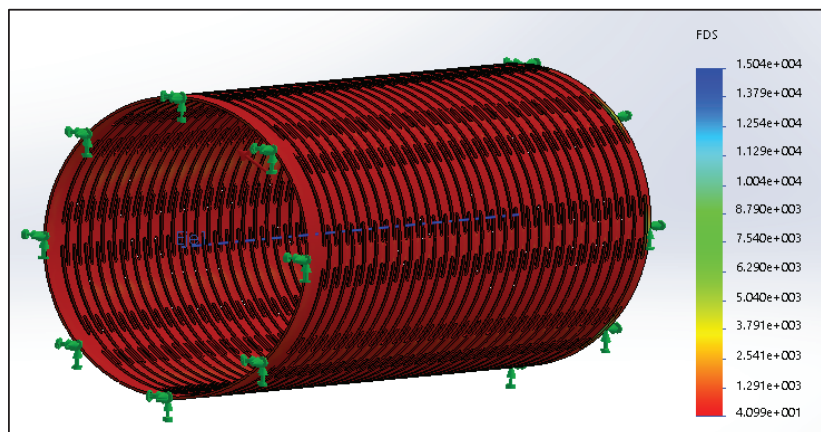


Fig 4. 53 Factor de seguridad cámara ($FDS\ min= 41$)

Fuente: Propia

4.4 SIMULACION Y COMPARACION CON VALOR CALCULADO DEL EJE PRINCIPAL

4.4.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

Como se observa en la figura **Fig 4.54**, En el eje se realizó según los cálculos las restricciones respectivas acuerdo al diagrama de cuerpo libre tomando en cuenta sus esfuerzo, torque y presiones sobre el eje a analizar, por tal motivo estos resultados se los evaluaron con los calculados teóricamente, además la malla que se realizó para hacer el FEA fue fina, para obtener valores aceptables y que correspondan a lo estipulado en la simulación.

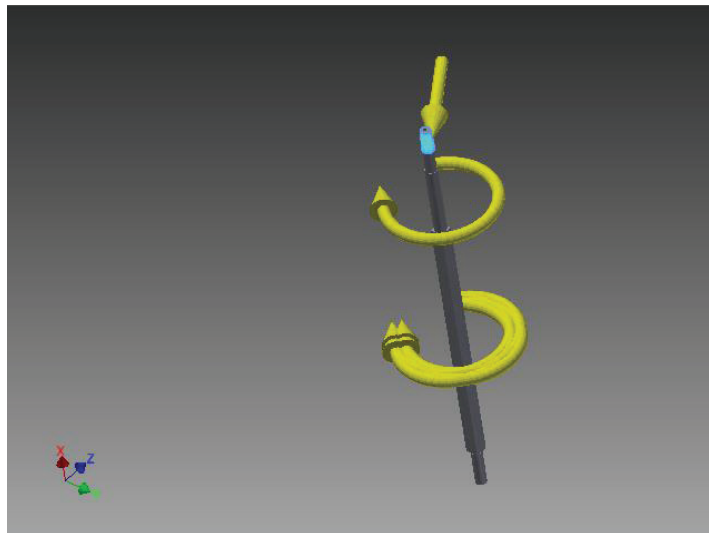


Fig 4. 54 Restricciones y Cargas en Eje Principal

Fuente: Propia

Las restricciones que se realizan son de acuerdo a los rodamientos que van puestos en estas áreas, por eso el contacto es directo en áreas específicas del eje.

4.4.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

En la figura **Fig 4.55** se observa que los desplazamientos presentes en la simulación son mínimos el cual tiene un valor de **0.031[mm]**, lo que nos asegura que el cálculo fue correctamente realizado, además, que nos asegura, que no va a existir deformación que afecte al movimiento y al ensamble de los componentes al momento de realizar el trabajo.

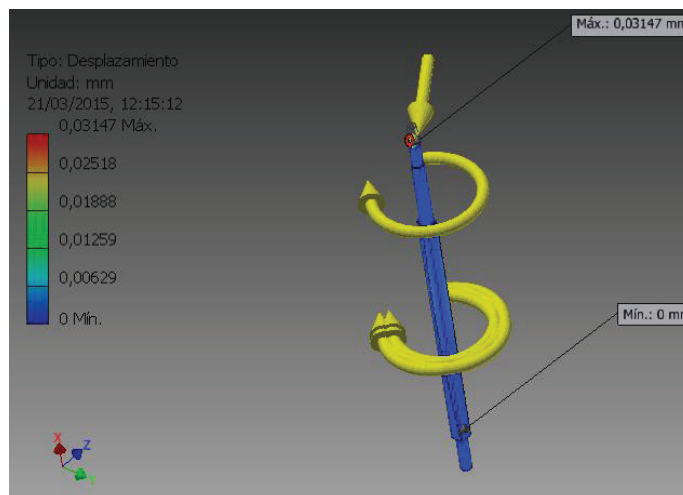


Fig 4. 55 Desplazamiento en Eje Principal (max=0,031 mm)

Fuente: Propia

4.4.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor presente de seguridad en este elemento como se presenta en la figura **Fig 4.56** es de $n=15$ con lo que nos asegura que el elemento en funcionamiento no va a fallar, y además va a soportar sobre esfuerzos, ya que su coeficiente de seguridad es alto, además en comparación con la simulación que nos ofrece un intervalo de seguridad de $n=3.68$ a $n=15$, mientras que nuestro factor mediante cálculo es de $n=8.68$, con lo que se muestra que el cálculo está de acuerdo a lo simulado como se observa en la figura **Fig 4.56**, y no tendera a fallar en puesta en campo cuando sea requerido.

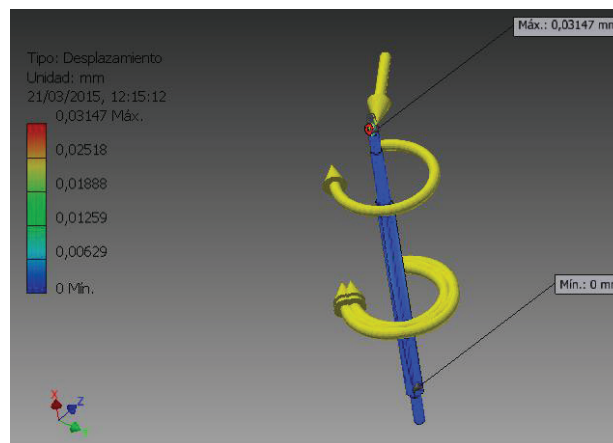


Fig 4. 56 Factor de Seguridad en el Eje

Fuente: Propia

4.4.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

La simulación realizada en la figura **Fig 4.57** nos muestra los esfuerzos máximos que puede soportar nuestro eje en los principales puntos, en donde puede tender a fallar, donde se tiene un valor máximo de **74.92 [Mpa]** mientras que mediante el cálculo obtuvimos teóricamente de **117.17 [Mpa]**, con esto la simulación asegura que no fallara el elemento y que los cálculos estuvieron realizados correctamente.

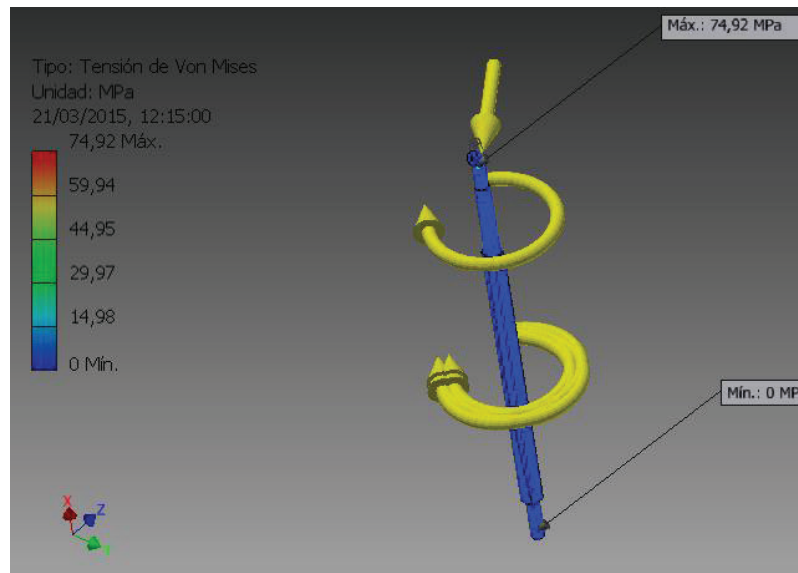


Fig 4. 57 Tensión de Von-Misses en Eje

Fuente: Propia

4.5 SIMULACION DEL AGITADOR

4.5.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

Las restricciones que se presentan en este elemento mostrado en la figura **Fig 4.58** son en la parte interior cuadrada de los limpiadores, ya que están sujetos directamente con el eje, y relativamente están fijos con respecto a este, además, de generar un momento respecto al eje, y generar fuerzas de compresión en sus dientes, debido a la presión que genera por la acción del café. Por tal motivo se realizó las restricciones y aplicaciones de fuerza presiones y momentos respectivos.

P=2.483 [Mpa]

M= 26.82 [kN*mm]

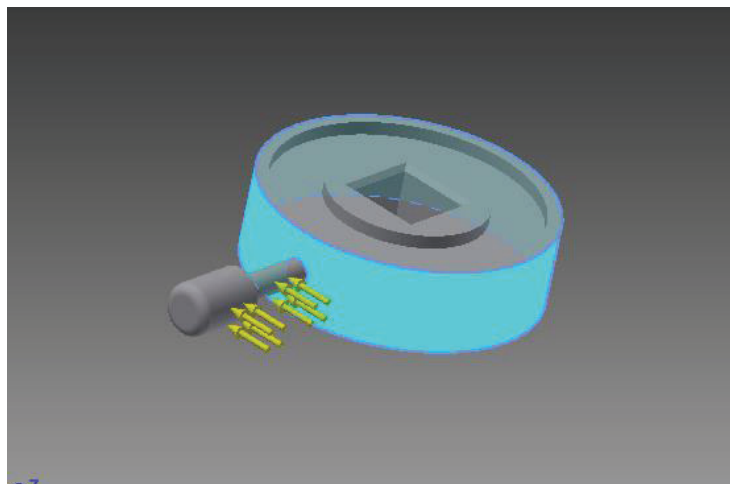


Fig 4. 58 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Agitador

Fuente: Propia

4.5.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento que nos muestra la simulación de la figura **Fig 4.59** es mínimo. Lo que asegura que su deformación es la respectiva debido a que no se requiere que el material se deforme, y por tal motivo fue el material correctamente seleccionado para su trabajo. El desplazamiento presente en esta simulación es de **0.00057 [mm]**

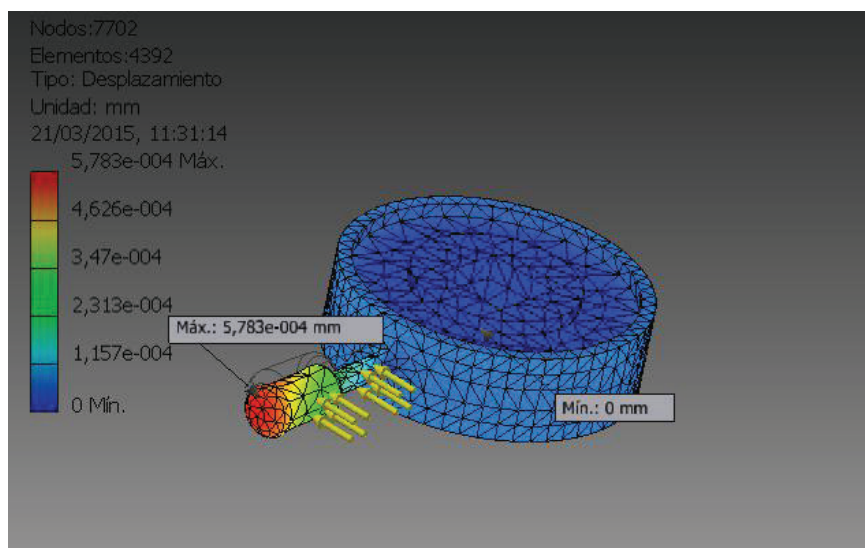


Fig 4. 59 Desplazamiento Resultante en el Agitador

Fuente: Propia

4.5.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad mostrado en la figura **Fig 4.60** nos permite determinar que el elemento está correctamente diseñado ya que nos verifica que el elemento no va a fallar, además que es un elemento robusto el cual es adecuado para el trabajo a desarrollarse, ya que su nivel de funcionamiento es en el campo y va a estar sometido no solo a esfuerzos, sino que también el ambiente lo que va a afectar, por lo que el material empleado y su coeficiente de seguridad obtenido en la simulación es el correcto y tiene un valor de **n=15**.

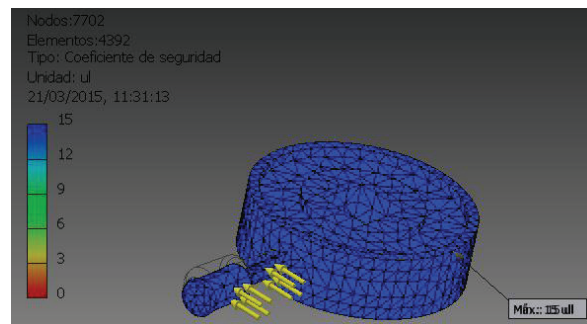


Fig 4. 60 Factor de Seguridad en el Agitador

Fuente: Propia

4.5.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

Los esfuerzos presentes se los realizo mediante el análisis de Von-Misses, lo que garantizó que el elemento tenga las necesidades de diseño que se requieren para su función principal que es limpiar el mucilago del café, además de resistir los esfuerzos a los que está sometido y al desgaste que está presente. Su tensión es de **2.607[Mpa]** como lo indica la figura **Fig 4.61**.

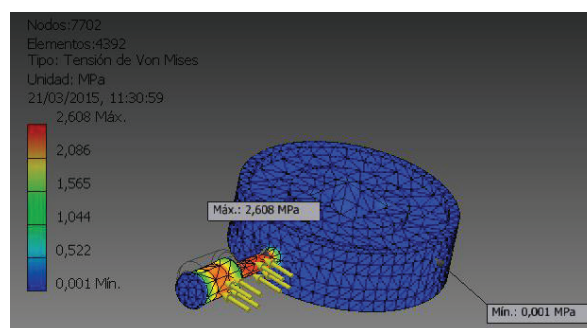


Fig 4. 61 Tensión de Von-Misses en el Agitador

Fuente: Propia

4.6 SIMULACION DEL LIMPIADOR

4.6.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

El elemento a ser analizado mediante la simulación ilustrada en la figura **Fig 4.62** se tuvo que analizar desde los dientes que son **N=8**, hasta su centro, ya que la sección cuadrada es la que está relativamente fija con respecto al eje, pero además genera un momento sobre el eje para poder moverse debido a que este es el principal movimiento, ya que limpia el mucilago del café, además de resistir la presión que esta se genera en sus superficies por contacto directo con el café y mucilago. Por tal motivo se eligieron estas zonas como fijas para su análisis. El momento que se aplica es de **M=26.82 [Nm]** y la fuerza es **F=4.68 [kN]**

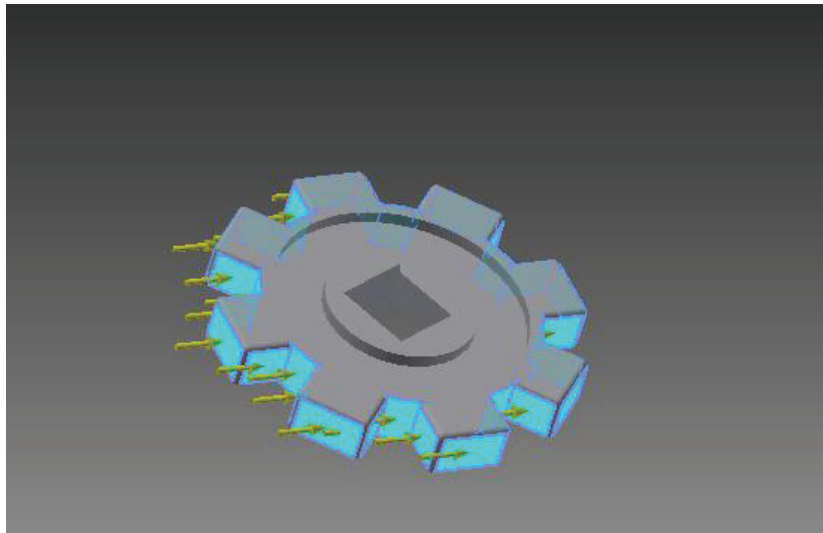


Fig 4. 62 Restricciones y Cargas Aplicadas en al Limpiador

Fuente: Propia

4.6.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

Los desplazamientos que se presentan debido a los esfuerzos propuestos nos muestra que es mínimo la simulación en la figura **Fig 4.63**, es decir no van a estar afectados a debido al contacto directo con el café y mucilago, y que el trabajo va a ser el óptimo y va a realizar su objetivo de quitar el mucilago, además el material que se seleccionó nos indica la simulación que fue el correcto, y que el diseño realizado es un diseño robusto y adecuado para el trabajo a desarrollar.

