

DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA, AUTOMÁTICA, DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE JABONES LÍQUIDOS, SUAVIZANTES Y DESENGRASANTES INDUSTRIALES, PARA LA EMPRESA QUÍMICOS ZOREL

JULIÁN EDUARDO RINCÓN GUERRERO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ, D.C  
2.017

DISEÑO DE UNA MÁQUINA MEZCLADORA, AUTOMÁTICA, DE MATERIAS PRIMAS PARA LA ELABORACIÓN DE JABONES LÍQUIDOS, SUAVIZANTES Y DESENGRASANTES INDUSTRIALES, PARA LA EMPRESA QUÍMICOS ZOREL

JULIÁN EDUARDO RINCÓN GUERRERO

Proyecto integral de grado para optar el título de Ingeniero Mecánico

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ, D.C  
2.017

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado  
Ing. Álvaro Romero Suárez

---

Jurado 1  
Ing. Edwin Raúl Rivera

---

Jurado 2  
Ing. Oscar Mauricio Ochoa

Bogotá; Julio de 2.017

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Secretario General

Dr. Juan Carlos Posada García-Peña

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la universidad de América los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

Este proyecto es dedicado a mi familia, a mis padres Lucila Guerrero Sisa, Elio Rincón Gallo y a mis hermanos, que con su apoyo, su perseverancia y paciencia me han ayudado a superar los obstáculos que se presentaron durante la carrera para así culminar este gran logro.

Agradecer principalmente a Dios y a mis padres por brindarme la oportunidad de culminar una etapa más en mi vida.

Igualmente agradecer a la Fundación Universidad de América y todo su grupo de docentes especialmente al orientador por darme todo el apoyo en las dificultades que se presentaron durante la realización del proyecto.

Por último agradecer a todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente en el proceso de este proyecto.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES Y SITUACIÓN ACTUAL	20
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MEZCLADO	20
1.1.1 Mezcladores Móviles	20
1.1.2 Mezcladores de carcasa estacionaria	20
1.1.2.1 Mezclador de cintas helicoidales	20
1.1.2.2 Mezclador de tornillo sinfín vertical	21
1.1.2.3 Mezclador de paletas	22
1.1.3 Mezclador de tipo mural	22
1.1.4 Mezclador con estructura móvil	23
1.1.5 Taladro mezclador	23
1.2 TIPOS DE AGITADORES	23
1.2.1 Agitadores de paletas	24
1.2.2 Agitadores turbina	25
1.2.3 Agitadores de Hélice	26
2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN	27
2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	27
2.1.1 Partes de la mezcladora	27
2.1.2 Materiales	27
2.1.2.1 Acero Inoxidable	27
2.1.2.2 Acero Estructural	28
2.1.3 Transmisión	29
2.1.4 Rodamientos	29
2.1.5 Motores Eléctricos	29
2.1.6 Controladores	29
2.2 PROCESOS DE ELABORACIÓN	30
2.2.1 Materias Primas	30
2.2.2 Elaboración de los Productos	31
2.2.2.1 Jabón Líquido	31
2.2.2.2 Desengrasante	32
2.2.2.3 Suavizante	32
2.3 PARÁMETROS MÁQUINA MEZCLADORA	32
3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	33
3.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	33

3.1.1 Alternativa A	33
3.1.2 Alternativa B	34
3.1.3 Alternativa C	34
3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	35
3.2.1 Método de selección	36
3.2.1.1 Ponderación de criterios	36
3.2.1.2 Raiting de aceptación para cada alternativa	37
3.2.1.3 Selección de alternativas	37
4. DISEÑO DEL MEZCLADOR	38
4.1 DENSIDAD DE LOS PRODUCTOS	38
4.1.1 Densidad suavizante industrial	38
4.1.2 Densidad jabón líquido industrial	39
4.1.3 Densidad desengrasante industrial	40
4.2 PROPIEDADES QUIMICAS DEL PRODUCTO	41
4.3 PALAS DE AGITACIÓN	41
4.3.1 Geometría de las palas	42
4.4 EJE AGITADOR	44
4.4.1 Velocidad del eje agitador	44
4.4.2 Número de Reynolds	46
4.4.3 Número de Froude	47
4.4.4 Número de potencia	47
4.4.5 Potencia del eje agitador	48
4.4.6 Torque del eje agitador	50
4.4.7 Diámetro del eje agitador	50
4.4.8 Espesor de palas	53
4.4.9 Perno de unión eje-agitador	57
4.5 MOTO REDUCTOR	61
4.6 ACOPLA MOTO REDUCTOR EJE AGITADOR	62
4.7 PLACAS DE APOYO EJE AGITADOR Y TORNILLO DE POTENCIA	64
4.7.1 Unión atornilladas del conjunto moto reductor eje agitador a placa	65
4.7.2 Cálculo de las uniones soldadas de las placas de acero	68
4.7.2.1 Placa 1 unida al conjunto moto reductor eje agitador y a placa 2	70
4.7.2.2 Soldadura 2	73
4.8 TORNILLO DE POTENCIA	76
4.8.1 Cálculo par torsional tornillo de potencia	76
4.8.2 Cálculo de velocidad de tornillo	80
4.8.3 Cálculo de potencia para el tornillo	81
4.8.4 Selección de motor para tornillo de potencia	81
4.8.5 Selección de acople de motor tornillo de potencia	82
4.8.6 Husillo de desplazamiento	84

4.8.7	Esbeltez del tornillo de potencia	84
4.8.8	Carga crítica de pandeo	87
4.8.9	Carga admisible	88
4.9	ESTRUCTURA	89
4.9.1	Columna principal	89
4.9.1.1	Momento máximo	91
4.9.1.2	Esfuerzo máximo	91
4.9.1.3	Esbeltez de la columna	93
4.9.1.4	Carga crítica de pandeo	94
4.9.2	Viga central	95
4.9.2.1	Fuerza cortante	96
4.9.2.2	Momento máximo	97
4.9.2.3	Deflexión máxima	97
4.9.2.4	Esfuerzo a flexión máximo	98
4.9.2.5	Esfuerzo cortante máximo	99
4.9.3	Cálculo soldadura de columna principal y viga central	100
4.9.3.1	Esfuerzo cortante primario	101
4.9.3.2	Esfuerzo cortante producido por flexión	102
4.9.4	Cálculo soldadura viga central parales	103
4.9.4.1	Esfuerzo cortante primario	104
4.10	SELECCIÓN DE RUEDAS	105
5.	SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN POR MEF	106
5.1	EVALUACIÓN PLACAS DE SOPORTE	106
5.1.1	Esfuerzo máximo de placas de soporte	106
5.2	EVALUACIÓN PALAS DE AGITACIÓN	108
5.2.1	Esfuerzo máximo de palas de agitación	108
5.3	EVALUACIÓN EJE AGITADOR	110
5.3.1	Esfuerzo máximo en eje de agitación	110
5.4	EVALUACIÓN ESTRUCTURA	113
5.4.1	Esfuerzo máximo de la estructura	114
6.	MANUALES	116
6.1	MANUAL DE SEGURIDAD	116
6.1.1	Riesgo Eléctrico	116
6.1.2	Señales de prohibición	116
6.1.3	Recomendación de seguridad en relación a los EPP	118
6.2	MANUAL DE OPERACIÓN	119
6.2.1	Recomendaciones generales para el uso de la máquina	119
6.3	MANUAL DE MANTENIMIENTO	122

7. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	125
7.1 PRACTICAS GENERALES	125
7.1.1 Desengrasantes	125
7.1.2 Suavizantes	125
7.2 ACTIVIDADES CONTROLADAS	126
7.3 REVISIÓN AMBIENTAL PRELIMINAR	126
7.3.1 Uso de energía eléctrica	127
7.3.2 Uso del agua	127
7.3.3 Contaminación auditiva	127
7.4 ASPECTOS AMBIENTALES	127
7.4.1 Evaluación de los aspectos ambientales	127
7.5 VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL	128
7.5.1 Matriz de importancia	128
7.6 MATRIZ CONESA	129
8. EVALUACIÓN FINANCIERA	132
8.1 ESTUDIO DE COSTOS	132
8.1.1 Costos de ingeniería del proyecto	132
8.1.2 Costos de componentes de la máquina	133
8.1.3 Costos de fabricación	133
8.2 COSTO TOTAL	134
8.3 COSTO OPERACIONAL CON MÁQUINA MEZCLADORA	134
8.4 INGRESOS CON MÁQUINA MEZCLADORA	135
8.5 FLUJO DE CAJA CON MÁQUINA MEZCLADORA	135
8.6 COSTO OPERACIONAL SIN MÁQUINA MEZCLADORA	135
8.7 INGRESOS SIN MÁQUINA MEZCLADORA	136
8.8 FLUJO DE CAJA CON MÁQUINA MEZCLADORA	136
8.9 FLUJO DE CAJA TOTAL	137
8.9.1 Tasa interna de oportunidad	137
8.9.2 Valor presente neto (VPN)	138
8.9.3 Tasa interna de retorno (TIR)	138
9. CONCLUSIONES	139
10. RECOMENDACIONES	140
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	143

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Materias Primas	30
Cuadro 2. Descripción de los criterios de evaluación	36
Cuadro 3. Ponderación de criterios	36
Cuadro 4. Raiting de aceptación	37
Cuadro 5. Matriz de cálculo selección de alternativas	37
Cuadro 6. Resultados densidad suavizante industrial	39
Cuadro 7. Resultados densidad jabón líquido industrial	40
Cuadro 8. Resultados densidad desengrasante industrial	41
Cuadro 9. Propiedades Químicas del desengrasante	41
Cuadro 10. Dimensiones de placas de acero	64
Cuadro 11. Equipos de protección personal	118
Cuadro 12. Sistemas de inspección	122
Cuadro 13. Descripción de actividades de mantenimiento	124
Cuadro 14. Importancia ambiental	129
Cuadro 15. Matriz CONESA	129
Cuadro 16. Costos Ingeniería del proyecto	132
Cuadro 17. Costos de componentes	133
Cuadro 18. Costos de fabricación	133
Cuadro 19. Costo Total	134
Cuadro 20. Costo Operacional	134
Cuadro 21. Total ingresos	135
Cuadro 22. IPC	135
Cuadro 23. Flujo de caja	135
Cuadro 24. Costo operacional actual	136
Cuadro 25. Total Ingresos actuales	136
Cuadro 26. Flujo de caja	136
Cuadro 27. Flujo de caja total	137

## LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Mezclador Cilíndrico	20
Imagen 2. Cintas Helicoidales	21
Imagen 3. Mezclador de Tornillo sinfín	21
Imagen 4. Mezclador de Paletas	22
Imagen 5. Tipo mural	22
Imagen 6. Mezclador con estructura móvil	23
Imagen 7. Taladro Mezclador	23
Imagen 8. Tipos de Agitadores de Paletas	24
Imagen 9. Agitador de paleta industrial	24
Imagen 10. Tipos de Hojas de turbina	25
Imagen 11. Agitador Turbina	25
Imagen 12. Tipos de Hojas de Hélice	26
Imagen 13. Agitador Hélice	26
Imagen 14. Propiedades del Acero Inoxidable	27
Imagen 15. Aceros Inoxidables usados en la industria	28
Imagen 16. Propiedades del Acero Estructural	28
Imagen 17. Partes de un motor eléctrico	29
Imagen 18. Alternativa A	33
Imagen 19. Alternativa B	34
Imagen 20. Alternativa C	35
Imagen 21. Cálculo densidad suavizante	38
Imagen 22. Cálculo densidad jabón líquido	39
Imagen 23. Cálculo densidad desengrasante	40
Imagen 24. Dimensiones tanque de mezclado	42
Imagen 25. Medidas de un agitador de turbina	42
Imagen 26. Eje Agitador	44
Imagen 27. Diagrama de velocidades en un agitador tipo turbina	45
Imagen 28. Numero de potencia vs NRe	48
Imagen 29. Constantes a y b	49
Imagen 30. Factor de seguridad	51
Imagen 31. Propiedades acero inoxidable	51
Imagen 32. Diagrama palas	55
Imagen 33. Diagrama cortante de la pala	55
Imagen 34. Diagrama Momento flector de la pala	56
Imagen 35. Perno de unión	57
Imagen 36. Grados SAE para sujetadores	58
Imagen 37. Dimensiones pernos grado 2	60
Imagen 38. Dimensiones de tuercas grado 2	60
Imagen 39. Factor de servicio	61
Imagen 40. Moto reductores	61