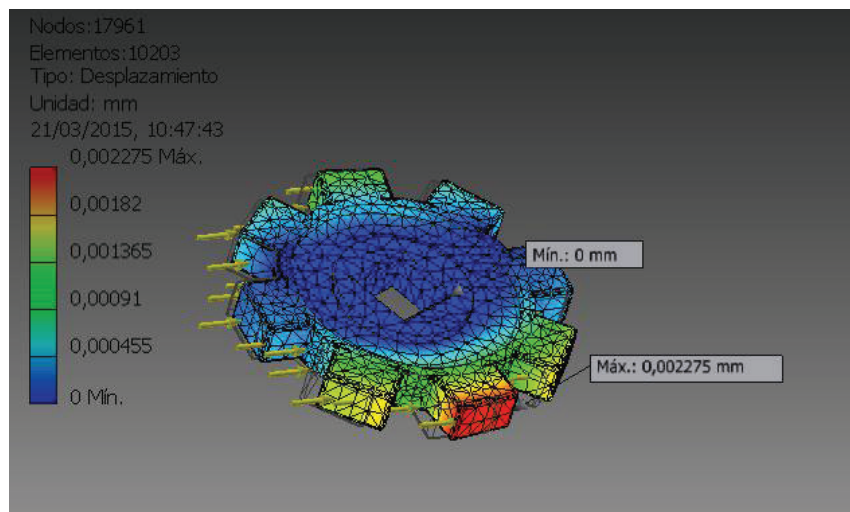


Fig 4. 63 Desplazamiento Resultante en el Limpiador

Fuente: Propia

4.6.3 FACTOR DE SEGURIDAD

La simulación nos proporcionó un factor de seguridad de **n=15** como muestra la figura **Fig 4.64** con lo que nos indica que el elemento es lo suficientemente confiable para ponerlo a trabajar y que va a cumplir con el requerimiento de diseño, nos muestra que todo elemento es seguro al estar en un lugar del código de colores que no afectara su función.

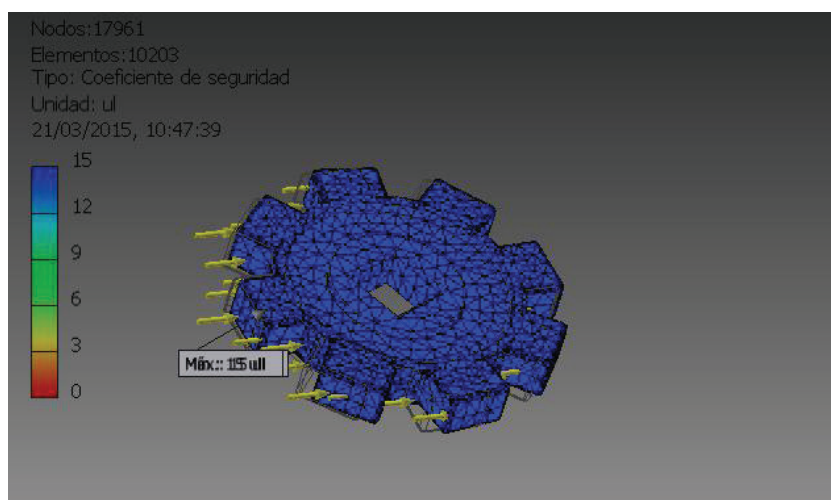


Fig 4. 64 Factor de Seguridad en el Limpiador

Fuente: Propia

4.6.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

Los esfuerzos que están presentes en el elemento son los correctos, ya que la simulación mostrada en la figura **Fig 4.65** nos está asegurando que su diseño va a resistir los esfuerzos propuesto, y que al momento de trabajar los sitios más críticos que son en este caso los dientes, están correctamente previsto de una buena resistencia, y que además van asegurar la función del limpiador. Su tensión máxima es de **12.38 [Mpa]** en la simulación y es menor a la calculada que es de **117.17 [Mpa]**.

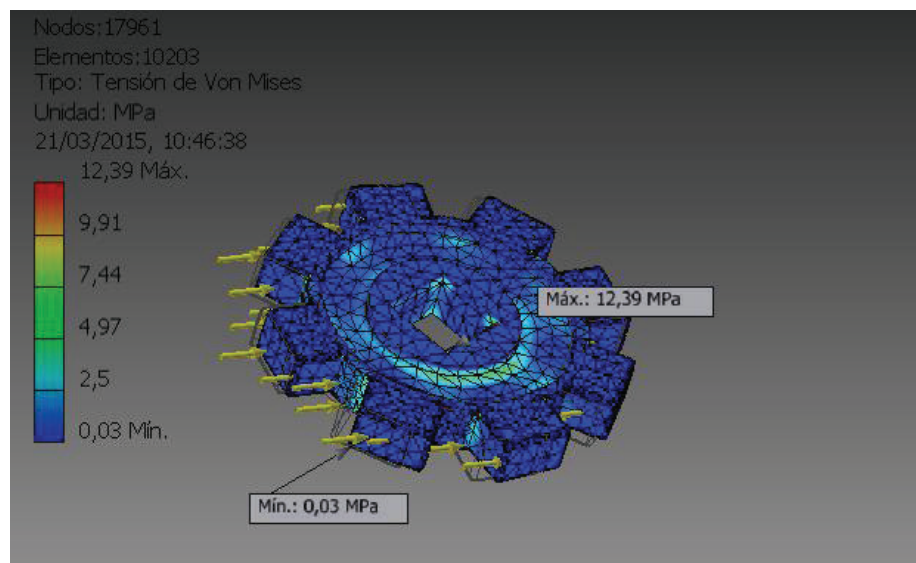


Fig 4. 65 Tensión de Von-Misses en el Limpiador

Fuente: Propia

4.7 SIMULACION DE LA CASCARILLA SUPERIOR

4.7.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

La cascarilla superior como se muestra en la figura **Fig 4.66** va a estar sometida a pequeños esfuerzos, por lo que esta solo permite la salida del café ya retirado el mucilago, por lo que los esfuerzos y restricciones que se aplican a este va a corresponder al empuje que genera el café y a la presión que se ejerce en la uniones emperradas de la cascarilla. Por lo que las restricciones a las que se sujeta son **P=0.011 [Mpa]** a toda la cara interior de la cámara.

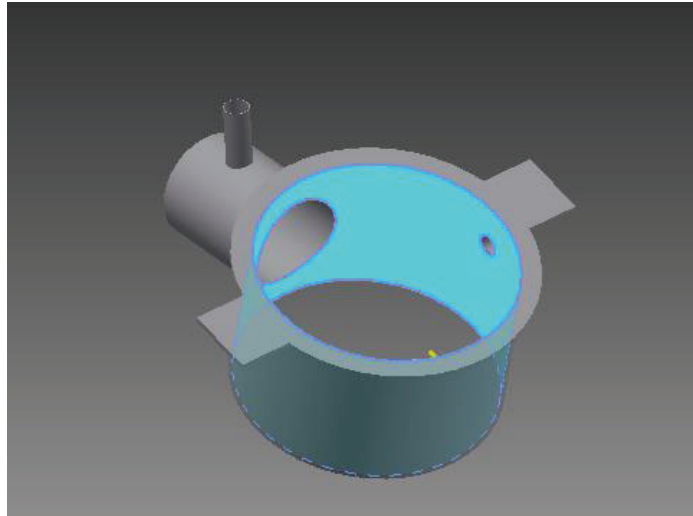


Fig 4. 66 Restricciones y Cargas Aplicadas en Cascarilla Superior

Fuente: Propia

4.7.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento mostrado en la figura **Fig 4.67** es mínimo con un valor de **0.0011 [mm]**, con lo que la simulación nos asegura que su deformación no afectara en el funcionamiento, y cumplirá todos los parámetros que fueron requeridos, además su deformación está dentro del rango aceptable en el diseño.

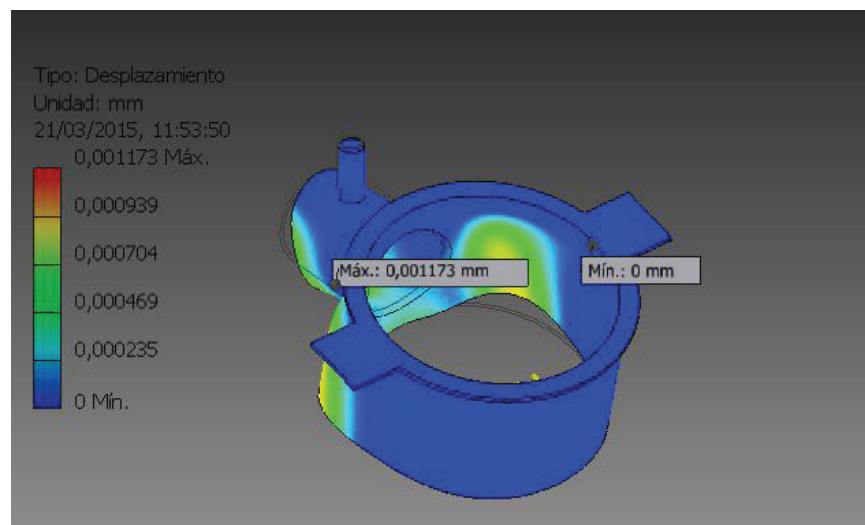


Fig 4. 67 Desplazamiento Resultante en la Cascarilla Superior

Fuente: Propia

4.7.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad obtenido en la simulación mediante la figura **Fig 4.68** es de **n=15**, por lo que el diseño realizado es robusto y asegura su duración en el tiempo, además de permitirnos observar que el diseño realizado es correcto y tiene un tiempo de funcionamiento largo, evitando así el mantenimiento tan continuo al equipo.

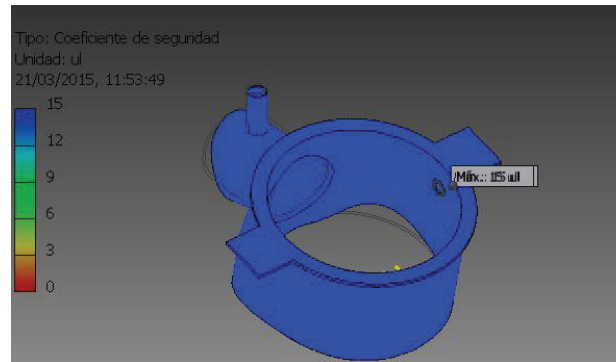


Fig 4. 68 Factor de Seguridad en la Cascarilla Superior

Fuente: Propia

4.7.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

Los esfuerzos calculados por el método de Von-Misses nos muestra en la figura **Fig 4.69** que el material va a soportar los esfuerzos ejercidos por el café, además de asegurar que su funcionamiento es el adecuado, y permitimos demostrar que corresponden con los cálculos realizados para un método teórico y su esfuerzo máximo presente es de 1.39 [Mpa] muy por debajo de lo que resiste el material.

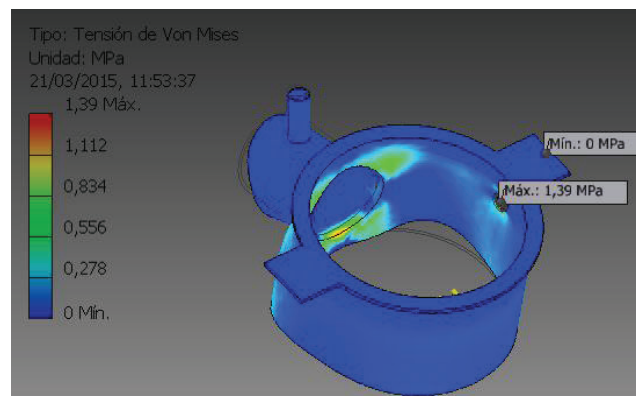


Fig 4. 69 Tension de Von-Misses en Cascarilla Superior

Fuente: Propia

4.8 SIMULACION DE LA CASCARILLA INFERIOR

4.8.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

Las restricciones presentes en la cascarilla inferior como se ilustra en figura **Fig 4.70** son muy superiores a la de la cascarilla superior, ya que esta soporta la presión con la que entra en grano, además de la que se genera por la presencia del transportador helicoidal en su cámara, por tal motivo las restricciones que están sometidas son en el interior de la cámara, y en el soporte de las orejas. Sus restricciones son **F=1461.92 [N]**, y presión interior de la cámara de **0.011 [Mpa]**.

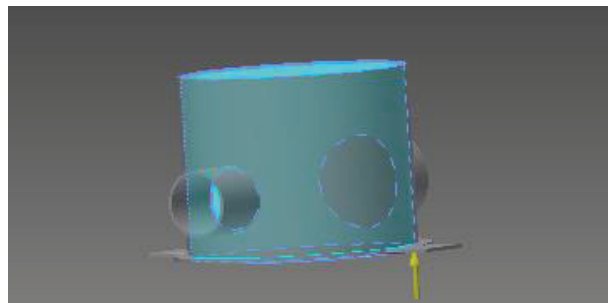


Fig 4. 70 Restricciones y Cargas Aplicadas en Cascarilla Inferior

Fuente: Propia

4.8.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento que se genera en la figura **Fig 4.71** nos muestra que es mínimo, además de asegurarnos que el material durante el funcionamiento tenga un desplazamiento del material y deformación mínimo. Ya que su desplazamiento máximo es de **0.0021 [mm]**.

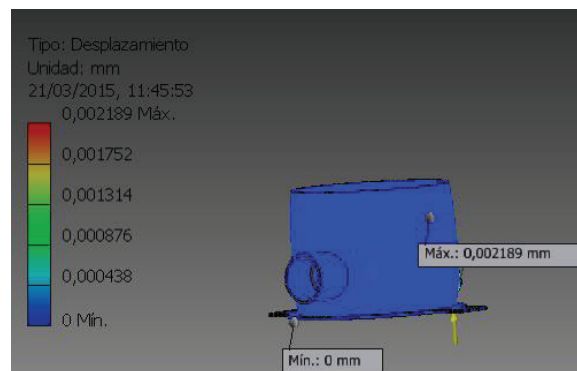


Fig 4. 71 Desplazamiento Resultante en la Cascarilla Inferior

Fuente: Propia

4.8.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad obtenido por la simulación como se observa en la figura **Fig 4.72** es de **n=15**, por lo que garantiza que es un diseño robusto, que asegura el funcionamiento y fabricación.

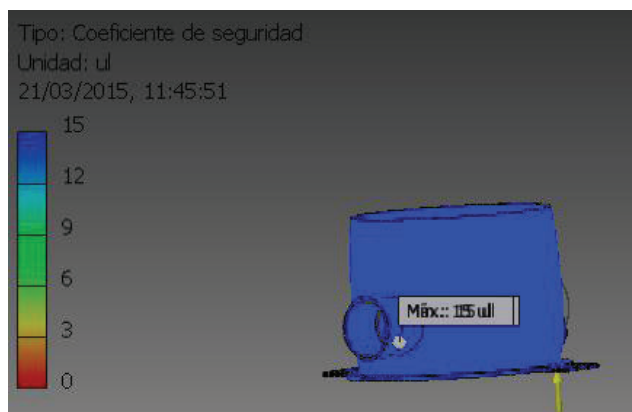


Fig 4. 72 Factor de Seguridad en Cascarilla Inferior

Fuente: Propia

4.8.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

Los esfuerzos de tensión que se obtienen en la figura **Fig 4.73** nos demuestran que los cálculos obtenidos teóricamente, con lo mostrado en lo simulado, hacen que el diseño previsto sea el correcto para la posterior implementación del mismo y su esfuerzo máximo es de **1.349 [Mpa]**

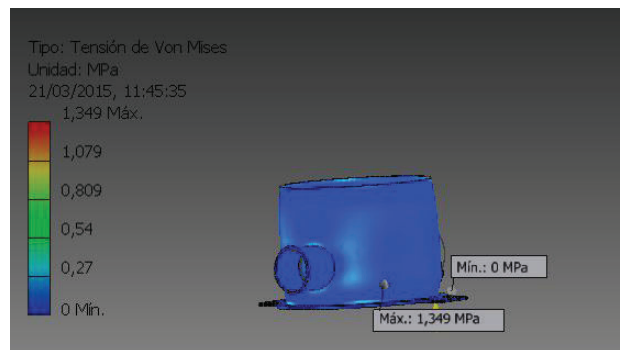


Fig 4. 73 Tension de Von-Misses en Cascarilla Inferior

Fuente: Propia

4.9 SIMULACION Y COMPARACION CON VALOR CALCULADO DE LA TOLVA DE ALIMENTACION

4.9.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

Las restricciones que se aplican en este elemento como muestra la figura **Fig 4.74** son: de sujeción a la estructura, además de soporte en la parte donde se une con la cascarilla inferior, por lo que las fuerzas que intervienen son presión en el interior de la cámara de **0.001 [Mpa]** generadas por el peso del café, y el propio peso de la tolva.

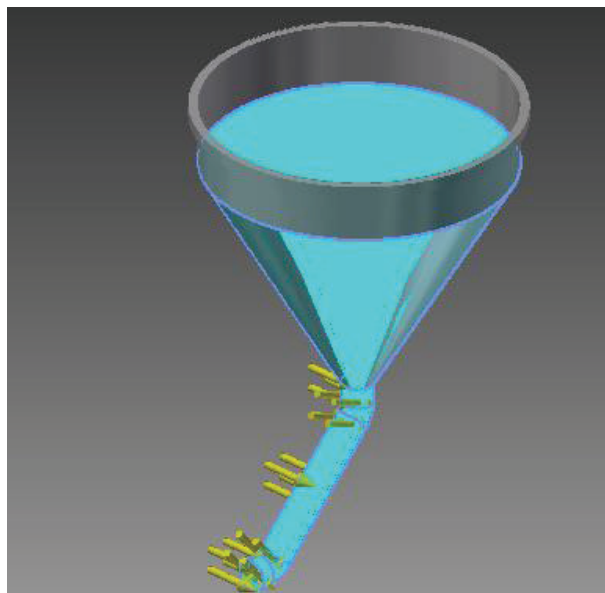


Fig 4. 74 Restricciones y Cargas Aplicadas en la Tolva

Fuente: Propia

4.9.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento presente de acuerdo a la figura **Fig 4.75** es de **0.00075 [mm]**, por lo que no afectaría en su funcionamiento, además de verificar que no se encuentra deformando asegura que el diseño realizado es el adecuado.