Imagen 41. Acople	62
Imagen 42. Selección factor de servicio	62
Imagen 43. Capacidad par de acoplamiento de flexión	63
Imagen 44. Tolerancias	63
Imagen 45. Tolerancias acoplamiento de desalineación	63
Imagen 46. Placas de apoyo	64
Imagen 47. Peso de placas de acero A36	65
Imagen 48. Tornillos de unión	65
Imagen 49. Dimensiones normalizadas de tornillos	67
Imagen 50. Propiedades mínimas del material de aporte	68
Imagen 51. Dimensión de cordón de soldadura	69
Imagen 52. Soldadura 1	70
Imagen 53. Esfuerzos permisibles del código AISC	73
Imagen 54. Soldadura 2	74
Imagen 55. Tornillo de potencia	76
Imagen 56. Dimensiones normalizadas tornillos ACME	77
Imagen 57. Ángulo de presión rosca ACME	79
Imagen 58. Motores de ¼ hp	82
Imagen 59. Selección factor de servicio	82
Imagen 60. Capacidad par de acoplamiento de flexión	83
Imagen 61. Tolerancias	83
Imagen 62. Tolerancias acoplamiento de desalineación	84
Imagen 63. Husillo roscado	84
Imagen 64. Valor de constante K	86
Imagen 65. Rodamientos de cilindros cónicos SKF	89
Imagen 66. Viga principal	89
Imagen 67. Propiedades de perfiles cuadrados	90
Imagen 68. Relación de excentricidad	92
Imagen 69. Constante K	93
Imagen 70. Viga central	95
Imagen 71. Diagrama viga central	96
Imagen 72. Diagrama cortante	96
Imagen 73. Diagrama de momento máximo	97
Imagen 74. Centroides sección transversal	98
Imagen 75. Soldadura	100
Imagen 76. Dimensión de cordón de soldadura	100
Imagen 77. Esfuerzos permisibles del código AISC	102
Imagen 78. Parales	103
Imagen 79. Ruedas fijas	105
Imagen 80. Ruedas con freno	105
Imagen 81. Fuerzas aplicadas en las placas de soporte	106
Imagen 82. Esfuerzo máximo placas	107
Imagen 83. Desplazamiento máximo	107

Imagen 84. Fuerzas aplicadas en las palas de agitación	108
Imagen 85. Esfuerzo máximo palas de agitación	108
Imagen 86. Desplazamiento máximo de las palas de agitación	109
Imagen 87. Fuerzas aplicadas en el eje agitador	110
Imagen 88. Esfuerzo máximo eje agitador	111
Imagen 89. Desplazamiento máximo eje agitador	112
Imagen 90. Fuerzas aplicadas en la estructura	113
Imagen 91. Esfuerzo máximo estructura	114
Imagen 92. Desplazamiento máximo estructura	115
Imagen 93. Señal advertencia de riesgo eléctrico	116
Imagen 94. Señal prohibido fumar	117
Imagen 95. Señal prohibido comer	117
Imagen 96. Señal prohibido uso de celular	117
Imagen 97. Placas	119
Imagen 98. Estado ruedas	120
Imagen 99. Tornillo de sujeción	120
Imagen 100. Tornillos moto reductor	120
Imagen 101. Tornillos buje	121
Imagen 102. Caja de mandos	121
Imagen 103. Caja de mandos	122
Imagen 104. Matriz de importancia	128

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Propiedades mecánicas acero inoxidable	144
Anexo B. Rodamientos de rodillos cónicos 32005 x/q	146
Anexo C. Perfiles cuadrados colmena	148
Anexo D. Ruedas industriales	151
Anexo E. Planos	153

## RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el diseño de una máquina mezcladora, automática, de materias primas para la empresa Químicos Zorel, que se encarga de la elaboración y comercialización de productos como jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales.

Basado en los sistemas de mezclado actuales se definió la metodología de diseño, se plantearon varias alternativas las cuales cumplían con los requerimientos y posteriormente se realizó la selección del diseño que más se acopló con el resultado esperado.

Al seleccionar la alternativa se procedió al diseño detallado de cada uno de las piezas que componen la máquina, al igual que se muestran cálculos de fuerzas, dimensiones, ajuste, tolerancias y un análisis de los posibles materiales que se pueden utilizar para la fabricación y desarrollo de la mezcladora. Esto mediante la aplicación de los conceptos aprendidos durante la carrera y guiados por textos de diseño de máquinas y herramientas.

Mediante los cálculos realizados, se utilizaron herramientas de software como Solid Edge, para el diseño de cada pieza y posteriormente se utilizó, un método de elementos finitos, para comprobar que el diseño cumpla con los esfuerzos al que se van a someter.

Se realizaron los planos correspondientes de cada una de las piezas de la mezcladora. Seguido del diseño de los manuales para el ensamble, montaje, fabricación y planos de control automático de la máquina.

Finalmente, se desarrolló el impacto ambiental de la fabricación de la máquina al igual una evaluación financiera del proyecto para evaluar la viabilidad de éste. Logrando así, la culminación del proyecto de grado.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Mezcladora, Materias Primas, Jabones Líquidos

## INTRODUCCIÓN

La *importancia* de los sistemas de mezclado ha ido creciendo, puesto que con la implementación de estas máquinas se optimizaron los tiempos y velocidades de mezclado de los productos, garantizando un alto estándar de calidad en los productos terminados. También es importante nombrar el gran aporte tecnológico que se está realizando en la industria en general.

La necesidad de entregar a los clientes un estándar de calidad y confiabilidad tanto en los productos como en la empresa, *origina* la implementación de un sistema de mezclado que buscara optimizar los tiempos de elaboración, garantizar la calidad de los productos y minimizar los problemas de salud de la operaria.

Para minimizar los inconvenientes de la empresa surgió la idea de desarrollar este proyecto que tiene como *objetivo* principal “Diseñar una máquina mezcladora, automática, de materias primas para la elaboración de jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales, para la empresa Químicos Zorel” al igual que se establecieron los siguientes objetivos específicos;

Evaluar la situación actual de los sistemas de mezclado de las materias primas

Determinar los principales requerimientos funcionales y parámetros básicos

Plantear y evaluar tres alternativas del subsistema de mezclado

Elaborar el diseño detallado de la máquina mezcladora

Evaluar por medio del MEF los sistemas críticos de la mezcladora

Elaborar los manuales de montaje, instalación y mantenimiento

Elaborar los planos de fabricación, ensamble, montaje, eléctricos y de control automático

Evaluar el impacto ambiental en el proceso de fabricación de la mezcladora

Evaluar financieramente el proyecto

Al establecer estos objetivos, se utilizó para el desarrollo de este proyecto una *metodología*, la cual empieza con el diagnóstico de la situación actual del proceso de mezclado y reconociendo la situación actual de la empresa se establecieron los parámetros y requerimientos básicos para el *alcance* del diseño de la máquina mezcladora que garantizara las mejoras en la producción que busca la empresa.

El proyecto se *limitará* al diseño de la máquina mezcladora, al igual que solo se desarrollará para la fabricación de jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales.

## 1. GENERALIDADES Y SITUACIÓN ACTUAL

Químicos Zorel ubicada en la calle 18 No 19 – 45 en la ciudad de Duitama Boyacá fue creada hace cinco años por la señora Zoraida Rincón Gallo, inicialmente la empresa se dedicaba a la comercialización de productos químicos. Luego de una idea de negocio de la propietaria opto por comenzar con la elaboración y comercialización de productos de aseo, tales como: jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales, luego de un tiempo logró posicionarse en el mercado local sus productos gracias a su excelente calidad.

### 1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE MEZCLADO

1.1.1 Mezcladores Móviles. Como se muestra en la imagen 1 consiste en una carcasa de diferentes geometrías ya sean cilíndricas, cúbicas o cónicas. La carcasa va montada sobre un eje que al rotar sobre este se genera el mezclado. En la parte superior de la carcasa lleva una compuerta que sirve para el ingreso de las materias primas y por acción del volteamiento y la gravedad, el producto terminado salga a los recipientes para su dosificación. La velocidad de mezclado oscila entre los 300 y 1000 rpm dependiendo del tamaño, la forma del mezclador y el tipo de materias primas que se van a mezclar.

Imagen 1. Mezclador Cilíndrico



Fuente: <http://www.chinadrier.es/2-3-dimensional-mixer-2.html>

1.1.2 Mezcladores de carcasa estacionaria. Son equipos donde la carcasa permanece estática, en su interior poseen una serie de elementos que ejecutan el mezclado como aire a chorro, cuchillas, tornillos o paletas.

1.1.2.1 Mezclador de cintas helicoidales. Como se muestra en la imagen 2 poseen una estructura central cilíndrica, dentro de la cual se encuentra un agitador de cintas, por lo general poseen dos cintas helicoidales en sentido contrario que están

montadas sobre un eje que les dará el movimiento. La cinta externa produce un movimiento axial, y la segunda genera un movimiento radial. Al generarse estos movimientos se produce una turbulencia que lleva al mezclado de las materias primas.

Imagen 2. Cintas Helicoidales



Fuente: <http://www.directindustry.com>

1.1.2.2 Mezclador de tornillo sinfín vertical. Consiste en una carcasa cónica con un tornillo sinfín en su interior (imagen 3) que transporta las materias primas hacia la parte superior al generarse la rotación del sinfín las materias primas se mezclan y por acción de la gravedad caen a la parte inferior de la carcasa. Los mecanismos de mezcla son por convección debido al movimiento planetario y por difusión debido al sinfín. Posee una compuerta en la parte inferior para la salida del producto terminado.

Imagen 3. Mezclador de Tornillo sinfín



Fuente: <http://www.smallmixingmachine.com/>

1.1.2.3 Mezclador de paletas. Como se muestra en la imagen 4 consiste en un recipiente cilíndrico vertical donde las materias primas son mezcladas por la acción de palas o paletas unidas a un eje rotatorio central.

Imagen 4. Mezclador de Paletas



Fuente: [http://es.made-in-china.com/co/Vertical-Paddle-Mixer\\_euiueonry.htm](http://es.made-in-china.com/co/Vertical-Paddle-Mixer_euiueonry.htm)

1.1.3 Mezclador de tipo mural. Es un agitador que se encuentra fijo en la pared, consta de un moto reductor y un cilindro hidráulico que produce el movimiento del cabezal como se muestra en la imagen 5.

Imagen 5. Tipo mural



Fuente: <http://www.iprocomsa.com/mezclado-de-liquidos.html>

1.1.4 Mezclador con estructura móvil. Es del mismo tipo del mezclador tipo mural su gran diferencia radica en la estructura que consta de unas ruedas (imagen 6) para su fácil desplazamiento.

Imagen 6. Mezclador con estructura móvil



Fuente: <http://goldspray.com/familias/agitadores/neumatico/agitador-neumatico-mezclador-reductor-movil-removedor-batidor-impulsor-4HP.html>

1.1.5 Taladro Mezclador. Como se muestra en la imagen 7 es un taladro industrial al que por lo general se acopla el eje de mezclado, el acople se realiza como una broca normal.

Imagen 7. Taladro Mezclador



Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/taladro-bosch-mezcladoragr9.asp>

## 1.2 TIPOS DE AGITADORES

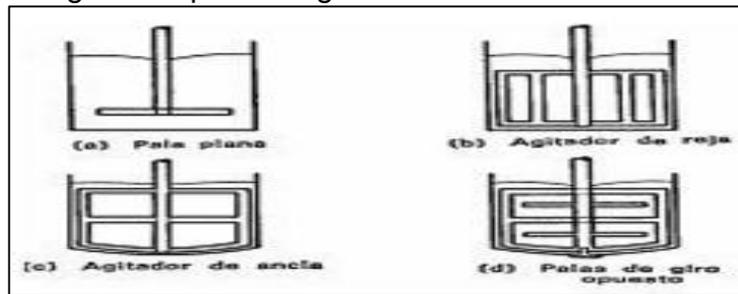
Los agitadores o propelas, son las piezas que van montadas en la parte inferior del eje que se va a utilizar para el mezclado, estos agitadores se utilizan para lograr una mejor homogenización de las materias primas, en la actualidad existen tres tipos de agitadores: Paletas, Turbina, Hélice.

1.2.1 Agitadores de paletas. Es un agitador radial, compuesto de paletas como las mostradas en la imagen 8, van sujetas a un eje rotatorio que giran a velocidades bajas o moderadas en el centro del tanque, impulsando al líquido radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical respecto del agitador, su construcción es relativamente sencilla, son útiles para operaciones de simple mezcla como por ejemplo, la mezcla de líquidos miscibles o la disolución de productos sólidos.

Por lo general producen una agitación suave y no requieren de placas deflectoras o corta corrientes, las cuales son necesarias en velocidades elevadas.

“Los agitadores industriales de paletas giran a una velocidad comprendida entre 20 y 150 rpm, la longitud del rodete de un agitador de paletas es del orden de 50 al 80% del diámetro interior del tanque, la anchura de la paleta es de un sexto a un décimo de su longitud”<sup>1</sup>.