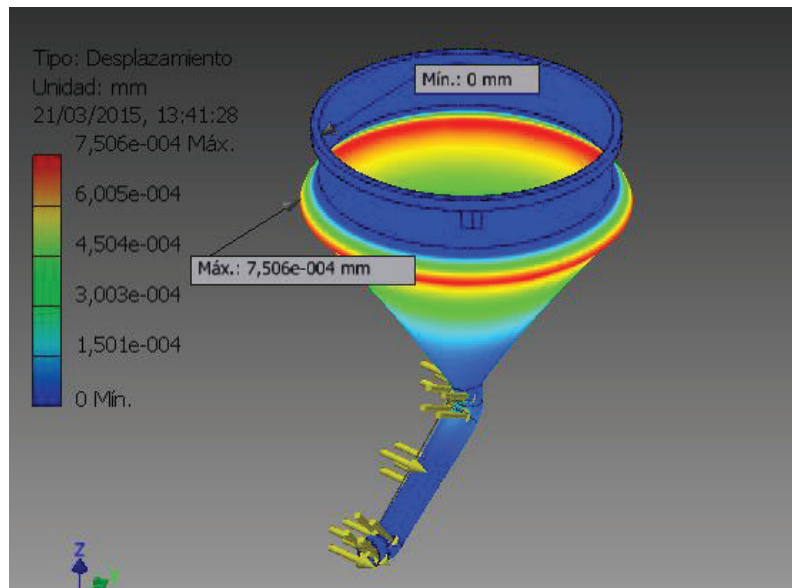


Fig 4. 75 Desplazamiento Resultante en la Tolva

Fuente: Propia

4.9.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad mostrado en la figura **Fig 4.76** mediante la simulación es de **n=15**. Lo que garantiza un diseño robusto y que va a cumplir con lo requerido en el diseño, además de garantizar su funcionalidad en el tiempo.

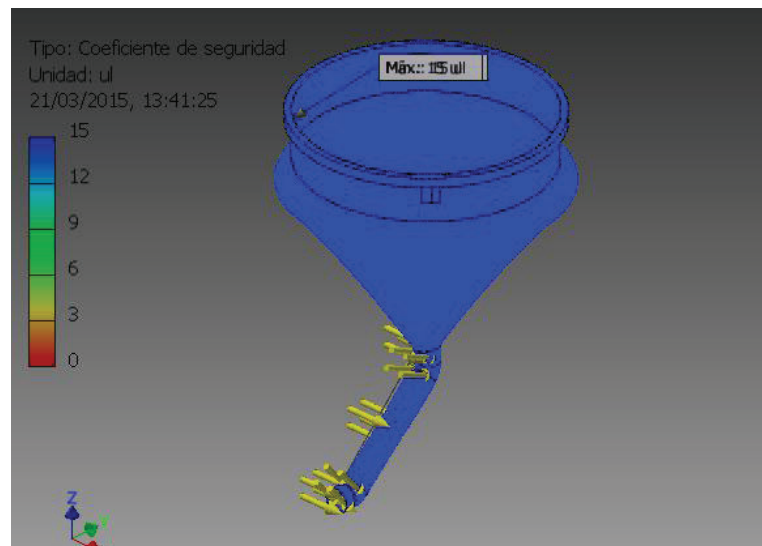


Fig 4. 76 Factor de Seguridad en la Tolva

Fuente: Propia

4.9.4 TENSIÓN DE VON-MISSES

Los esfuerzos que se han generado en la figura **Fig 4.77**, son bajos por tal motivo el diseño que se presenta en el modelado es el adecuado para el trabajo que se va a realizar, además no tener sobre esfuerzos en su superficie, ya que el esfuerzo máximo que se genera es de **0.352 [Mpa]**, además de ser un diseño robusto.

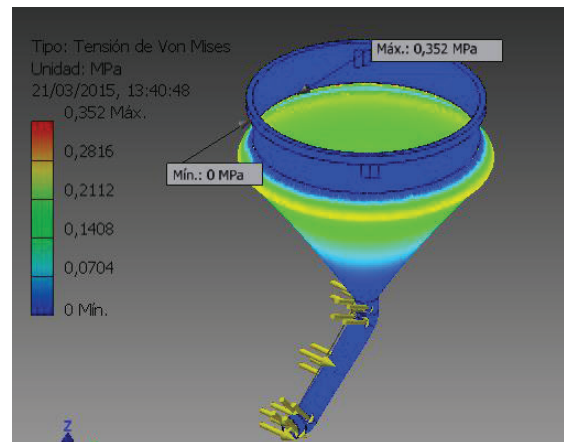


Fig 4. 77 Tensión de Von-Misses en la Tolva

Fuente: Propia

4.10 SIMULACION SOPORTE DEL DESMUCILAGINADOR

4.10.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

Las restricciones que se aplican en este elemento mostrado en la figura **Fig 4.78** son la presión que ejerce todos los elementos sobre la estructura, además de soportar a la cámara, por lo que la presión que debe soportar es de **0.182 [Mpa]**.

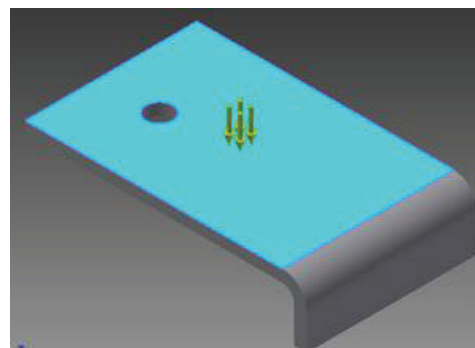


Fig 4. 78 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Soporte

Fuente: Propia

4.10.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento mostrado en la figura **Fig 4.79** es mínimo debido a que el diseño fue realizado correctamente, además de dar información de que este diseño va permitir sujetar toda la máquina, en el cual su deformación es de **0.026 [mm]**, lo que es aceptable en el diseño propuesto.

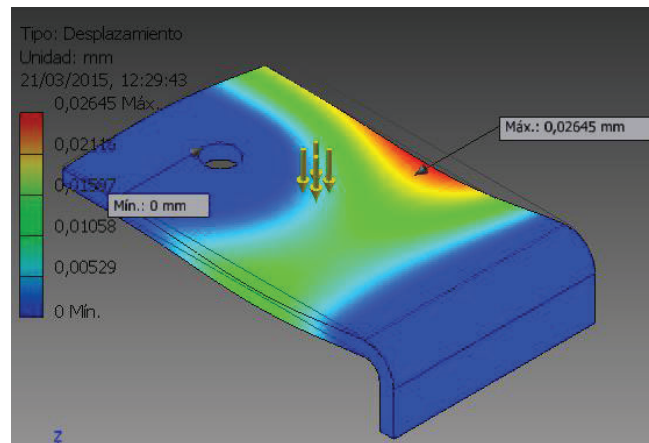


Fig 4. 79 Desplazamiento Resultante en la Tolva

Fuente: Propia

4.10.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad encontrado mediante la figura **Fig 4.80** es de **n=15** por lo que el diseño es robusto y cumple con los requisitos de diseño además de asegurar su función.

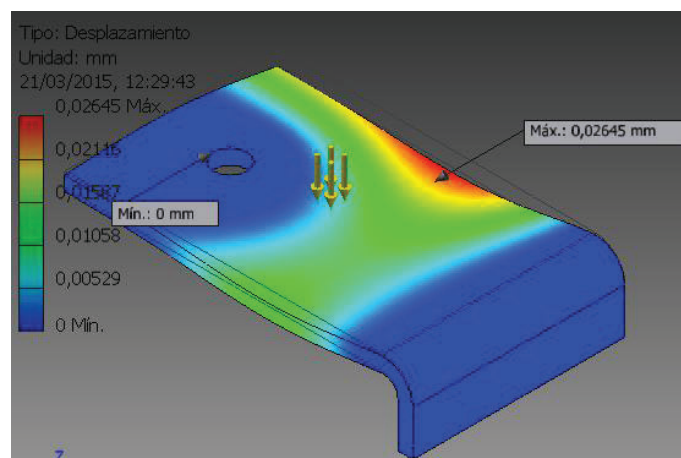


Fig 4. 80 Factor de Seguridad en el Soporte

Fuente: Propia

4.10.4 TENSION DE VON-MISSES

El esfuerzo que ilustra la figura **Fig 4.81** es de **67.291 [Mpa]** el cual mucho menor a la resistencia del material por lo que es aceptable y el diseño realizado para la soportería es la adecuada.

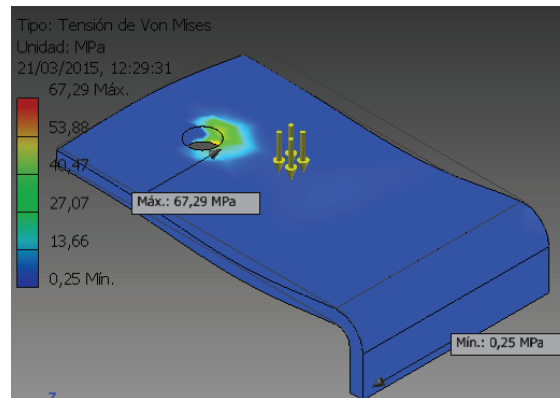


Fig 4. 81 Tensión de Von-Misses en el Soporte

Fuente: Propia

4.11 SIMULACION DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL

4.11.1 RESTRICCIONES Y CARGAS APLICADAS

La restricción aplicada en este elemento como se observa en la figura **Fig 4.82** es en la parte cuadrada del eje ya que está en contacto directo con el eje que es el que le permite el movimiento del transportador helicoidal, además es la parte más importante, ya que las helicoides son las que permiten que se genere el trabajo y toda la maquina esté en funcionamiento.

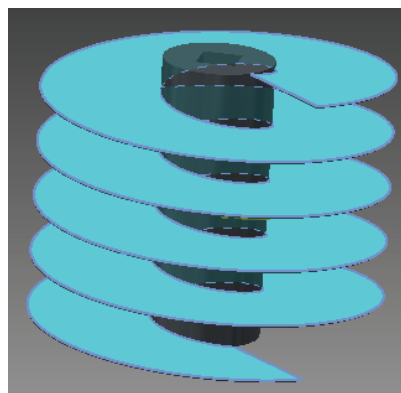


Fig 4. 82 Restricciones y Cargas Aplicadas en el Transportador Helicoidal

Fuente: Propia

4.11.2 DESPLAZAMIENTO RESULTANTE

El desplazamiento obtenido mediante la simulación mostrada en la figura **Fig 4.83** nos da conocer que es de **0.056 [mm]** y el diseño es el adecuado, además de proporcionarnos que el espesor escogido es adecuado para que no exista desplazamiento del helicoides en el proceso de desmucilaginado.

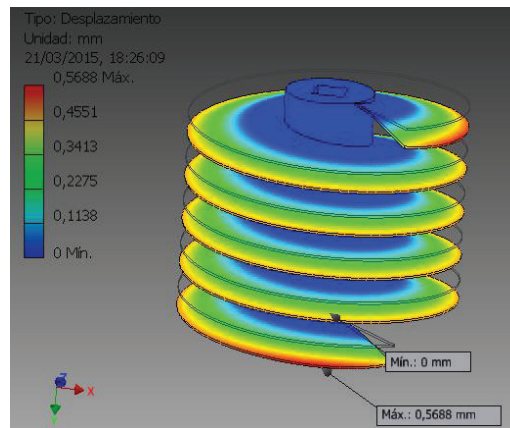


Fig 4. 83 Desplazamiento Resultante en Transportador Helicoidal

Fuente: Propia

4.11.3 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad proporcionado por la figura **Fig 4.84** es de **n=15** por lo que permite determinar que el diseño es robusto además de cumplir necesidades del cliente, necesidades de diseño y cumplimiento de resistencia de material al trabajo propuesto.

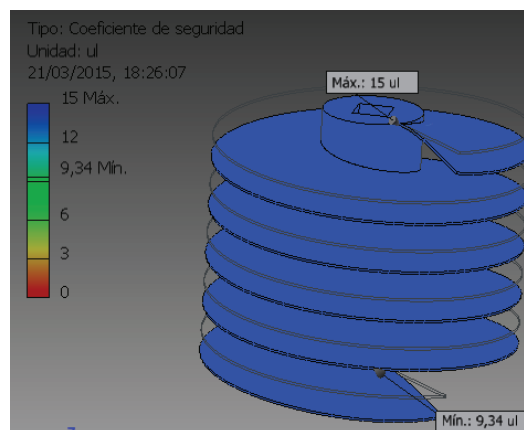


Fig 4. 84 Factor de Seguridad en Transportador Helicoidal

Fuente: Propia

4.11.4 TENSION DE VON-MISSES

Los esfuerzos generados mostrados en la figura **Fig 4.85** son de **73.75 [Mpa]** por lo que resiste de acuerdo a las expectativas propuestas por los que diseñamos este modelo, además de asegurarnos funcionamiento largo y duradero de la máquina durante un largo tiempo.

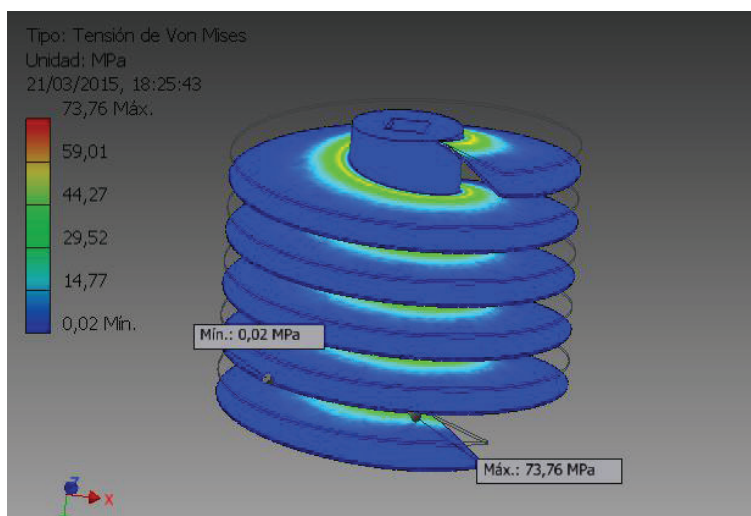


Fig 4. 85 Tension de Von- Misses en Transportador Helicoidal

Fuente: Propia

4.12 ELABORACIÓN DE PLANOS DE TALLER.

Todos los planos se encuentran en el **ANEXO PLANOS**

4.13 HOJAS DE PROCESO.

Todas las hojas de proceso se encuentran en el **ANEXO HOJAS DE PROCESOS**

4.14 MONTAJE Y ACOPLAMIENTO DE ELEMENTOS DE LA MÁQUINA.

El montaje y acoplamiento de cada elemento de maquina se encuentra en el **ANEXO PLANOS**

4.15 ANÁLISIS DE COSTOS.

Los precios del presente análisis fueron tomados de los Proveedores de la Ciudad de Quito como: RILER, Aceros Emanuel, Inducom, Castillo Hermanos, RULIMANESA, Ferretería Tobar, Ferretería Popular, Ferretería López; así como también de la lista de precios de la Cámara de Construcción del Distrito

Metropolitano de Quito. Se han escogido los materiales que sean económicos y a la vez de buena calidad. Las proformas, cotizaciones y lista de precios se encuentran en el **ANEXO PROFORMAS, COTIZACIONES**.

Los costos de mano de obra se obtuvieron de la metalmecánica AMEIXT, también del reajuste de precios de salarios mínimos por ley Enero 2015 de la Contraloría General del Estado. Cuya referencia se encuentra en el **ANEXO MANO DE OBRA**.

Los costos detallados a continuación son aquellos que influyen en la construcción de la máquina los cuales son: Diseño del producto; Material; Fabricación; Costo Total de la máquina.⁷²

4.15.1 COSTOS DE DISEÑO

En la siguiente tabla se muestra los costos de Diseño los cuales se considera:

- Investigación, Selección de alternativa y Cálculos
- Elaboración de planos
- Proformas y Cotizaciones

Para el valor de costo hora se considera el salario mínimo dado en el **ANEXO MANO DE OBRA** de \$354 el cual se divide para 30 días que es el mes fiscal y eso dividido para 8 horas laborables

	INVESTIGACION, SELECCIÓN ALTERNATIVA Y CALCULOS					ELABORACION PLANOS					PROFORMAS Y COTIZACIONES		COSTO FINAL
	COSTO HORA	HORAS DIARIAS	HORAS SEMANAL	SEMANAS	TOTAL1	HORAS DIARIAS	HORAS SEMANAL	SEMANAS	TOTAL2	HORAS	TOTAL3		
INVESTIGADOR 1	\$ 1,48	4	20	12	\$ 354,00	4	20	5	\$ 147,50	2	\$ 2,95	\$ 504,45	
INVESTIGADOR2	\$ 1,48	4	20	12	\$ 354,00	4	20	5	\$ 147,50	2	\$ 2,95	\$ 504,45	
											COSTO 1	\$ 1.008,90	

Tabla 4. 29 Costos de Diseño

⁷² ZAMBRANO Iván; INGENIERIA CONCURRENTE; Maestría en Diseño, Producción y Automatización Industrial; Mayo 2009; EPN

4.15.2 COSTOS DE MATERIAL

En las siguientes tablas se va a detallar los costos de aquellos materiales que sirven para la construcción de las partes constitutivas de la máquina, se especifica el material, dimensiones o especificación, precio unidad, cantidad, costo total.

Material	Especificaciones	PRECIO x Unid.	UNIDAD	CANTIDA D	COSTO FINAL
Plancha de acero inoxidable	AISI 430 espesor=1[mm]	\$ 120,00	1220x2440 mm	2	\$ 240,00
Electrodo revestido para acero inoxidable	E 308-16 lincoln	\$ 23,00	lb	2	\$ 46,00
Tubo PVC	plastigama d=4 pulg	\$ 12,00	U	1	\$ 12,00
Codo 45° PVC	plastigama d=4 pulg	\$ 4,85	U	2	\$ 9,70
Tubo redondo A-53	d=1pulg espesor=1,5mm	\$ 12,00	USD/m	15	\$ 180,00
Tubo cuadrado A-53	lado=1pulg espesor =1,5 mm	\$ 18,00	USD/m	2	\$ 36,00
Electrodo revestido para acero A-53	E 60-10 lincoln	\$ 6,00	lb	3	\$ 18,00
Correa trapecial	Tipo A Perfil SPA 1232	\$ 6,17	U	1	\$ 6,17
Polea SPA de aluminio	d=250	\$ 20,00	U	1	\$ 20,00
Polea SPA de aluminio	d=125	\$ 15,00	U	1	\$ 15,00
Tornillos hexagonales para poleas	M 10 L=12 [mm]	\$ 0,15	U	2	\$ 0,30
Motor electrico trifasico	2HP 1750 RPM	\$ 313,60	U	1	\$ 313,60
Plancha de acero inoxidable	SAE 430 espesor=1 [mm]	\$ 170,00	1220x2440 mm	4	\$ 680,00
Plancha de acero inoxidable	AISI 304 espesor =1,5 [mm] LR=2x10	\$ 225,00	1220x2440 mm	1	\$ 225,00
Placa de acero	AISI A36 espesor=5[mm]	\$ 150,00	1220x2440 mm	1	\$ 150,00
Pernos para chumacera-tapa	M10 L=30[mm]	\$ 0,30	U	8	\$ 2,40
Arandela plana	Espesor=2,3[mm] d=10[mm]	\$ 0,30	U	12	\$ 3,60
Tuerca	M10 espesor= 8,4 [mm]	\$ 0,10	U	12	\$ 1,20
Placa de acero	AISI A36 espesor=3[mm]	\$ 100,00	1220X2440 mm	1	\$ 100,00
Placa de acero	AISI A36 espesor=2[mm]	\$ 70,00	1220X2440 mm	1	\$ 70,00
Valvula de bola	3/4"	\$ 14,00	U	1	\$ 14,00
Tee	3/4"	\$ 2,00	U	1	\$ 2,00
Pernos para tapa-soporte	M10 L=22[mm]	\$ 0,30	U	4	\$ 1,20
Chumacera vertical con soporte cuadrado	KOYO UCFX0S d=25[mm]	\$ 25,00	U	2	\$ 50,00
Pernos hexagonales para motor	M12	\$ 0,30	U	4	\$ 1,20
Arandela plana para motor	d=12 espesor=2,3[mm]	\$ 0,30	U	4	\$ 1,20
Arandela de presion	M12	\$ 0,30	U	4	\$ 1,20
tuerca hexagonal rebajada	M12	\$ 0,30	U	4	\$ 1,20
Anillo de retencion exterior	MSH-28	\$ 1,50	U	1	\$ 1,50
Anillo de retencion exterior	MSH-25	\$ 1,50	U	1	\$ 1,50
Retenedor	d=25 HMS4	\$ 2,00	U	1	\$ 2,00
Arandela de presion	M10	\$ 0,10	U	12	\$ 1,20
Eje macizo	AISI 1030 Cuadrado L=28 mm	\$ 19,26	USD/m	1	\$ 19,26
Pegamento tubos PCV	Calipega	\$ 5,00	1/8 lt	1	\$ 5,00
Teflon	plastigama	\$ 0,80	U	1	\$ 0,80
				COSTO 2	\$ 2.232,23

Tabla 4. 30 Costos de Material

4.15.3 COSTOS DE MANO DE OBRA

En la tabla de se detalla el costo que se requiere para la elaboración de cada una de las piezas constitutivas de la maquina tomando en consideración el trabajo de maquinado a realizar en ellas, cabe recalcar que el costo de la mano de obra del trabajador, de las máquinas y de las herramientas está incluido en los precios.

PARTE CONSTITUTIVA	PRESADORA \$10 [USD/h]		AMOLADORA \$3 [USD/h]		SOLDADORA \$15 [USD/h]		CORTADORA DE PLASMA \$5 [USD/h]		DOBLADORA 3 [USD/h]		CIZALLA HIDRAULICA \$0.7 [USD/corte]		TALADRO DE PEDESTAL \$3 [USD/h]		RECTIFICADORA \$10 [USD/h]		TORNOS \$8 [USD/h]		COSTO FINAL [USD]	
	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]	TIEMPO REQUERIDO [h]	COSTO [USD]		
ESTRUCTURA																			1	\$ 105,00
TOLVA			0,42	\$ 1,26	2	\$ 30,00	0,5	\$ 1,50	0,5	\$ 1,50									1	\$ 40,26
SOPORTE DE TUBERIA			0,2	\$ 0,60	1	\$ 15,00	0,5	\$ 1,50	0,5	\$ 1,50									1	\$ 24,60
PLACA MOTOR			1	\$ 3,00	0,5	\$ 1,50					4	\$ 2,80	0,33	\$ 0,99					1	\$ 14,29
SOPORTES			0,2	\$ 0,60	1	\$ 15,00			0,5	\$ 1,50	16	\$ 11,20	0,5	\$ 1,50					1	\$ 29,80
TAPA INFERIOR	0,5	\$ 5,00	1	\$ 3,00									0,5	\$ 1,50					1	\$ 24,50
CASCARILLA INFERIOR					0,33	\$ 4,95	1,5	\$ 22,50	1	\$ 3,00	12	\$ 8,40							1	\$ 38,85
BANDEA DE MUELLAGO					0,33	\$ 4,95	1,5	\$ 22,50	0,33	\$ 0,99	4	\$ 2,80							1	\$ 31,24
CRIBA CIRCULAR					1	\$ 15,00			0,5	\$ 1,50	4	\$ 2,80							1	\$ 19,30
CASCARILLA SUPERIOR					1	\$ 15,00	1,5	\$ 22,50	1	\$ 3,00	8	\$ 5,60							1	\$ 46,10
EJE PRINCIPAL															0,25	\$ 2,50	2,5	\$ 20,00	1	\$ 22,50
TAPA SUPERIOR	0,5	\$ 5,00	1	\$ 3,00			1	\$ 15,00					0,5	\$ 1,50			0,33	\$ 2,64	1	\$ 27,14
TRANSPORTADOR HELICOIDAL	2	\$ 20,00			1,5	\$ 22,50	1	\$ 15,00									1	\$ 8,00	1	\$ 65,50
AGITADOR	1	\$ 10,00	0,25	\$ 0,75	0,33	\$ 4,95											2	\$ 16,00	3	\$ 95,10
LIMPIADOR	1,5	\$ 15,00																	12	\$ 372,00
POLEA MOTRIZ																			1	\$ 8,00
POLEA CONDUCTIDA																			1	\$ 8,00
PLACA DE RETENCION			0,33	\$ 0,99			0,5	\$ 1,50					0,33	\$ 0,99					1	\$ 9,48
																			COSTO	\$ 981,66
																			3	

Tabla 4. 31 Costo Mano de Obra

4.15.4 COSTO TOTAL DE LA MAQUINA

En la siguiente tabla se muestran los costos totales de cada uno de los rubros anteriores; para la estimación del costo de comercialización de la maquina se ha considerado costos adicionales como: los recursos invertidos en el montaje de todos los sistemas, se ha considerado un 10%. Transporte de traslado de materiales 2%. Utilidad a obtener 15%. Imprevistos 10%.

COSTO DE DISEÑO (COSTO 1)	\$ 1.008,90
COSTO DE MATERIAL (COSTO 2)	\$ 2.232,23
COSTO MANO DE OBRA (COSTO 3)	\$ 981,66
SUBTOTAL	\$ 4.222,79
MONTAJE (10%)	\$ 422,28
TRANSPORTE (2%)	\$ 84,46
UTILIDAD (15%)	\$ 633,42
IMPREVISTOS (10%)	\$ 422,28
PRECIO TOTAL DE LA MAQUINA	\$ 5.785,22

Tabla 4. 32 Costo Total de la Maquina

Al observar el valor obtenido para la comercialización de la desmucilagadora de café, se llega a la conclusión de que este es un valor aceptable en comparación con los valores de este tipo de máquinas en el mercado.

4.16 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MAQUINA

4.16.1 REQUERIMIENTOS MINIMOS

La máquina considera desarrollos tecnológicos recientes. Es una maquina ligera, no es robusta, construida en base a los requerimientos actuales de los productores. Por ello requiere ser revisada y refaccionada con frecuencia.

Los elementos principales a tomar en cuenta son:

- Motores: elementos de los rodamientos, roles y retenedores
- Sistema Eléctrico: protección contra el agua, cables de conexiones
- Transmisión: ajuste de bandas y aseguramiento de poleas
- Aseguramiento de cobertores para evitar accidentes
- Lubricación: Rodamientos y Chumaceras
- Tuberías, acoples, llaves de paso; para el abastecimiento de agua

4.16.2 GRADUACION DE LOS EQUIPOS:

Se debe revisar y ajustar algunos mecanismos:

- Cantidad de agua abastecida para la operación de este equipo debe ser adecuada, limpia
- Carga de alimentación de café con mucilago hacia la máquina
- Mecanismos de regulación de la presión aplicada al café
- Velocidad de rotación de rotor
- Existen dos aspectos que resultan claves para un buen resultado:
 - La carga de grano de alimentación de la máquina debe ser constante
 - El tiempo de permanencia de la masa de grano en la cámara debe ser adecuado

4.16.3 INSTRUMENTOS PARA REGULAR EL FLUJO DE CAFÉ EN LA CAMARA DE DESMUCILAGINADO

Para mantener el flujo constante se ha instalado una tolva en la máquina; este acumula el volumen de café. El volumen de la tolva se calcula para que la máquina pueda operar gran cantidad de tiempo solo con su abastecimiento. Esta tolva tiene graduado el flujo de grano hacia la entrada; de esta manera se asegura que se tiene el flujo de grano adecuado.

En este caso la presión aplicada al grano es la fuerza de gravedad aplicada sobre el área de los granos; esta presión ayuda a la permanencia del grano en la cámara.

4.16.4 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA EL DESMUCILAGINADO

En el proceso de remoción de mucilago se opera con la aplicación de esfuerzos cortantes y de fricción, puede ocurrir daño mecánico en algunos granos de café. Sin embargo la presencia del mucilago es un elemento clave ya que este opera como fluido lubricante y permite que los granos de café fluyan sin atorarse; por esta razón en el desmucilaginado mecánico solamente se aplica café maduro, siendo un requisito que se efectuó una aplicación previa del café de fruta para que los frutos verdes y/o secos sean separados antes del despulpado, y que la clasificación del pergamino se realice antes del desmucilaginado.

4.16.5 CONTROL DE DAÑO MECÁNICO

Es necesario confeccionar un registro documental ya que si solo se monitorea el proceso, pero no se toman registros, el control pierde utilidad.

Este control se lleva a cabo tomando muestras con cierta frecuencia y evaluar el daño mecánico, se realiza esto dando un valor porcentual; como en toda operación se debe colocar límites de tolerancia aceptables para el daño mecánico y en este caso se sitúan en el rango del 1 al 2%.

4.16.5.1 Recomendaciones para el control de daño mecánico

El operario deberá supervisar la operación del equipo, prestando atención para corregir el daño mecánico en el café pergamino lavado mecánicamente

Se deberá efectuar un muestreo frecuente de café, a fin de evaluar y calificar la presencia de daño mecánico causado al grano

El operario deberá ser capacitado en aspectos tales como: calibración, ajuste de equipos, mantenimiento, muestreo y registro de daño mecánico

4.16.5.2 Revisión de las Máquinas:

Tomar a intervalos de tiempo constante cada hora, una muestra de 100 gramos de café en la salida del desmucilagador, se procede a contar la cantidad de defectos: granos picados, pelados, quebrados, con mucilago; los cuales se anotaran en el registro de documento, los datos se registraran por peso y serán transformados a porcentaje y los valores no deben ser mayores a los siguientes:

	PARAMETRO	INDICE (menor que)
Desmucilagado Mecánico	Picado	2% (daño mecánico)
	Pelado quebrado	
	Granos con mucilago	1.5%

Fuente:⁷³ (s.a, 2010)

⁷³ s.a, e. c. (2010). *manual de buenas practicas de manufactura en el beneficio bio cafe oro de tarrazu*. san marcos de tarrazu.

4.16.6 LIMPIEZA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Los granos que quedan en la máquina sufren pudrición natural y/o otras formas de contaminación llamándose granos fétidos, estos deberán ser quitados ya que su permanencia daría problemas de calidad de difícil corrección, el criterio de los catadores es que un solo grano fétido daña una taza de café impregnándole un sabor desagradable.

Se deberá limpiar todo el equipo y máquinas cada vez que finalice el turno de trabajo, para evitar la presencia de granos fétidos, restos de miel y pulpa; removiendo restos de granos de café y todo tipo de materia extraña atorada o adherida a la máquina.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Por medio de la investigación realizada cuyo objetivo principal es diseñar y simular una maquina desmucilagadora de café, se tiene como resultado las siguientes conclusiones y recomendaciones:

5.1 CONCLUSIONES

Debido a ubicación geográfica Ecuador posee varios ecosistemas los cuales le permiten exportar todas las variedades de café, como son: arábica y robusta.

La altura es un factor determinante ya que la calidad del grano mejora al aumentar ésta debido a que la maduración del grano es más lenta mejorando las propiedades del grano

Al girar el rotor con más velocidad angular los granos de café se alinean y la tasa de remoción del mucilago disminuye.

Se realizó el estudio de las secciones más críticas de los elementos más importantes a considerar en la máquina verificando la resistencia estática a las cargas dinámicas y la resistencia a la fatiga en cargas nominales, mediante el uso de ecuaciones y teorías clásicas del diseño de máquinas; por medio del uso de software se validaron estos.

El diseño realizado utiliza elementos y materiales que son posibles obtenerlos en el mercado, con las ventaja de facilitar la construcción, mantenimiento y cambio de estos; reduciendo los costos de fabricación y ofreciendo un diseño flexible enfocado al mercado ecuatoriano.

De la visita realizada a Nanegalito se observó que la remoción de mucilago es realizada de forma manual y artesanal, por lo cual otro objetivo fue alcanzado utilizando la maquina se invierte 1 litro de agua por kilogramo de café cereza en vez de 120 litros que utilizan para este proceso actualmente.

Para escoger el material de diseño y construcción de los diferentes elementos que componen la máquina, se ha tomado en cuenta algunos parámetros:

funcionalidad y disponibilidad en el mercado local; el mecanismo que se encuentra en contacto directo con los granos de café se ha seleccionado el mejor material disponible con el fin de evitar cualquier peligro para el consumidor.

La estructura de la máquina fue simulada en el programa SOLIDWORKS, mientras que en los componentes más críticos se realizó los cálculos correspondientes con el fin de obtener los resultados adecuados en la estabilidad, comportamiento y resistencia ante la presencia de las diferentes cargas que actúan en cada elemento.

El costo de la maquina es bajo en comparación a las maquinas existentes en el mercado con características similares, lo cual incentiva a la construcción de la maquina diseñada y entrar a competir en el mercado

5.2 RECOMENDACIONES

El eje del rotor debe estar balanceado para asegurar una operación satisfactoria y evitar un daño prematuro de los componentes.

En el caso que la despulpadora y la desmucilagadora se encuentren en el mismo nivel se debe diseñar un transportador helicoidal, con el fin de llevar el café despulpado hacia la cámara.