Imagen 8. Tipos de Agitadores de Paletas



Fuente <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

Imagen 9. Paleta Industrial



Fuente <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

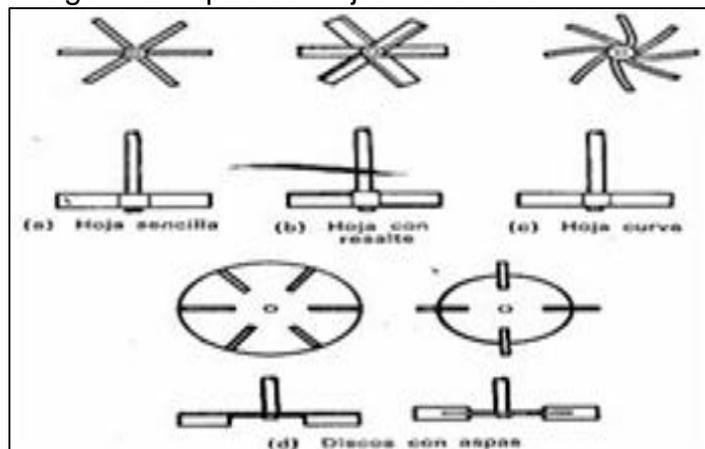
1. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.245

1.2.2 Agitadores Turbina. Están constituidos por un componente impulsor con más de cuatro hojas, montadas sobre el mismo elemento y fijas a un eje rotatorio, “en general son más pequeñas que las palas, midiendo entre el 30 y 50% del diámetro del tanque, alcanzan velocidades de 30 a 500 rpm, las paletas pueden ser rectas, curvas, inclinadas o verticales, son eficaces para un amplio rango de viscosidades”<sup>1</sup>.

La mayor parte de ellos se asemejan a agitadores de múltiples y cortas paletas, que giran con velocidades elevadas sobre un eje que va montado en el centro del tanque.

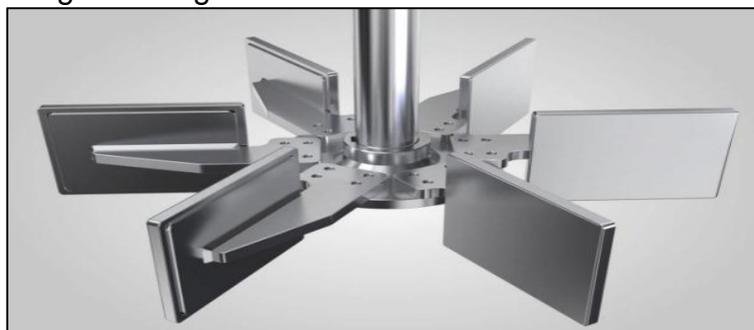
“Los agitadores de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades; en líquidos poco viscosos, producen corrientes intensas, que se extienden por todo el tanque y destruyen las masas de líquido estancado”<sup>2</sup>. En las proximidades del rodete existe una zona de corrientes rápidas, de alta turbulencia e intensos esfuerzos cortantes. Las corrientes principales son radiales y tangenciales.

Imagen 10. Tipos de Hojas de turbina



Fuente <http://eqyherramientas.blogspot.com.com>

Imagen 11. Agitador turbina



Fuente <http://procesosbio.wikispaces.com/Agitador>

1-2. Warre L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.245

1.2.3 Agitadores de Hélice. Están compuestos por elementos impulsores de hojas cortas, (menos de  $\frac{1}{4}$  del diámetro del tanque); “es un agitador de flujo axial, que opera con una velocidad elevada (400-800 rpm) y se emplea para líquidos que son poco viscosos. Los agitadores de hélice más pequeños, giran a toda la velocidad del motor”<sup>1</sup>. Las corrientes de flujo, que parten del agitador, se mueven a través del líquido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o las paredes del tanque. La columna de remolinos de líquido de elevada turbulencia, que parte del agitador, arrastra en su movimiento al líquido estancado, generando un efecto considerablemente mayor que el obtenido mediante una columna equivalente creada por una boquilla estacionaria.

“La velocidad de flujo creada, en un depósito, por un mezclador de hélice tiene tres componentes”<sup>2</sup>;

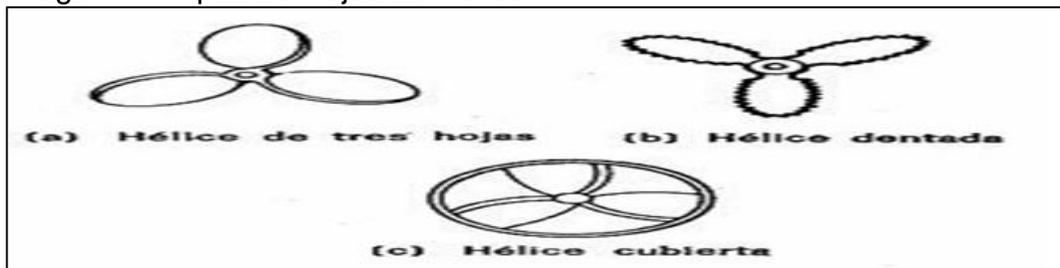
Una componente radial que actúa en dirección perpendicular al eje

Una componente longitudinal que actúa paralelamente al eje

Una componente rotatoria que actúa en dirección tangencial al círculo de rotación del eje

“Tanto la componente radial como la longitudinal contribuyen, generalmente, a la mezcla, pero no siempre la componente rotatoria”<sup>3</sup>.

Imagen 12. Tipos de Hojas de Hélice



Fuente <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/8781978/Agitacion-en-Reactores.html>

Imagen 13. Agitador Hélice



1-2. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.244  
3. <https://es.slideshare.net/sussyvi/agitacion-y-mezclado-11259499>

## 2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN

En este capítulo se muestran los requerimientos relacionados con la técnica que se implementara en el diseño de la máquina y las condiciones en las que debe operar la misma.

### 2.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

2.1.1 Partes de la mezcladora. La mezcladora se compone principalmente por: un soporte estructural, un sistema generador de potencia, un sistema de control automático, conjunto de las bandas y poleas y el eje mezclador.

2.1.2 Materiales. A continuación, se explican los materiales que componen la máquina mezcladora.

2.1.2.1 Acero Inoxidable. Es una aleación de hierro con un contenido de cromo mayor a 10% y un contenido de carbono menor al 1,2%, estos contenidos son necesario para asegurar resistencia a la corrosión, en la imagen 14 se muestran las propiedades del acero inoxidable y las propiedades del acero inoxidable más utilizado en la industria (imagen 15).