La superficie a situar la máquina debe ser lisa y nivelada, de tal manera que garantice su estabilidad por su propio peso, además la máquina debe estar cerca de una fuente eléctrica

Para que la maquina se encuentre en funcionamiento esta debe tener resguardos con el fin de dar seguridad al operador, para que no tenga contacto directo con la el eje ni el rotor; no sobrecargar la capacidad de la tolva diseñada para evitar atascamiento de material e inconvenientes durante el funcionamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez R; Calderon N. (2011). *Diseño, construccion y pruebas de un prototipo automatizado para dosificacion y mezclado de 4 componentes, 3 de ellos a granel y uno a liquido obteniendo una mezcla hasta 15 kg/h para el laboratorio de automatizacion industrial*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana.
- ALVES, P. Y. (27 de 08 de 2014). *PA-DELVA*. Obtenido de <http://www.palinalves.com.br/equipamento-es.php?equip=43&produto=PA-DELVA/7.6>
- anacafe. (19 de 08 de 2014). *despulpado*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php/BeneficiadoHumedo_Desulpado
- ANACAFE. (27 de 08 de 2014). *Remocion de Mucilago*. Obtenido de http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=BeneficiadoHumedo_Mucilago
- ANACAFE. (s.f.). *ASOCIACION NACIONAL DEL CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de http://www.anacafe.org/glifos/index.php/Variedades_de_cafe
- Arguello, R., & Sanchez, E. (2005). *diseño y construccion de un silo secador de granos de cafe con la utilizacion de un quemador dual de combustible (gas ACPM)*. Bucaramanga.
- AUTODESK. (08 de 09 de 2014). *coeficiente de seguridad de uniones por soldadura con carga estatica*. Obtenido de <http://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Inventor/files/GUID-C5A6A27F-8E81-4BD3-B9D9-8EDAE031B3B5-htm.html>
- Azom.com. (25 de 09 de 2014). *AISI 1030 Carbon Steel (UNS G10300)*. Obtenido de <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6531>
- Barcelona, E. T. (1992). *Diseño de un cilo cilindrico para el almacenamiento de productos granulares*. Barcelona: ETSEIB.
- Britt. (s.f.). *¿porque y como se tuesta el cafe?* Recuperado el 01 de 08 de 2014, de <http://www.cafebritt.com/sabias-porque-y-como-se-tuesta-el-cafe>
- Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingenieria mecanica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill.
- Budymas, R., & Nisbett, K. (s.f.). *Diseño en Ingenieria mecanica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill.
- CAFE, B. B. (s.f.). *variedades de cafe*. Recuperado el 01 de 08 de 2014, de http://barublackmountain.com/baru/index.php?option=com_content&view=article&id=99&Itemid=165
- Castaña, A., & Suarez, S. (2010). *cartilla tecnica para el dimensionamiento de beneficiadores de cafe y sistema de secado*. Caldas-Antioquia.
- criollo, c. e. (27 de 11 de 2014). *CAFES EL CRIOLLO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://cafeselcriollo.es/glosario>

- Duicela L, Corral R, Farfan D, Cedeño L, Palma R, Sanchez J, Villacis j. (2002). *ZONIFICACION CAFETALERA DEL ECUADOR PARA LA PRODUCCION DE CAFES DE ESPECIALIDADES*.
- DUICELA LUIS, CORRAL RUBEN, FARFAN DIANA. (2002). El clima en las zonas de produccion de cafe arabigo del Ecuador.
- Duicela Luis, Garcia Jose, Corral Ruben, Farfan Diana, Fernandez Fabian. (2004). CALIDAD FISICA Y ORGANOLEPTICA DE LOS CAFES ROBUSTAS ECUATORIANOS. *INGORMA ANUAL DE LA DICVISION TECNICA*.
- DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, 36.
- ENCARTA. (s.f.). *CULTIVO DE CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://es.slideshare.net/gjmoncayo/cultivo-de-caf>
- GLORIA, P. (2012). FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACION DEL CAFE. En F. N. CAFE, *PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTIFICA*. CALDAS, COLOMBIA.
- ingemecanica. (17 de 09 de 2014). *correas de transmision calculo y diseño*. Obtenido de <http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion42>
- IPAC. (s.f.). Productos. *Disensa-Ecuador*.
- James, G. (2006). *Mecanica de Materiales*. Mexico: THOMSON.
- jotagallo. (16 de 09 de 2014). *Modulos de Beneficio Ecologico de Cafe*. Obtenido de <http://www.jotagallo.com/becol.html>
- jutz, H; Scharkus, E; Lobert, R. (1984). *Tablas para la industria metalurgica*. Cuenca-Ecuador: EDIBOSCO.
- KOYO. (2008). Rodamientos de bolas y rodillos. *CAT. N°203-2Sp*.
- KOYO. (2008). Rodamientos de Bolas y Rodillos. *CAT.N°203-2Sp*.
- Marco, A. (2012). Alternativas agroecologicas para el manejo del cafe (coffea arabica). En u. d. Cuenca, *monografia previo a la obtencion del titulo de Ingeniero Agronomo* (págs. 17-19). Cuenca-Ecuador.
- Martin. (s.f.). Transportadores helicoidales-Elevador Helicoidal Estandar. *Manejo de materiales a Granel*, H-158.
- NTN. (2004). Rodamientos de Bolas y de Rodillo. *CAT.N° 2202-VII/S*.
- Oliveros C; Alvarez F; Montoya E. (1997). Rotor Colmecano. *Metodologia para el escalamiento de agitadores mecanicos utilizados en procesos con fluidos no newtonianos*, 39.
- Oliveros T; Montilla j; Pulgarin J; Loaiza M; Montoya E; Quintero G; Gomez G. (2008). *Propiedades Fisicas y Factores de Conversion Del cafe en el proceso de beneficio*. Caldas- Colombia.

- optlbelt. (1994). *Manual tecnico para transmisiones por correas trapeciales*. Canada.
- Peru, p. u. (03 de 09 de 2014). *diseño de un silo*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/alanmecanica/diseo-de-un-silo-estructura-metalica>
- Pineda Carlos, Fernandez Celso, Oseguera Francisco. (s.f.). *Beneficiado y Calidad del Café* . Honduras, islas de la Bahia.
- PROECUADOR. (27 de 10 de 2014). *CAFE*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.proecuador.gob.ec/exportadores/sectores/cafe/>
- PROEXPORTCOLOMBIA. (s.f.). *PROCESO DE PRODUCCION DEL CAFE COLOMBIANO*. Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.colombia.travel/es/turista-internacional/actividad/recorridos-tematicos-por-colombia/cafe-colombiano/produccion-del-cafe-colombiano>
- quito, h. (07 de 07 de 2013). *cafetaleros buscan posicionar al cafe de Quito en el exterior*. Recuperado el 01 de 08 de 2014, de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/cafetaleros-buscan-posicionar-al-cafe-de-quito-en-el-exterior-585394.html>
- Repermetal. (10 de 11 de 2014). *Planchas perforadas*. Obtenido de <http://repermetal.com/Reper%20Home.swf>
- Roa M; Oliveros T; Carlos E; Alvarez G; Ramirez G; Sanz J; Davila M; Alvarez H; Zambrano D; Puerta G; Rodriguez N. (1999). *Beneficio Ecologico del Cafe*. chinchina: CENICAFE.
- s.a, e. c. (2010). *manual de buenas practicas de manufactura en el beneficio bio cafe oro de tarrazu*. san marcos de tarrazu.
- S.A, G.-S. (10 de 11 de 2014). *G-Style S.A - Engineering Department*. Obtenido de <http://www.gstyle.com/en/download/AISI304.pdf>
- S.R.L., E. C. (MAYO 2010). *MANUAL DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA EN EL BENEFICIO BIO CAFE ORO DE TARRAZU*. En M. D. GANADERIA, *LINEAMIENTOS A SEGUIR CONDUCENTES A UN PROGRAMA DE BUENAS PRACTICAS DE MANUFACTURA*. SAN MARCOS DE TARRAZU.
- serway. (24 de 09 de 2014). *Coefficientes de Friccion*. Obtenido de http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficients_of_friction.htm
- Stiven, T. (2013). *diseño y construccion de tres maquinas para el lavado mecanicodel cafe con fermentacion natural utilizando la tecnologia DESLIM en el centro nacional de investigacion de cafe CENICAFE* . Pereira-Colombia.
- SUMITEC. (08 de 09 de 2014). *soluciones solidasy duraderas*. Obtenido de <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20430.pdf>
- Tablas*. (26 de 09 de 2014). Obtenido de <http://www.utp.edu.co/~lvanegas/dis1/Tablas.pdf>

TELEGRAFO, E. (27 de 11 de 2014). *LA PRODUCCION LOCAL NO ABASTECE LA DEMANDA.*

Recuperado el 14 de 07 de 2014, de <http://www.telegrafo.com.ec/economia/item/el-cafe-ecuadoriano-triplica-su-precio-en-el-mercado-europeo.html>

VIBRATECH. (24 de 09 de 2014). *Servicio de diagnostico de equipos rotativos a traves del analisis de Vibraciones.* Obtenido de <http://www.vibratech.com.ve/texto/serviciosDiagnostico-vibraciones.htm>

WIKIPEDIA. (s.f.). *CAFE ECUATORIANO.* Recuperado el 14 de 07 de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Caf%C3%A9_ecuatoriano

ANEXOS

ANEXOS TABLAS

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS MODELOS DESLIM

CARACTERÍSTICAS	CAPACIDAD [KG CAFÉ CEREZA/ HORA]				
	100	300	600	1000	3000
LONGITUD DEL ROTOR [m]	0,4	0,5	0,3	0,7	1
Potencia [Kw]	0,37 (0,5 HP)	0,59 (0,8HP)	0,89 (1,2HP)	1,34 (1,8HP)	4,92 (6,6 HP)
Agua de desmucilaginado [lt/min]	-	-	1	1,75	3,75
Agua lavado [lt/min]	0,4	0,8	1	1,75	3,75

Tabla A. 1 Características Principales de los Modelos DESLIM

Fuente: Roa M; Oliveros T; Carlos E; Alvarez G; Ramirez G; Sanz J; Davila M; Alvarez H; Zambrano D; Puerta G; Rodriguez N. (1999). Beneficio Ecologico del Cafe. chinchina: CENICAFE.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ

	Uribe (1977)	Presente estudio (2006)	
		Café Seleccionado	Café sin Seleccionar
Densidad Aparente (kg/m3)			
Fruto	600	621,57	616,5
Pulpa Fresca	270	299,74	298,2
Grano de Café en baba	800	826,71	803,4
Grano de Café lavado	650	701,87	693,66
Grano de Café escurrido	-	687,17	678,31
Grano de Café seco de agua	520	-	-
Grano de café pergamino	380	391,44	385,75
Grano de café almendra	680	709,99	707,31
Peso(g)			
Un Fruto	2	1,99	1,85
Un Grano de Café en baba	-	0,57	0,55
Un Grano de Café lavado	-	0,4	0,39
Un Grano de Café escurrido	-	0,39	0,38
Un Grano de café pergamino	0,22	0,21	0,21
Un Grano de café almendra	0,18	0,18	0,18
Diametros (mm)			
Diametro ecuatorial			

Un Fruto	-	14,37	13,99
Un Grano de Café en baba	-	9,24	9,02
Un Grano de Café lavado	-	8,7	8,63
Un Grano de Café escurrido	-	8,8	8,64
Un Grano de café pergamino	-	8,55	8,43
Un Grano de café almendra	-	7,11	7,04
Diámetro polar			
Un Fruto	-	15,96	15,77
Un Grano de Café en baba	-	12,72	12,35
Un Grano de Café lavado	-	12,31	12,22
Un Grano de Café escurrido	-	12,38	12,03
Un Grano de café pergamino	-	12,01	11,87
Un Grano de café almendra	-	9,69	9,48

Tabla A. 2 Propiedades Físicas del Café

Fuente: Oliveros T; Montilla j; Pulgarin J; Loaiza M; Montoya E; Quintero G; Gomez G. (2008). *Propiedades Físicas y Factores de Conversion Del cafe en el proceso de beneficio*. Caldas- Colombia.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD PARA SOLDADURA

Tipo de soldadura, carga	n_s
Soldadura a tope con carga de tracción	1,6-2,2
Soldadura a tope con carga de plegado	1,5-2
Soldadura a tope con carga de corte	2-3
Soldadura a tope con carga	1,4-2,7
Soldadura de empalme en el plano de unión de la pieza	2-3
Soldadura de empalme con carga espacial	1,4-2,7
Soldadura en tapones y para acanalado	2-3
Soldadura en tapones (resistentes) con carga de corte	1,6-2,2
Soldadura en tapones (resistentes) con carga de desgarramiento	2,5-3,3

Tabla A. 3 Coeficiente de seguridad para Soldadura

Fuente: <http://knowledge.autodesk.com/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Inventor/files/GUID-C5A6A27F-8E81-4BD3-B9D9-8EDAE031B3B5-htm.html>

FACTOR DE CORRECCIÓN DE POTENCIA K

Maquina Motrices	Motores eléctricos cd=2cn motores térmicos multicilindros>600rpm			Motores eléctricos cmax>2cn Monocilindro<600rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
<i>Cargas uniformes Ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrífugos, ventiladores hasta 7,5 KW, pequeños transportadores	1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano), ventiladores superiores 7,5 KW, generadores, alternadores, máquinas herramientas, maquinaria de artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<i>Cargas irregulares con sobrecarga:</i> maquinaria para ladrillos y cerámica, elevadores de cangilones, compresores y bombas de pistones, maquinaria papel, pulverizadores, maquinaria textil	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras, mezcladoras, grúas, dragas	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8
<i>cargas muy irregulares y grandes sobrecargas</i>	2	2	2	2	2	2

Tabla A. 4 Factor de corrección de potencia k

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 36.

DIÁMETRO MÍNIMO DE POLEAS

Diámetro polea (mm)	Z	A	B	C	D	E
60	V					
63	R					
67	V					
71	R	V				
75	V	V				
80	R	V				
90	V	R				
95		V				

100	R	R				
106		V				
112	V	R	V			
118		V	V			
125	R	R	V			
132		V	V			
140	V	R	R			
150	V	V	V			
160	R	R	R			
170			V			
180	V	R	R	V		
200	R	R	R	R		
212				V		
224	V	V	V	R		
236				V		
250	V	R	R	R		
265				V		
280		V	V	R		
300		V	V	V		
315		R	R	R		
355		V	V	V	R	
375			V	V	V	
400		R	R	R	R	
425					V	
450		V	V	V	R	
475					V	
500		R	R	R	R	R

Tabla A. 5 Diámetro Mínimo de Poleas

Donde:

V diámetro válido de polea

R diámetro de polea especialmente recomendado

Fuente:

<http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#seccion41>

CONICIDAD MÁS USUAL

Cono $1: \frac{(D-d)}{L}$	Angulo de cono 2α	Angulo de ajuste en máquina de mecanizado α	Aplicaciones
1:4	14°15'	7°7'7"	Construcción máquinas herramientas, remates de husillo
1:5	11°25'16"	5°42'38"	Cubos fácilmente separables al eje
1:10	5°43'30"	2°51'45"	Pernos acoplamiento, casquillo cojinete ajustable, piezas con solíc. Transv. Y a torsión al eje
1:15	3°49'	1°54'33"	Vástagos, émbolos, locomotoras
1:20	2°51'52"	1°26'	Cono métrico, vástagos herramienta y cono alojamiento para husillos de máquinas herramientas

Tabla A. 6 Conicidad más usual

Fuente: Jutz, H; Scharkus, E; Lobert, R. (1984). *Tablas para la industria metalúrgica*. Cuenca-Ecuador: EDIBOSCO. Pag 107

COEFICIENTES PARA EL ANGULO DE TORSION

alb	1	1.5	2	3	4	6	8	10	∞
α	0.208	0.231	0.246	0.267	0.282	0.299	0.307	0.313	0.333
β	0.141	0.196	0.229	0.263	0.281	0.299	0.307	0.313	0.333
γ	1.000	0.858	0.796	0.753	0.745	0.743	0.743	0.743	0.743

Tabla A. 7 Coeficientes para el ángulo de Torsión

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 97

CLASES MÉTRICAS DE PROPIEDAD MECÁNICA DE PERNOS, TORNILLOS Y BIRLOS DE ACERO








Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, [†] MPa	Resistencia mínima a la tensión, [†] MPa	Resistencia mínima a la fluencia, [†] MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Tabla A. 8 Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 418 tabla 8-9

<p>VIDA DE SERVICIO DE RODAMIENTOS PARA DIVERSAS APLICACIONES</p> <p>TIPO DE SERVICIO</p>	<p>APLICACION</p>	<p>HORAS DE VIDA DE SERVICIO UTIL</p>
Equipos utilizados ocasionalmente	Mecanismos para accionamiento de puertas	500
Sustituidos periódicamente para obtener una fiabilidad excepcionalmente alta	Motores de aviación	500-2000
Utilizados a intervalos cortos, no muy críticos	Herramientas de mano, equipos agrícolas, electrodomésticos, alimentador, automático de materiales	4000- 8000
Utilizados a intervalos, pero que ha de tener una fiabilidad de servicio adecuada	Equipos auxiliares en centrales energéticas, transportadores para líneas de montaje, grúas para manipulación de materiales, maquinas herramientas utilizadas con poca frecuencia	8000-12000
Funcionamiento durante 8 horas al día, pero no siempre en funcionamiento completo	Motores eléctricos de planta, reductor de engranajes	12000-20000
Completamente funcionando durante 8 horas al día	Maquinaria general en plantas de fabricación, grúas que trabajan de forma constante, rodillos de mesas de tren de alimentación	20000-30000
Funcionando completamente durante 24 horas	Compresores, bombas, motores eléctricos para plantas, rodillo transportadores,	40000-60000

	cabrestantes de minas	
Funcionamiento en forma continua durante 24 horas, en aplicaciones muy criticas	Maquinaria para la fabricación de papel, centrales energéticas, bombas de minas, suministro de agua para zonas urbanas, maquinaria de buques de funcionamiento constante	100000-200000

Tabla A. 9 Vida de Servicio para Diversas Aplicaciones

Fuente: KOYO. (2008). Rodamientos de bolas y rodillos. CAT. N°203-2Sp.A-11

COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE DIFERENTES MATERIALES

TRATAMIENTO	ESTADO DE LOS GRANOS DE CAFÉ				
	En cereza	Despulpado	Lavado	Pergamino seco	Almendra
Metal	0,62	0,3	0,67	0,56	0,47
Concreto	0,55	0,72	1,16	1,55	1
Alfagres	0,76	0,31	0,92	1,02	0,62
Mayólica	0,62	0,36	0,88	0,97	0,57
P.V.C	0,49	0,27	0,6	0,36	0,34
Madera cepillada (fibra perpendicular al flujo de grano)	0,65	0,58	1,21	0,39	0,45
Madera cepillada (fibra paralela al flujo de grano)	0,63	0,67	1,08	0,45	0,5
Madera tosca (fibra perpendicular al flujo de grano)	0,74	0,78	1,25	1,2	0,57
Madera tosca (fibra paralela al flujo de grano)	0,76	0,78	1,2	1,3	0,47

Tabla A. 10 Coeficientes de fricción de diferentes materiales

Fuente: Stiven, T. (2013). *diseño y construccion de tres maquinas para el lavado mecanicodel cafe con fermentacion natural utilizando la tecnologia DESLIM en el centro nacional de investigacion de cafe CENICAFE . Pereira-Colombia.*

ANGULO NATURAL DE REPOSO

Estado del café	Angulo de reposo en grados
Cereza	40.29°
Despulpado	32.91°
Lavado	40.67°
Pergamino seco	35.01°
Almendra	27.75°

Tabla A. 11 Angulo de Reposo

Fuente: Arguello, R., & Sanchez, E. (2005). *diseño y construccion de un silo secador de granos de cafe con la utilizacion de un quemador dual de combustible (gas ACPM)*. Bucaramanga.