Imagen 14. Propiedades del Acero Inoxidable

Designación del material			Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS	Condición	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
<b>Aceros austeníticos</b>							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
<b>Aceros ferríticos</b>							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
<b>Aceros martensíticos</b>							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3
<b>Aceros endurecidos por precipitación</b>							
17-4PH	S17400	H 900	200	1380	185	1280	14
		H 1150	145	1000	125	862	19
17-7PH	S17700	RH 950	200	1380	175	1210	10
		TH 1050	175	1210	155	1070	12

Fuente: Robert L. Mott Diseño de elementos de Máquinas

Imagen 15. Aceros Inoxidables usados en la industria

TIPO DE ACERO	AISI 420	AISI 430	AISI 304
PROPIEDADES	13 % CROMO	18 % CROMO	18 % CROMO 8 % NIQUEL
MAGNETISMO	SI	SI	NO
RESISTENCIA A LA OXIDACIÓN	A VECES PRODUCE MOHO EN CONTACTO CON LA ATMOSFERA	NO HAY RIESGO EN INTERIOR PERO PRESENTA PROBLEMAS EN EXTERIOR	EXCELENTE
DILATACIÓN TÉRMICA	CASI IGUAL AL ACERO SUAVE	CASI IGUAL AL ACERO SUAVE	1.5 VECES SUPERIOR AL ACERO SUAVE
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	MITAD QUE LA DEL ACERO SUAVE	MITAD QUE LA DEL ACERO SUAVE	TRIPLE QUE LA DEL ACERO SUAVE
SOLDABILIDAD	BAJA	MEDIA	EXCELENTE

Fuente: <http://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable>

2.1.2.2 Acero Estructural. Es la obtención de combinar el hierro que constituye cerca del 95% del contenido total, carbono y pequeñas proporciones de otros elementos tales como silicio, fósforo, azufre y oxígeno, que le contribuyen un conjunto de propiedades determinadas mostradas en la imagen 16. El acero laminado en caliente, elaborado con fines estructurales, se le nombra como acero estructural al carbono.

Imagen 16. Propiedades del Acero Estructural

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1 1/2$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2 1/2$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1 1/2$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1 1/2$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4100, especificadas por la SAE.

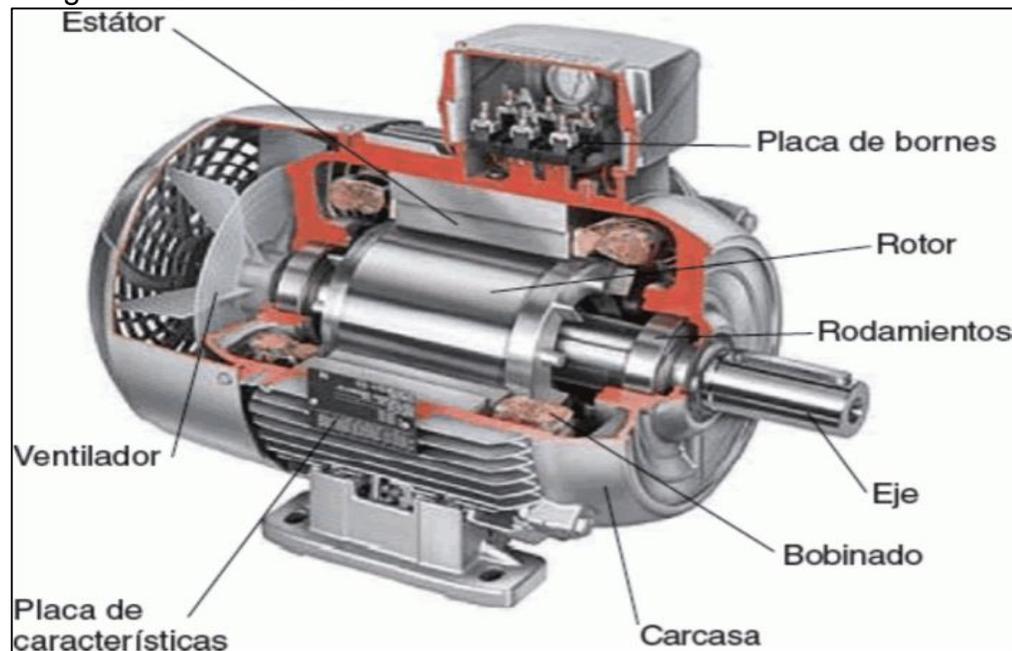
Fuente: Robert L. Mott Diseño de elementos de Máquinas

2.1.3 Transmisión. Se denomina transmisión al conjunto de bandas cadenas o engranes que transmiten fuerza y movimiento desde un motor hasta un punto de aplicación. Los elementos como bandas, cadenas o cables se utilizan para la transmisión de potencia a distancias relativamente grandes con respecto a los engranes.

2.1.4 Rodamientos. “El rodamiento es un cojinete que minimiza la fricción que se produce entre el eje y las piezas que están conectadas a él”<sup>1</sup>. Esta pieza está formada por un par de cilindros concéntricos, separados por una corona de rodillos o bolas que giran de manera libre.

2.1.5 Motores Eléctricos. Un motor eléctrico (imagen 17) es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos magnéticos variables, los motores eléctricos se componen en dos partes una fija llamada estator y una móvil llamada rotor.

Imagen 17. Partes de un motor eléctrico



Fuente: <http://comofuncionaque.com/como-funciona-el-motor-electrico/>

2.1.6 Controladores. Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático o electrónicos. El controlador más utilizado es el electrónico denominado lógico programable o PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores usando memorias programables y regrabables (RAM), donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que permitirán seguir una lógica de control.

1. <http://definicion.de/rodamiento/>

Los sistemas de control son los modos con los que cuenta un controlador para efectuar la acción de control esos se dividen en controladores de: dos posiciones, dos posiciones con zona diferencial, proporcional, proporcional con reajuste automático.

Existen muchos tipos de controladores y es común encontrar más de un controlador para un mismo dispositivo, cada uno ofreciendo diferentes funcionalidades. El controlador constituye el elemento fundamental en un sistema de control, pues determina el comportamiento del bucle, ya que condiciona la acción del elemento actuador en función del error obtenido. La forma en que el controlador genera la señal de control se denomina acción de control.

## 2.2 PROCESOS DE ELABORACIÓN

2.2.1 Materias Primas. En el cuadro 1 se muestran todas las materias primas utilizadas para la elaboración del jabón líquido, suavizante y desengrasante industrial.

Cuadro 1. Materias Primas

MATERIA PRIMA	CARACTERÍSTICA
Agua	Se utiliza como disolvente principal de la mezcla.
Cellosize	Se utiliza como un estabilizante químico principalmente usado para la fabricación de productos de aseo, pinturas y resinas.
Ethamin	Se utiliza como un neutralizador de pH para preparados dermatológicos, dermofarmacéuticas y cosméticos.
Ácido Sulfónico	Al ser neutralizado se producen sales y sulfonatos formando un detergente sintético.
Hidróxido de Sodio	Se utiliza como estándar secundario para valorar soluciones ácidas diluidas.
Etilenglicol	Utilizado como solvente anticongelante para aceites, barnices, esmaltes, cosolvente, en tinturas textiles, tratamiento de cueros, producción de plastificantes, estabilizador en metales y limpiadores domésticos, fluidos hidráulicos, insecticidas, removedores.

Cuadro 1. (Continuación)

MATERIA PRIMA	CARACTERÍSTICA
Pirofosfato de Sodio	Utilizado como agente regulador del pH, emulsión, agente dispersante y agente adhesivo.
Edta Disodico	Utilizado como conservante, estabilizante y para proteger al producto de la decoloración y la oxidación.
Butil Cellosolve	Utilizado como agente de acoplamiento para estabilizar elementos no miscibles en formulación de limpiadores y desengrasantes industriales.
Silicato de Sodio	Utilizado como agente de limpieza para detergentes líquidos.
Fragancia	Utilizado para eliminar la insipidez del producto y darle olores agradables.
Nonilfenol	Utilizado como emulsionante y desengrasante.
Colorante	Utilizado para darle color al producto.
Genamin	Este producto le da suavidad a las fórmulas para jabones y productos de belleza y salud.
Alcohol Cetílico	Se utiliza como agente co-emulsionante para dar consistencia, emoliencia y estabilidad a las emulsiones.
Silicona Emulsionada	Se utiliza como agente estabilizante.
Ácido Cítrico	Se utiliza como antioxidante, plastificante y detergente en la industria química, cosmética y de limpieza.

2.2.2 Elaboración de los Productos. En la elaboración de los productos se realizará el mezclado de las materias primas, según el requerimiento del cliente a una velocidad no menor a 300 rpm, con un tiempo variable dependiendo el proceso y la cantidad de producto a mezclar.

2.2.2.1 Jabón Líquido. El proceso de elaboración del jabón líquido se divide en 3 pasos: Paso 1, en un recipiente se agrega agua, cellosize y ethamin, se realiza un mezclado durante 50 segundos. Paso 2, en un recipiente diferente se agrega agua, ácido sulfónico e hidróxido de sodio se mezclan durante 30 segundos.

Paso 3, en un recipiente de 80 galones se mezcla el paso 1 y paso 2 explicados anteriormente además se agrega etilenglicol, pirofosfato de sodio, edta disodico, butil cellosolve, silicato de sodio, fragancia, nonilfenol, colorante y preservante, se realiza un mezclado durante 4 minutos hasta que la mezcla este totalmente homogenizada.

2.2.2.2 Desengrasante. El proceso de elaboración del desengrasante consta de una mezcla de las siguientes materias primas: agua, ácido sulfónico, hidróxido de sodio, butil cellosolve, colorante y preservante. Se realiza un mezclado durante 2 minutos hasta que la mezcla este totalmente homogenizada.

2.2.2.3 Suavizante. El proceso de elaboración del suavizante consta de una mezcla de las siguientes materias primas: agua, genamin, alcohol cetílico, silicona emulsionada, ácido cítrico, fragancia, colorante y preservante. Se realiza un mezclado durante 3 minutos y 50 segundos hasta que la mezcla este totalmente homogenizada.

## 2.3 PARÁMETROS MÁQUINA MEZCLADORA

Para garantizar la homogenización de las materias primas la velocidad de agitación debe ser mayor a 300 rpm, el eje de agitación debe ser fabricado en acero inoxidable para no generar contaminación (óxido) durante en proceso de mezclado y para minimizar los problemas de salud de la operaria la máquina debe ser operada automáticamente.

### 3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En la actualidad existe una gran variedad de mezcladores industriales, teniendo en cuenta la conceptualización y los requerimientos planteados anteriormente se van a plantear diferentes alternativas para el diseño del mezclador.

#### 3.1 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

3.1.1 Alternativa A. Consiste en una carcasa cónica estática de acero inoxidable, con un tornillo sinfín en su interior que transporta las materias primas hacia la parte superior al generarse la rotación del sinfín las materias primas se mezclan y por acción de la gravedad caen a la parte inferior de la carcasa. Posee una compuerta en la parte inferior para la salida del producto terminado. Para el proceso de mezclado se debe desmontar el motor y la tapa superior para la adición de las materias primas. La máquina se encuentra totalmente sellada por lo que garantiza seguridad para el operario, para el mantenimiento se debe retirar la tapa superior para limpiar el tornillo sinfín y la puerta inferior para la limpieza del tanque. A nivel de sonido el mezclador ofrece bajos niveles puesto que el conjunto se encuentra sellado. El costo es elevado puesto que el tanque y el tornillo sinfín son de acero inoxidable.

Imagen 18. Alternativa A



Fuente: <http://www.smallmixingmachine.com/>

3.1.2 Alternativa B. Consiste en un mezclador de tipo mural (estructura fija), el sistema de transmisión de potencia para el mezclado consiste en una serie de catarinas que transmitirán la potencia del moto-reductor al eje conducido, para la elevación del mecanismo de transmisión de potencia se utilizará un sistema hidráulico. Para el mantenimiento de las catarinas hay que desmontar la parte superior de la máquina para realizar la lubricación de las cadenas y los piñones, su operación se maneja mediante una consola de mandos que activa el sistema de transmisión para garantizar la seguridad del operario, al tener una transmisión de potencia mediante catarinas genera un alto ruido. La estructura es maciza lo que hace que su costo sea elevado.