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO AISI 430

Propiedad	Valor
Resistencia a la fluencia	205 MPa (30 KSI)
Resistencia máxima	450 MPa (65 KSI)
Elongación	22% (en 50mm)
Módulo de elasticidad	200 GPa (29000 KSI)

Tabla A. 12 Propiedades Mecánicas Acero AISI 430

Fuente: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20430.pdf>

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA BELCOSUB

Especificaciones Técnicas				
	300	600	1000	2500
Despulpadora Utilizada:	2 3/4	3 1/2	4 1/2	2 (4 1/2)
Rendimiento (Kg cereza/hora):	280 - 320	580 - 600	980 - 1200	2300 - 2500
Rendimiento (qq cereza/hora):	5.5 - 6.2	11.4 - 11.8	19.2 - 23.6	45.2 - 49.2
Potencia requerida desum (HP):	1	2	3	7.5
Potencia requerida máquina T.S.F. (HP):	1	1	1	1 - 1
Potencia requerida monomotor (HP)	2	3	5	7.5
Potencia requerida motor gasolina (HP)	4	6	8	16
R.P.M. del motor	1750	1750	1750	1750
R.P.M. Desum	860	860	860	860
Rodamiento superior (Chumacera)	F204 (3/4")	F207 (1 1/4")	F207 (1 1/4")	F207 (1 1/4")
Rodamiento inferior	30203	30206	30206	30206
Número de agitadores	20	12	15	24
Número de limpiadores	2	2	2	4
Longitud Desum (mm)	600	600	700	1000
Diametro interno Desum (mm)	160	215	215	215
Consumo de agua	1	2	3.3	8.5
Dimensiones (Largo x Ancho x Alto)	110x76x138	120x90x132	130x105x138	190x138x163
Dimensiones con zaranda	138x110x148	182x120x160	197x10x165	310x130x175
Longitud tornillo sinfin para pulpa en cm	200	300	300	300

*La especificaciones técnicas son las mismas para módulos con zaranda

Tabla A. 13 Especificaciones técnicas para BELCOSUB

Fuente: jotagallo. (16 de 09 de 2014). *Modulos de Beneficio Ecologico de Cafe.* Obtenido de <http://www.jotagallo.com/becol.html>

LONGITUD PRIMITIVA NOMINAL DE CORREA

Correa (in)	Sección Z (mm)	Sección A (mm)	Sección B (mm)	Sección C (mm)	Sección D (mm)	Sección E (mm)
41	1066	1075	1086	-	-	-
42	1092	1106	1100	-	-	-
43	1117	1134	1140	-	-	-
44	1143	1153	1156	1191	-	-
45	1168	1186	1184	1217	-	-
46	1193	1199	1204	1242	-	-
47	1219	1232	1237	1267	-	-
48	1244	1262	1268	1293	-	-
49	1270	1280	1288	1318	-	-
50	1295	1306	1318	1344	-	-
51	1320	1330	1328	1357	-	-
52	1346	1354	1367	1394	-	-
53	1371	1381	1392	1429	-	-
54	1397	1405	1410	1442	-	-
55	1422	1429	1443	1460	-	-
56	1447	1459	1460	1497	-	-
57	1473	1492	1491	1527	-	-
58	1498	1507	1512	1550	-	-
59	1524	1532	1541	1576	-	-
60	1549	1556	1556	1598	-	-
61	-	1584	1601	1623	-	-
62	-	1605	1626	1648	-	-
63	-	1633	1641	1674	-	-
64	-	1658	1674	1699	-	-
65	-	1683	1695	1725	-	-
66	-	1714	1724	1745	-	-
67	-	1742	1743	1775	-	-
68	-	1767	1770	1788	-	-
69	-	1785	1794	1826	-	-
70	-	1813	1818	1847	-	-
71	-	1841	1846	1877	-	-
72	-	1862	1878	1897	-	-
73	-	1887	1900	1928	-	-
74	-	1913	1924	1953	-	-
75	-	1937	1947	1979	-	-
76	-	1963	1973	1989	-	-
77	-	1989	1999	2015	-	-
78	-	2013	2024	2042	-	-
79	-	2033	2043	2068	-	-
80	-	2065	2075	2094	-	-
81	-	2093	2103	2119	-	-
82	-	2116	2126	2145	-	-
83	-	2133	2151	2170	-	-
84	-	2167	2177	2196	-	-
85	-	2193	2203	2221	-	-
86	-	2220	2230	2247	-	-
87	-	2245	2258	2273	-	-

Tabla A. 14 Longitud primitiva nominal de correa

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 8.

FACTOR DE CORRECCIÓN A LO LARGO DE LA CORREA

Longitud correa	Sección de la correa					
	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-
60	-	0.98	0.92	0.82	-	-
68	-	1.00	0.95	0.85	-	-
75	-	1.02	0.97	0.87	-	-
80	-	1.04	0.98	0.89	-	-
81	-	1.04	0.98	0.89	-	-
85	-	1.05	0.99	0.90	-	-
90	-	1.06	1.00	0.91	-	-
96	-	1.08	1.02	0.92	-	-
97	-	1.08	1.02	0.92	-	-
105	-	1.10	1.04	0.94	-	-
112	-	1.11	1.05	0.95	-	-
120	-	1.13	1.07	0.97	0.86	-
128	-	1.14	1.08	0.98	0.87	-
144	-	-	1.11	1.00	0.90	-
158	-	-	1.13	1.02	0.92	-
173	-	-	1.15	1.04	0.93	-
180	-	-	1.16	1.05	0.94	0.91
195	-	-	1.18	1.07	0.96	0.92
210	-	-	1.19	1.08	0.98	0.94
240	-	-	1.22	1.11	1.00	0.96

Tabla A. 15 Factor de Corrección a lo largo de la correa

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 37.

FACTOR DE CORRECCIÓN EN FUNCION DEL ARCO DE CONTACTO

Factor de corrección		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86
127°	0.85	0.85
124°	0.84	0.84
120°	0.82	0.82
118°	0.81	0.81
115°	0.80	0.80

Tabla A. 16 Factor de Corrección de arco F_cA

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 38.

POTENCIA BASE

Sección A													Prestación Base (en HP)								Prestación adicional por relación de transmisión (en HP)							
Nº R.P.M. De la polea menor	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)												1.00 al 1.01	1.02 al 1.04	1.05 al 1.08	1.09 al 1.12	1.13 al 1.18	1.19 al 1.24	1.25 al 1.34	1.35 al 1.51	1.52 al 1.99	2.00 y sobre						
	66	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122											127					
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20					
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29					
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52	0.00	0.06	0.13	0.19	0.26	0.32	0.39	0.45	0.52	0.58					
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03					
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93	0.00	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07					
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10					
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13					
1000	0.49	0.62	0.75	0.88	1.01	1.14	1.26	1.39	1.51	1.64	1.76	1.88	2.00	0.00	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17					
1200	0.55	0.71	0.86	1.01	1.16	1.31	1.46	1.60	1.75	1.89	2.04	2.18	2.32	0.00	0.02	0.04	0.07	0.09	0.11	0.13	0.16	0.18	0.20					
1400	0.61	0.78	0.96	1.13	1.30	1.47	1.64	1.81	1.97	2.14	2.30	2.46	2.62	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.24					
1600	0.65	0.85	1.05	1.24	1.43	1.62	1.81	2.00	2.18	2.37	2.55	2.73	2.90	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27					
1800	0.69	0.91	1.13	1.34	1.56	1.77	1.97	2.18	2.38	2.58	2.78	2.97	3.17	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30					
2000	0.73	0.97	1.21	1.44	1.67	1.90	2.12	2.35	2.57	2.78	2.99	3.20	3.41	0.00	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30	0.34					
2200	0.76	1.02	1.28	1.53	1.78	2.02	2.26	2.50	2.74	2.97	3.19	3.42	3.64	0.00	0.04	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37					
2400	0.79	1.07	1.34	1.61	1.88	2.14	2.39	2.65	2.89	3.14	3.38	3.61	3.84	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40					
2600	0.81	1.11	1.40	1.69	1.97	2.24	2.51	2.78	3.04	3.29	3.54	3.78	4.02	0.00	0.05	0.10	0.15	0.19	0.24	0.29	0.34	0.39	0.44					
2800	0.83	1.14	1.45	1.75	2.05	2.34	2.62	2.90	3.17	3.43	3.69	3.94	4.18	0.00	0.05	0.10	0.16	0.21	0.26	0.31	0.37	0.42	0.47					
3000	0.84	1.17	1.49	1.81	2.12	2.42	2.72	3.00	3.28	3.55	3.81	4.07	4.31	0.00	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.34	0.39	0.45	0.50					
3200	0.85	1.19	1.53	1.86	2.18	2.49	2.80	3.09	3.38	3.66	3.92	4.18	4.42	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.54					
3400	0.85	1.21	1.56	1.90	2.24	2.56	2.87	3.17	3.46	3.74	4.01	4.26	4.50	0.00	0.06	0.13	0.19	0.25	0.32	0.38	0.44	0.51	0.57					
3600	0.85	1.22	1.59	1.94	2.28	2.61	2.93	3.23	3.52	3.80	4.07	4.32	4.56	0.00	0.07	0.13	0.20	0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.61					
3800	0.84	1.23	1.60	1.96	2.31	2.65	2.97	3.28	3.57	3.85	4.11	4.36	4.58	0.00	0.07	0.14	0.21	0.28	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64					
4000	0.83	1.22	1.61	1.98	2.33	2.67	3.00	3.31	3.60	3.87	4.13	4.36	4.58	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.60	0.67					
4200	0.81	1.22	1.61	1.99	2.35	2.69	3.01	3.32	3.61	3.87	4.12	4.34	4.54	0.00	0.08	0.16	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71					
4400	0.78	1.20	1.60	1.98	2.35	2.69	3.01	3.31	3.59	3.85	4.08	4.29	4.47	0.00	0.08	0.16	0.25	0.33	0.41	0.49	0.58	0.66	0.74					
4600	0.75	1.18	1.58	1.97	2.33	2.68	3.00	3.29	3.56	3.80	4.02	4.21	4.37	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.77					
4800	0.72	1.15	1.56	1.95	2.31	2.65	2.96	3.25	3.50	3.73	3.93	4.09	4.23	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.54	0.63	0.72	0.81					
5000	0.67	1.11	1.53	1.91	2.27	2.61	2.91	3.19	3.43	3.64	3.81	3.95	-	0.00	0.09	0.19	0.28	0.37	0.47	0.56	0.65	0.75	0.84					
5200	0.63	1.07	1.48	1.87	2.23	2.55	2.84	3.10	3.33	3.51	3.66	-	-	0.00	0.10	0.19	0.29	0.39	0.49	0.58	0.68	0.78	0.88					
5400	0.57	1.02	1.43	1.81	2.16	2.48	2.76	3.00	3.20	3.36	-	-	-	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.61	0.71	0.81	0.91					
5600	0.51	0.96	1.37	1.75	2.09	2.39	2.65	2.87	3.05	3.18	-	-	-	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.63	0.73	0.84	0.94					
5800	0.44	0.89	1.30	1.67	2.00	2.28	2.53	2.72	2.87	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.33	0.43	0.54	0.65	0.76	0.87	0.98					
6000	0.37	0.81	1.21	1.57	1.89	2.16	2.38	2.55	-	-	-	-	-	0.00	0.11	0.22	0.34	0.45	0.56	0.67	0.79	0.90	1.01					
6200	0.28	0.72	1.02	1.47	1.77	2.02	2.22	2.36	-	-	-	-	-	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.70	0.81	0.93	1.04					
6400	0.20	0.63	1.02	1.35	1.64	1.86	2.03	-	-	-	-	-	-	0.00	0.12	0.24	0.36	0.48	0.60	0.72	0.84	0.96	1.08					

Tabla A. 17 Potencia Base

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 28.

FACTOR DE SERVICIO PARA TRANSMISIÓN DE BANDA EN V

MAQUINARIA IMPULSADA	FUENTE DE POTENCIA	
	CARACTERÍSTICAS DEL PAR DE TORSION NORMAL	PAR DE TORSION ALTO O NO UNIFORME
uniforme	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
impacto ligero	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
impacto medio	1,2 a 1,4	1,4 a 1,6
impacto pesado	1,3 a 1,5	1,5 a 1,8

Tabla A. 18 Factor de servicio para transmisión de banda en V

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 882

FACTOR DE CORRECCIÓN K PARA CORREAS TRAPECIALES

Perfil	k	f(N)
SPZ, 3V/9N	0,07	25
SPA	0,12	50
SPB, 5V/15N	0,19	75
SPC	0,37	125

Tabla A. 19 Factor de Corrección *k* para correas trapeciales

Fuente: optlbelt. (1994). *Manual tecnico para transmisiones por correas trapeciales*. Canada.

PROPIEDADES DEL ACERO AISI 1030

AISI Num	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA A LA TENSION [MPa]	RESISTENCIA A LA FLUENCIA [MPa]
1030	HR	470	260
	CD	520	440

Tabla A. 20 Propiedades del Acero AISI 1030

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingenieria mecanica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 1020 Tabla A-20

COEFICIENTES DE FRICCIÓN

MATERIALES	COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA μ_s	COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICA μ_k
Acero-Acero	0,74	0,57
aluminio-acero	0,61	0,47
cobre-acero	0,53	0,36
latón-acero	0,51	0,44
cinc-hierro colado	0,85	0,21
caucho-concreto	1	0,8
madera-madera	0,25-0,5	0,2
vidrio-vidrio	0,94	0,4
cobre-vidrio	0,68	0,53
hielo-hielo	0,1	0,03
teflon-teflon	0,04	0,04
teflon-acero	0,04	0,04

Tabla A. 21 Coeficientes de Fricción

Fuente: http://didactica.fisica.uson.mx/tablas/coefficients_of_friction.htm

PROPIEDADES FÍSICAS AISI 1030

Propiedades	Métricas	Imperial
densidad	7,85 $\left[\frac{g}{cm^3} \right]$	0,284 $\left[\frac{lb}{pu\lg^3} \right]$
punto de fusión	1510°C	2750°F

Tabla A. 22 Propiedades Físicas AISI 1030

Fuente: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6531>

PROPIEDADES MECÁNICAS AISI 1030

Propiedades	Métricas	Imperial
Resistencia a la última tracción	525 Mpa	76100psi
Resistencia a la tracción	440 Mpa	63800psi
módulo de elasticidad	190-210 Gpa	29700-30458ksi
Módulo de compresibilidad	140 Gpa	20300 ksi
módulo de corte	80 Gpa	11600 ksi
relación de Poisson	0,27-0,3	0,27-0,3
alargamiento a la rotura (en 50 mm)	12%	12%
reducción de área	35%	35%
Dureza Brinell	149	149
dureza Rockwell B	80	80

Tabla A. 23 Propiedades Mecánicas AISI 1030

Fuente: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6531>

DIMENSIONES DE LAS ARANDELAS MÉTRICAS SIMPLES (LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS)

TAMAÑO DE LA ARANDELA	DI minimo	DE maximo	espesor máximo
10N	10,85	20	2,3
10R	10,85	28	2,8
10W	10,85	39	3,5

Tabla A. 24 Dimensiones de las arandelas métricas simples (las dimensiones están en milímetros)

N=angosta; R=regular; W= ancho

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 1037 Tabla A-33

DIMENSIONES DE TUERCAS HEXAGONALES

Tamaño nominal, mm	Altura H			
	Ancho W	Hexagonal Regular	grueso o Ranurada	Contra Tuerca
M10	16	8,4	9,3	5

Tabla A. 25 Dimensiones de Tuercas hexagonales

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 1035 Tabla A-31

TAMAÑO PREFERIDOS Y NÚMERO DE RENARD

Fración de pulgadas
$\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{3}{16}, \frac{1}{4}, \frac{5}{16}, \frac{3}{8}, \frac{7}{16}, \frac{1}{2}, \frac{9}{16}, \frac{5}{8}, \frac{11}{16}, \frac{3}{4}, \frac{13}{16}, \frac{7}{8}, 1, 1\frac{1}{8}, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}, 2, 2\frac{1}{4}, 2\frac{1}{2}, 2\frac{3}{4}, 3, 3\frac{1}{4}, 3\frac{1}{2}, 3\frac{3}{4}, 4, 4\frac{1}{4}, 4\frac{1}{2}, 4\frac{3}{4}, 5, 5\frac{1}{4}, 5\frac{1}{2}, 5\frac{3}{4}, 6, 6\frac{1}{4}, 7, 7\frac{1}{4}, 8, 8\frac{1}{4}, 9, 9\frac{1}{4}, 10, 10\frac{1}{4}, 11, 11\frac{1}{4}, 12, 12\frac{1}{4}, 13, 13\frac{1}{4}, 14, 14\frac{1}{4}, 15, 15\frac{1}{4}, 16, 16\frac{1}{4}, 17, 17\frac{1}{4}, 18, 18\frac{1}{4}, 19, 19\frac{1}{4}, 20$
Décimas de pulgadas
0.010, 0.012, 0.016, 0.020, 0.025, 0.032, 0.040, 0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.24, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.20, 1.40, 1.60, 1.80, 2.0, 2.4, 2.6, 2.8, 3.0, 3.2, 3.4, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 5.0, 5.2, 5.4, 5.6, 5.8, 6.0, 7.0, 7.5, 8.5, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0, 11.5, 12.0, 12.5, 13.0, 13.5, 14.0, 14.5, 15.0, 15.5, 16.0, 16.5, 17.0, 17.5, 18.0, 18.5, 19.0, 19.5, 20
Milímetros
0.05, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.16, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.80, 0.90, 1.0, 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.6, 1.8, 2.0, 2.2, 2.5, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 8.0, 9.0, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 250, 300
Números de Renard*
1a. elección, R5: 1, 1.6, 2.5, 4, 6.3, 10
2a. elección, R10: 1.25, 2, 3.15, 5, 8
3a. elección, R20: 1.12, 1.4, 1.8, 2.24, 2.8, 3.55, 4.5, 5.6, 7.1, 9
4a. elección, R40: 1.06, 1.18, 1.32, 1.5, 1.7, 1.9, 2.12, 2.36, 2.65, 3, 3.35, 3.75, 4.25, 4.75, 5.3, 6, 6.7, 7.5, 8.5, 9.5
*Se pueden multiplicar por, o dividir entre, potencias de 10

Tabla A. 26 Tamaño preferidos y número de Renard

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 1015 Tabla A-17

DIÁMETRO Y ÁREAS DE ROSCAS MÉTRICAS DE PASO

Diámetro mayor nominal d, mm	Serie de paso grueso		
	Paso p, mm	Area de esfuerzo de tansion, Al mm2	Area del diametro menor A, mm2
10	1,5	58	52,3

Tabla A. 27 Diámetro y áreas de roscas Métricas de paso

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 398 Tabla 8-1

RESISTENCIAS A LA FATIGA COMPLETAMENTE CORREGIDA DE PERNOS Y TORNILLOS CON ROSCAS LAMINADAS

grado o clase	intervalo de tamaño	resistencia a la fatiga
SAE 5	0,25-1pulg	18,6 kpsi
SAE7	0,25-1,5 pulg	20,6 kpsi
SAE8	0,25-1,5 pulg	23,2 kpsi
ISO8,8	M16-M36	129 Mpa
ISO9,8	M1,6-M16	140MPa
ISO10,9	M5-M36	162 Mpa
ISO 12,9	M1,6-M36	190MPa

Tabla A. 28 Resistencias a la fatiga completamente corregida de pernos y tornillos con roscas laminadas

PROPIEDADES MECÁNICAS ACERO INOXIDABLE FERRITICO

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
modulo elastico	29007547,53	psi
coeficiente de Poisson	0,28	N/D
Modulo cortante	11167905,8	psi
densidad de masa	0,281793	lb/pulg^3
limite de traccion	74493,27	psi
limite de compresion		psi
limite elastico	24995,66	psi
coeficiente de expansion termica	6,11E-06	1/°F
conductividad termica	0,000240746	Btu/(pulg.s.°F)
calor especifico	0,109869	Btu/(lb.s.°F)
cociente de amortiguamiento del material		N/D

Tabla A. 29 Propiedades mecánicas Acero Inoxidable Ferritico

Fuente: Biblioteca Materiales programa SOLIDWORKS

DIMENSIONES TUBO ESTRUCTURAL

TUBO ESTRUCTURAL				
Aplicaciones: Estructuras, cerramientos, invernaderos, galpones, carrocerías, etc.				
Producto	largo normal (m)	recubrimiento	dimensiones(plg)	espesores normal (mm)
tubo estructural cuadrado	6	negro-galvanizado	20mm a 100mm	1,5 a 4
tubo estructural rectangular	6	negro-galvanizado	(20x40mm)a(50x150mm)	1,5 a 4
tubo estructural redondo	6	negro-galvanizado	3/4 a 3	1,5 a 3
tubo estructural para postes	6	galvanizado	1/2 a 3	1,5 a 3

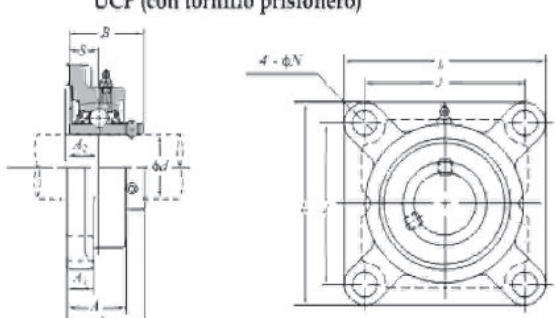
Tabla A. 30 Dimensiones tubo Estructural

Fuente: IPAC. (s.f.). Productos. *Disensa-Ecuador*.

DIMENSIONES DE CHUMACERA

Chumaceras/soportes
d 12-55 mm

tipo brida cuadrada
UCF (con tornillo prisionero)



Diam. de flecha (mm) d	Dimensiones (mm)									Tamaño de tornillo	Unidad N°	Soporte N°	Rodamiento acoplable		(Ref.) Peso de unidad (kg)	
	J	L	A	A ₁	A ₂	A ₃	N	B	S				N°	Capacidades de cargas básicas (kN) C _r C _{0r}		
12	64	86	25.5	15	15	33.3	12	31	12.7	M10	UCF201	F204	UC201	12.8	6.65	0.64
15	64	86	25.5	15	15	33.3	12	31	12.7	M10	UCF202	F204	UC202	12.8	6.65	0.62
17	64	86	25.5	15	15	33.3	12	31	12.7	M10	UCF203	F204	UC203	12.8	6.65	0.61
20	64	86	25.5	15	15	33.3	12	31	12.7	M10	UCF204	F204	UC204	12.8	6.65	0.59
25	70	95	27	13	16	35.8	12	34.1	14.3	M10	UCF205	F205	UC205	14.0	7.85	0.83
	53	108	30	13	18	40.2	12	38.1	15.9	M10	UCFX05	FX05	UCX05	19.5	11.3	1.2
	50	110	29	13	16	39	16	38	15	M14	UCF305	F305	UC305	20.6	11.3	1.3
30	53	108	31	13	18	40.2	12	38.1	15.9	M10	UCF206	F206	UC206	19.5	11.3	1.1

Tabla A. 31 Dimensiones de Chumacera

Fuente: KOYO. (2008). Rodamientos de bolas y rodillos. *CAT. N°203-2Sp*.

ESCALA PARA CÁLCULO DE LA VIDA NOMINAL BÁSICA DE RODAMIENTOS

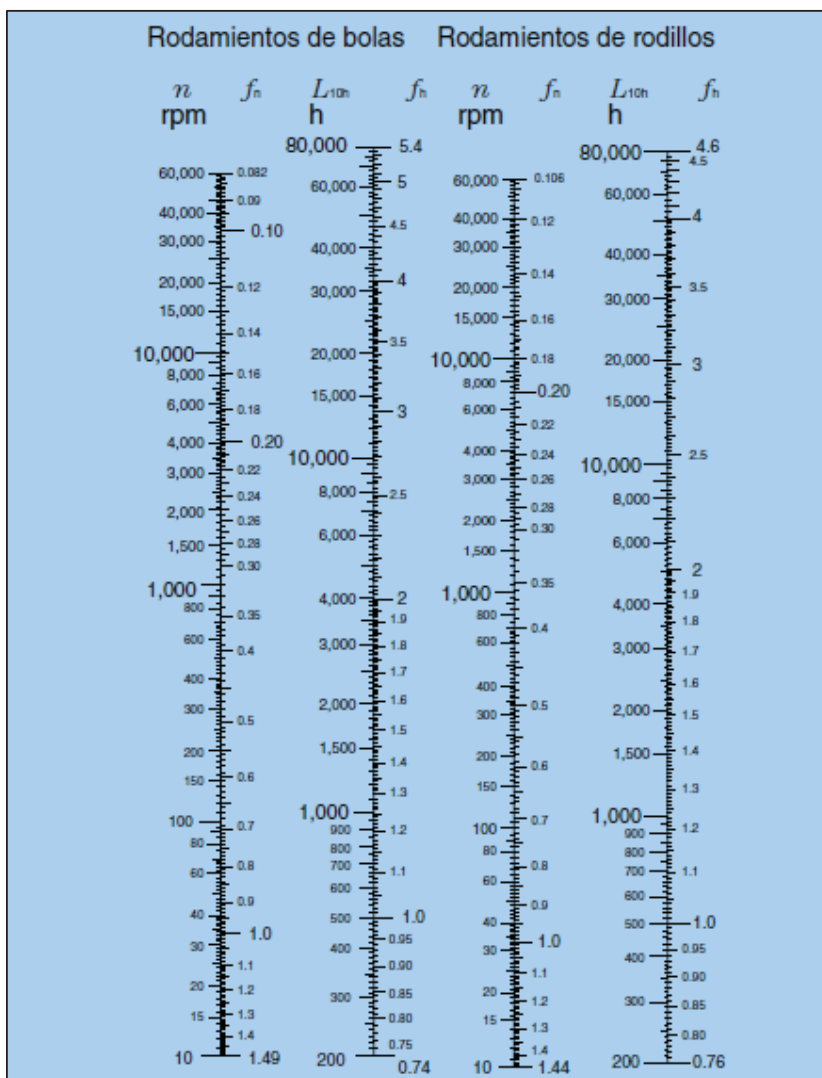


Tabla A. 32 Escala para cálculo de la vida nominal básica de rodamientos

Fuente: NTN. (2004). Rodamientos de Bolas y de Rodillo. CAT.N° 2202-VII/S.

FACTOR QUE TIENE EN CUENTA LA TENSION INICIAL

TIPO DE TRANSMISION	f_b
Transmisión cadena	1,2-1,5
Transmisión correa en v	1,5-2
Transmisión correa de tiempo	1,1-1,3
Transmisión correa plana(con polea tensora)	2,5-3
Transmisión correa plana	3-4

Tabla A. 33 Factor que tiene en cuenta la tensión inicial

Fuente: NTN. (2004). Rodamientos de Bolas y de Rodillo. CAT.N° 2202-VII/S.

FACTOR RADIAL Y AXIAL

$\frac{F_a}{C_{or}}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0,014	0,19	1	0	0,56	2,3
0,028	0,22				1,99
0,056	0,26				1,71
0,084	0,28				1,55
0,11	0,3				1,45
0,17	0,34				1,31
0,28	0,38				1,15
0,42	0,42				1,04
0,56	0,44				1

Tabla A. 34 Factor radial y axial

Fuente: NTN. (2004). Rodamientos de Bolas y de Rodillo. CAT.N° 2202-VII/S.

PROPIEDADES MECÁNICAS AISI 304

densidad	8 gr/cm ³
dureza	29 HRC
Módulo de elasticidad	197 GPa
Porcentaje de Elongación	70%
Modulo Cortante	86 GPa

Tabla A. 35 Propiedades Mecánicas AISI 304

Fuente: S.A, G.-S. (10 de 11 de 2014). G-Style S.A - Engineering Department. Obtenido de <http://www.gstyle.com/en/download/AISI304.pdf>

PLANCHAS PERFORADAS



01. NOSOTROS
02. PRODUCTOS
03. CONTACTO

Planchas Perforadas
Planchas Expandidas
Mallas Industriales
Pisos y Gratings Metálicos

AGUJEROS REDONDOS
AGUJEROS CUADRADOS
AGUJEROS LARGOS REDONDEADOS
AGUJEROS DECORATIVOS

PLANCHAS PERFORADAS
agujeros largo redondeados

Perforación: Desde 1x20 mm. a 12x30 mm.
Espesores: Desde 0,8 mm. a 12 mm.
Dimensión: Planchas de 1x2 mts.
Materiales: Hierro y Galvanizado.

Son planchas metálicas troqueladas con punzones, ya sean estos redondos, cuadrados o decorativos, estas vienen en diferentes espesores y perforaciones, disponibles en Acero al carbono ASTM A36, Acero Inoxidable AISI304 y Aluminio.

Además para el sector molinero disponemos de cribas con altos porcentajes de área abierta, mejorando así rendimientos TM/Hora, así como reduciendo capacidad de fuerza a los molinos. Esto se traduce en ahorro de energía.

Aplicaciones:

Cribas	Electrodomésticos	Clasificación de minerales
Zarandas	Azucareras	Industria del cemento
Filtros	Decoración	Fábricas de papeles
Protecciones	Carboníferas	Clasificación de cereales
Instalaciones	Arquitectura	Máquinas Agrícolas



LR 3x20ZI
% 32

LR 4x20ZI
% 38,2

Cuadro de especificaciones

LR	Distancia	Disposición Perforación	%	Espesor			
				1	1,5	2	4
1,5x20	4x20	UII	28,3	•	•	•	•
2x10	10x15	ZI	25,5	•	•	•	•
2x20	10x25	ZI	31,3	•	•	•	•
2,5x20	5x26	UII	37,4	•	•	•	•
3x20	6x26	UII	37,2	•	•	•	•
3x20	14x26	ZI	32	•	•	•	•
4x20	16x25	ZI	38,2	•	•	•	•
4x20	16x25	ZI	38,2	•	•	•	•
4x20	8x25	UII	38,2	•	•	•	•
5x20	10x25	UII	37,3	•	•	•	•
5x20	20x25	ZI	37,3	•	•	•	•
5x20	20x25	ZI	37,3	•	•	•	•
6x20	11x25	UII	40,5	•	•	•	•
6x20	24x24,8	ZI	37,7	•	•	•	•
6x30	26x40	ZI	33	•	•	•	•
7x20	12x26,5	UII	40,7	•	•	•	•
8x40	13x47,5	UII	49,5	•	•	•	•
8x40	26x47,5	ZI	49,5	•	•	•	•
10x40	20x50	UII	34,85	•	•	•	•

Tabla A. 36 Especificaciones planchas perforadas con agujeros largo redondeados

Fuente: Repermetal. (10 de 11 de 2014). Planchas perforadas. Obtenido de <http://repermetal.com/Reper%20Home.swf>

ANEXO FIGURAS

SELECCIÓN DE LA SECCIÓN DE LA CORREA

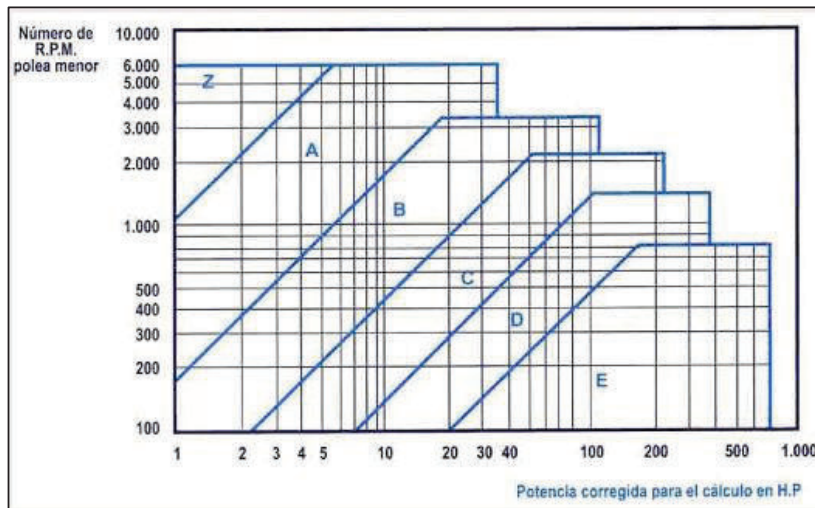


Fig A. 1 Selección de la sección de la Correa

Fuente: DUNLOP. (1993). *Correas de Transmision Industrial*, pag 39.

SENSIBILIDAD A LA MUESCA SOMETIDA A FLEXIÓN INVERSA DE CARGAS AXIALES INVERSAS

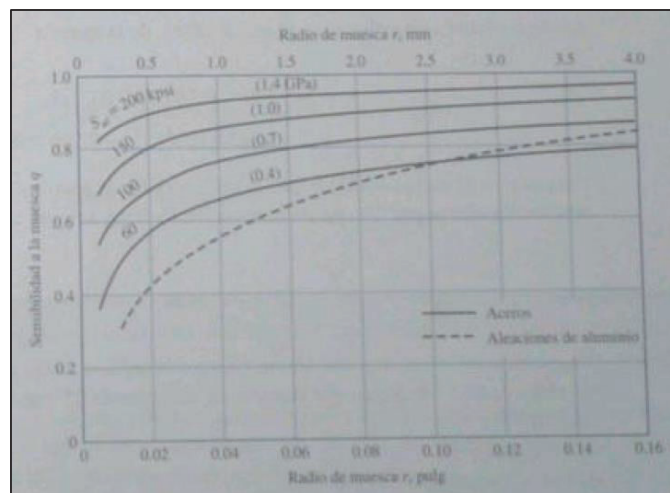


Fig A. 2 Sensibilidad a la muesca sometida a flexión inversa de cargas axiales inversas

Fuente: Budymas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 287 Figura 6-20

SENSIBILIDAD A LA MUESCA SOMETIDA A TORSIÓN INVERSA

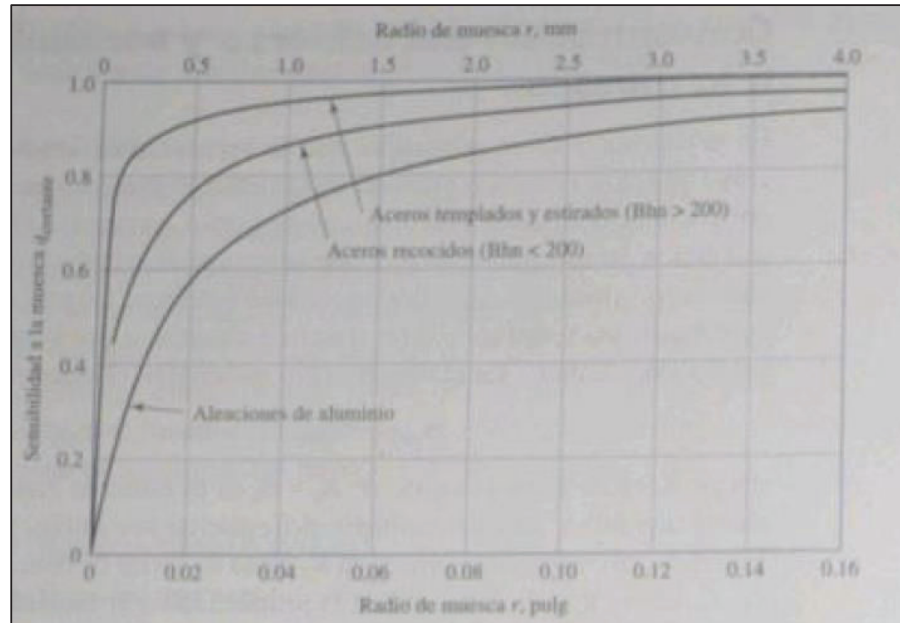


Fig A. 3 Sensibilidad a la muesca sometida a torsión inversa

Fuente: Budynas, R., & Nisbett, J. (2008). *diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: Mc Graw-Hill. Pag 288 Figura 6-21

ANEXO COTIZACIONES, PROFORMAS



R.U.C. 1790947432001
 MATRIZ KENNEDY-KENNEDY AV. 6 DE DICIEMBRE N53-237 Y LOS PINOS
 TELFS.: 2813 410 - 2813 178 - 2418 602
 FAX: 2401 781 - 2813 178
 E-mail: riler@andinet.net
 www.rilerecuador.com / www.rilerec.com
 QUITO - ECUADOR

Emisión: 04 02 2015

PROFORMA No. 0020483

Cliente: CHRISTIAN CASTRO R.U.C./C.I.:

Contacto: Fax:

Dirección: Telf.:

Forma de Pago: Contado Crédito días ORDEN No.:

Item	Cantidad	DESCRIPCIÓN	Descuento	V. Unitario	V. Total
1	1.00	Plancha de acero inox de 1m AISI 430 brillante		120.00	120.00
2	1.00	Kg. Electrodo revertido Inox 308 16 de 1/8" ESSAB		23.00	23.00
3	1.00	Tubo PVC de 4"		12.00	12.00
4	1.00	Codo PVC de 4" x 45°		3.00	3.00
5	1.00	Tubo redondo de acero negro de 1" x 1.5mm		12.00	12.00
6	1.00	Tubo cuadrado de hierro de 1" x 1.5mm		18.00	18.00
7	1.00	Kg. Electrodo 6010 de 1/8" ESSAB		8.00	8.00
8	1.00	Banda A49- DAYCO		8.00	8.00
9	1.00	Polea de aluminio de 10"		20.00	20.00
10	1.00	Polea de aluminio 5"		15.00	15.00
11	1.00	Tornillo Hex. M10 x 12mm		0.50	0.50
12	1.00	Motor eléctrico trifásico 2HP 1750 RPM		300.00	300.00
13	1.00	Plancha de acero inox. AISI 430 de 1mm BRILLANTE		170.00	170.00
14	1.00	Plancha de acero inox. AISI 304 de 1.5mm MATE		225.00	225.00
15	1.00	Plancha de acero negro de 5mm x 1.22 x 2.44m		150.00	150.00
16	1.00	Perno Hex. M10 x 30mm		0.30	0.30
17	1.00	Arandela plana de 10mm		0.30	0.30
18	1.00	Tuerca de acero negro de M10		0.20	0.20
19	1.00	Plancha de acero negro de 3mm x 1.22 x 2.44m		100.00	100.00
20	1.00	Plancha de acero negro de 2mm x 1.22 x 2.44m		70.00	70.00
21	1.00	Valvula bola cromada de 3/4"		14.00	14.00
22	1.00	Tee HG diam. 3/4"		2.00	2.00
23	1.00	Perno hex. de M10 x 22mm		0.30	0.30
24	1.00	Chumacera de pared UCF de 25mm		25.00	25.00
25	1.00	Perno Hex de M12 x 20mm		0.30	0.30

SON: UN MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y OCHO 05/100 DOLARES

Validez de la oferta: 8 DIAS
 Tiempo de entrega: INMEDIATO

Observaciones:
 Adicionales F.P.:

Original: Cliente / Tra. Copia Verde: Emisión

R.I.L.E.R. Cia. Ltda.
 REPRESENTACIONES INDUSTRIALES

FIRMA AUTORIZADA

Subtotal	1,282.90
Tarifa 12% I.V.A.	155.15
Tarifa Cero	
Total	1,443.05

TOP GRAFIC, TELF.: 3265 566



¡ Sirviendo
al Ecuador !

Ref. No.: 20482

R.U.C. 1790947432001
MATRIZ KENNEDY-KENNEDY AV. 6 DE DICIEMBRE N53-237 Y LOS PINOS
TELF.S.: 2813 410 - 2813 178 - 2418 602
FAX: 2401 781 - 2813 178
E-mail: riler@andinanet.net
www.rilerecuador.com / www.rilerec.com
QUITO - ECUADOR

Emisión:

04	02	2015
----	----	------

PROFORMA No. 0020482

Cliente: CHISTIAN CASTRO R.U.C./C.I.:

Contacto: Fax:

Dirección: Telf.:

Forma de Pago: Contado Crédito días ORDEN No.:

Item	Cantidad	DESCRIPCIÓN	Descuento	V. Unitario	V. Total
1	1.00	Arandela plana de 12mm		0.30	0.30
2	1.00	Arandela de presión de M12		0.30	0.30
3	1.00	Tuerca Hex. M12		0.30	0.30
4	1.00	Anillos ceger ext. 28		1.50	1.50
5	1.00	Anillos ceger ext. 25		1.50	1.50
6	1.00	Retenedor 25 x 32 x 4mm		2.00	2.00
7	1.00	Arandela de presión de M10		0.30	0.30
8	1.00	Plancha de acero negro de 5mm x 1.22 x 2.44m		150.00	150.00
9	1.00	M Acero cuadrado para chaveta de 30mm A1045		47.00	47.00

SON: **DOSCIENTOS VEINTISIETE 58/100 DOLARES**
 Validez de la oferta: 8 DIAS
 Tiempo de entrega: INMEDIATO
 Observaciones:
 Adicionales F.P.:

Original: Cliente / Tra. Copia Verde: Emisor

Subtotal	203.20
Tarifa 12 % I.V.A.	24.38
Tarifa Cero	
Total	227.58

TOP GRAFIC, TELF: 3265 566

Vendedor
 "FIRMA AUTORIZADA"

Recibí Conforme

CASTILLO HERMANOS SA

TELE/FAX:022475785

CONTRIBUYENTE ESPECIAL RESOLUCION #194
Pana. Norte 13135 y De los Cerezos RUC:1790155102001

PROFORMA #001-002-0223139

Fecha: Quito, Viernes, 30/Ene/2015
Almacén: ALM. PRINCIPAL
Vendedor: SANTIAGO QUIROZ
Cliente: CONSUMIDOR FINAL (QUITO)

Cantidad	Artículo	V. Unitario	V. Total
1.00	ARANDELA PLANA AC. INOX. 304 3/8" 27100	0.100	0.10
1.00	TUERCA AC. INOX. MM DIN 934 10X1.50 605000	0.160	0.16
1.00	VALVULA BOLA CIERRE RAPIDO P. TOTAL 3/4" 1068300	12.470	12.47
1.00	ARANDELA PRESION AC. INOX. 304 1/2" 23800	0.150	0.15
1.00	TUERCA AC. INOX. MM DIN 934 12X1.75 605100	0.250	0.25
1.00	SEGURO EXTERIOR DIN 471 MM 24 468700	0.200	0.20
1.00	SEGURO EXTERIOR DIN 471 MM 28 468900	0.290	0.29
	Subtotal	(=)	13.62
	Dscto. 10.7143%	(-)	1.46
	Imponible	(=)	12.16
	I.V.A. 12.00%	(+)	1.46

TOTAL US\$**13.62**

*El dscto. se aplicó de acuerdo al monto

Distribuidor exclusivo de Herramienta

IRIMO

Grupo SnapOn

hacemos más fácil su trabajo

Esta proforma tiene validez de 15 días



COTIZACIÓN No.

00020862

KM. 4 1/2 VIA DAULE CALLE 4TA. 100 MT.AV.FERNANDEZ

RUC: 0992376538001

PBX GYE: 6026390

SUC. QUITO: 6026390

Cliente: C000355 - IMPORT.Y DISTRIB. COMERCIAL INDUCOMICC S.A.	Fecha: Guayaquil,30 enero 2015
R.U.C: 0992376538001	Contacto: -
Teléfono: 022-246755	Atención: CHRISTIAN CASTRO
Dirección: AV DIEZ DE AGOSTO 39-201 Y GASPAR DE VILLARROEL-DIGUJA	Ciudad: QUITO

Tenemos el agrado de poner a vuestra consideración los precios de los siguientes equipos/servicios.

REF: MOTOR 2HP 1750RPM 3F

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO	DESC	TOTAL
1	MVA8U00500 MOTOR ABB ESTANDAR MODELO: M2QA80S4A POTENCIA 2HP 1644RPM 220/380/440V 3F	1.00	280.000	20 %	224.000

CONDICIONES GENERALES DE VENTAS

FORMA DE PAGO: Contado -

/

SUBTOTAL:	224.00
IVA(+):	26.88
TOTAL:	250.88

VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS SALVO VENTA PREVIA**TIEMPO DE ENTREGA:** 24 HORAS DE CONFIRMACION DE PAGO

*Cualquier información adicional no dude en contactarnos, con gusto lo ayudaremos.

*** Su descuento en esta Cotización es de: \$56.00 ***

Si esta cotización es aceptada por favor copiar su orden de compra via electrónica al correo: ventas1@inducom-ec.com

Atentamente,

ALMACEN QUITO

Ext:

Móvil: 022531318

E-mail: ventasquito1@inducom-ec.com

SU FERRETERIA "POPULAR"
 OFRECE TODO PARA LA CONSTRUCCION R.U.C. 1000979318001
FAUSTO ANTONIL REA BARRERA
 Direc. Av. La Ecuatoriana OE8-31 y Camilo Orejuela
 Telf. 2694-2501 / 2697-468 / 2694-333 Quito - Ecuador

NOTA DE ENTREGA

FECHA: 14 Dic 2013

CLIENTE: _____ R.U.C. _____
 DIRECC. _____ TELF. _____

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	Lonol 6 00 x 0 12		24 =
4	Pings 6 mit.		24 =
6	Ten 1/2		3.60
6	Codo 1/2		3 =
5	qq Campan.		38.25
1	Tee 3/4		0.80
1	Taper. 3/4		0.60
6	Rods.		9.00
1	TEPLEN.		1.50
		TOTAL	105.7

CANCELADA ENTREGA

ACEROS EMANUEL

AV. GALO PLAZA LASO N62-65 Y
 NAZARETH
 QUITO,

Cotización

Fecha	Cotización #
30/01/2015	41

Cliente	Dirección
CASTRO CHRISTIAN	COOPERATIVA LOS CORNDOR PASAJE 6 QUITO

Item	Descripción del Item	Cantidad	U/M	Precio Unitario	Total
CTR047	TUBO REDONDO 1 x 1.5	1		5.93	5.93T
CTC027	TUBO CUADRADO 1 * 1.5	1		7.89	7.89T
LTC2030	TEE 3/4 x 1/8 (20 x 3)	1		6.55	6.55T
PLC018	TOOL NEGRO 5.0 MM L/C	1		92.85	92.85T

Subtotal	\$113.22
-----------------	----------

Iva (12.0%)	\$13.59
--------------------	---------

Total	\$126.81
--------------	----------

ANEXO MANO DE OBRA

CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO
DIRECCION DE AUDITORIA DE PROYECTOS Y AMBIENTAL
REAJUSTE DE PRECIOS
SALARIOS MINIMOS POR LEY

ENERO A → DE 2015
(SALARIOS EN DOLARES)

CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DIECIMO TERCER	DIECIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
EMISIONES BASES IMPORTE MINIMA	354,00								
CONSTRUCCION Y SERVICIOS TECNICOS Y ARQUITECTONICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peon	363,74	363,74	354,00		530,33	363,74	5 976,69	25,43	3,18
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Albañil	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Operador de equipo liviano	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Plomero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Plomero de exteriores	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Plomero empacador	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Herrero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Carpintero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Encofrador	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Carpintero de ribera	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Plomero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Electricista	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Instalador de revestimiento en general	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Ayudante de perforador	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Cadavero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Mampostero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Enlucidor	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Higialatero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Técnico línea eléctrica	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Técnico en montaje de subestaciones	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Técnico electromecánico de construcción	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigón	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Parquetistas y colocadores de pisos	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1									
Maestro eléctrico línea subestación	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Maestro mayor en operación de obras civiles	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de planta de hormigón	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Perforador	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Perforero	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Técnico albañilería	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Técnico obras civiles	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Plomero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3									
Inspector de obra	411,53	411,53	354,00		600,01	411,53	6 715,43	28,58	3,57
Supervisor eléctrico general	411,53	411,53	354,00		600,01	411,53	6 715,43	28,58	3,57
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1									
Ingeniero Eléctrico	412,59	412,59	354,00		601,56	412,59	6 731,82	28,65	3,58
Residente de Obra	412,59	412,59	354,00		601,56	412,59	6 731,82	28,65	3,58
LABORATORIO									
laboratorio 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. 0e, C1)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
TOPOGRAFIA									
Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.0e,C1)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
DIBUJANTES									
Dibujante (Estr.0e,C2)	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39

OPERARIOS Y MECANICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE ESCAVADOR, CONSTRUCCION, INDUSTRIA Y OTROS SIMILARES									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO I)									
Motorizadora	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Excavadora	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Grúa puente de elevación	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Pala de castillo	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Grúa estacionaria	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Draga/Dráquina	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Tractor carriles o ruedas (bulldozer, topador, roturador, melacate, tralla)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Tractor tirado fubos (side bone)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Mototralla	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Retrocavadora	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Auto-tran cama baja (trayler)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Presadora de pavimento asfáltico / Betonil	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Recicladora de pavimento asfáltico / Betonil	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Plata de molinos asfálticos	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Máquina para sellos asfálticos	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Squidder	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de Camión articulado con volteo	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de Camión tractor para microapostando	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de camión cisterna para cemento y asfalto	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de perforadora de brazos múltiples (jumbo)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador máquina tuneladora (topo)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de concreto rodante	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de máquina extendidora de adoquín	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Operador de máquina ampaño	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57

Nota: El ítem corresponde exclusivamente a los estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del Ministerio de Trabajo, en los Acuerdos No. 0256 y 0257, de 30 de diciembre de 2014, que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2015.

CONTRALORIA GENERAL DEL ESTADO
DIRECCION DE AUDITORIA DE PROYECTOS Y AMBIENTAL
REAJUSTE DE PRECIOS
SALARIOS MINIMOS POR LEY

ENERO A _____ DE 2015
(SALARIOS EN DOLARES)

CATEGORIAS OCUPACIONALES	SUELDO	DECIMO	DECIMO	TRANS-	APORTE	FONDO	TOTAL	JORNAL	COSTO
	UNIFICADO	TERCER	CUARTO	PORTE	PATRIONAL	RESERVA	ANUAL	REAL	HORARIO
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO II)									
Operador responsable de la planta hormigonera	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador responsable de la planta trituradora	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador responsable de la planta asfáltica	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador de track drill	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Redillo autopropulsado	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Distribuidor de asfalto	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Distribuidor de agregados	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Acabadora de pavimento de homogen	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Acabadora de pavimento asfáltico	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Grada elevadora	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Carañilla elevadora	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Bomba lanzadora de concreto	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Tractor de ruedas (barridora, cogadora, rodillo remolcado, franquadora)	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Coltero planta asfáltica	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Barridora autopropulsada	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Martillo neumático	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Compresor	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Camión de carga frontal	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador canguro	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador de camión de volteo con o sin articulación / Betonil	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador minicavadora/minicargadora con sus aditamentos	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Operador terreno formado	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Tecno en carpintería	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Tecno en mantenimiento de viviendas y edificios	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C3									
Operador máquina estacionaria clasificadora de material	374,28	374,28	354,00		545,70	374,28	6 139,62	26,13	3,27
MECANICOS									
Mecánico de equipo pesado caminero (Estr. De C1)	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Mecánico de equipo ligero (Estr. De C2)	374,28	374,28	354,00		545,70	374,28	6 139,62	26,13	3,27
SIN TITULO									
Engrasador o abastecedor responsable (Estr. De C2)	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22

CHOFERES PROFESIONALES									
CHOFER De vehículos de emergencia (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Para camiones pesados y otros pesados con o sin remolque de más de 4 toneladas (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Trailer (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Volquetas (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Tanqueros (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Plataformas (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Otros camiones (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Para ferrocarriles (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Para auto ferros (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Camiones para transportar mercancías o sustancias peligrosas y otros vehículos especiales (Estr.Dc.C1)	544,94	544,94	354,00		794,52	544,94	8 777,68	37,35	4,67
CHOFER Para transporte Escolares- Personal y turismo, hasta 45 pasajeros (Estr.Dc.C2)	539,22	539,22	354,00		786,18	539,22	8 689,26	36,98	4,62
CHOFER Para camiones sin acoplados (Estr.Dc.C3)	526,52	526,52	354,00		767,67	526,52	8 492,95	36,14	4,52
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 OPERADORES									
Operador de bomba	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Equipo en general	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Equipos móviles	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Mesquinaria	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Molino de amianto	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
Planta dosificadora	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
De productos terminados	410,82	410,82	354,00		598,98	410,82	6 704,46	28,53	3,57
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de bomba impulsadora de hormigón	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Equipos móviles de planta	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Molino de amianto	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Planta dosificadora de hormigón	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
Productos terminados	389,93	389,93	354,00		568,52	389,93	6 381,54	27,16	3,39
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Preparador de mezcla de materias primas	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
Tubero	368,48	368,48	354,00		537,24	368,48	6 049,96	25,74	3,22
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Resonador en general	363,74	363,74	354,00		530,33	363,74	5 976,69	25,43	3,18
Filtro de pasta de amianto	363,74	363,74	354,00		530,33	363,74	5 976,69	25,43	3,18

Nota: El rubro corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Directivas del Ministerio del Trabajo, en los Acuerdos No. 0256 y 0257, de 30 de diciembre de 2014, que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2015.

ANEXOS PLANOS

ANEXOS HOJAS DE PROCESOS