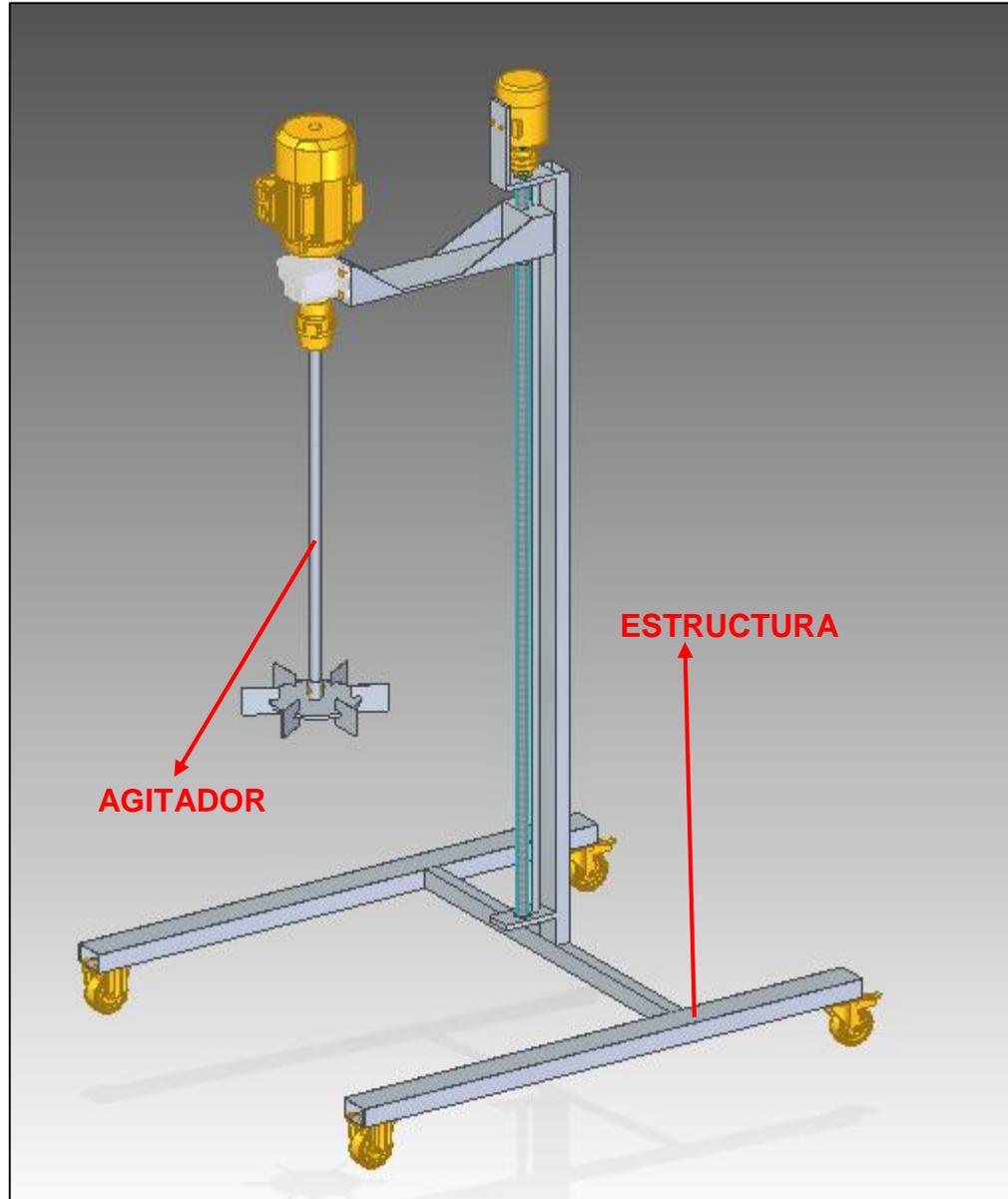
Imagen 19. Alternativa B



Fuente: <http://goldspray.com/familias/agitadores>

3.1.3 Alternativa C. Consiste en un mezclador con estructura móvil para un mejor desplazamiento dentro del área de procesos, el sistema de transmisión de potencia para el mezclado consiste en un moto reductor, para el movimiento vertical del conjunto mezclador se utilizara un motor con un tornillo de potencia, para su mantenimiento y limpieza se realiza el desmonte de las paletas, su generación de ruido es baja ya que el moto reductor no genera ruido, su estructura y conjunto tienen un peso bajo y para garantizar el movimiento por toda la planta de producción tendrá ruedas en la base de su estructura.

Imagen 20. Alternativa C



### 3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se explica de forma breve el método de puntaje ponderado en el cual se va a utilizar para evaluar cada una de las alternativas explicadas. El resultado de este método mostrará la alternativa que se desarrollará con los parámetros y los requisitos funcionales necesarios para la solución del problema.

3.2.1 Método de selección. El método de Scoring se basa en la elaboración de una matriz la cual incluirá las alternativas, los criterios de evaluación, los requerimientos y los parámetros que se van a evaluar para buscar la mejor alternativa de diseño como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los criterios de evaluación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Ensamble o construcción	Hace referencia al menor número de tareas a desarrollar para su construcción final.
Operación	Hace referencia al método de elaboración de los productos.
Seguridad	Hace referencia a los riesgos generados durante la producción de los productos.
Mantenimiento	Hace referencia al menor número de tareas y grados de complejidad para desarrollar el mantenimiento.
Ruido	Hace referencia al menor número de sonidos emitidos por la máquina durante su operación.
Costo	Hace referencia al menor costo de los materiales para su construcción final.

3.2.1.1 Ponderación de criterios. Se asigna un valor numérico de 1 a 5, donde 1=deficiente, 2=insuficiente, 3=aceptable, 4=sobresaliente, 5=excelente; dependiendo del cumplimiento de los parámetros y la satisfacción de las necesidades del cliente, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Ponderación de criterios

PONDERACIÓN	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
4	Ensamble o construcción
4	Operación
3	Seguridad
5	Mantenimiento
3	Ruido
5	Costo

3.2.1.2 Raiting de aceptación para cada alternativa. Se realiza un raiting de aceptación de cada alternativa empleando una escala de 9 puntos: 1=extra bajo, 2=muy bajo, 3=bajo, 4=poco bajo, 5=medio, 6=poco alto, 7=alto, 8=muy alto, 9=extra alto.

Cuadro 4. Raiting de aceptación

Criterio	Alternativa		
	A	B	C
Ensamble o construcción	6	7	8
Operación	9	9	9
Seguridad	9	9	9
Mantenimiento	2	4	8
Ruido	2	3	7
Costo	2	4	7

3.2.1.3 Selección de alternativas. En el cuadro 5 se muestra la matriz de cálculo, en la cual se relacionan los resultados de la ponderación asignada a cada uno de los criterios, con el raiting de aceptación de cada alternativa y se procede a desarrollar el score: multiplicando la ponderación por el raiting de aceptación y sumando los resultados de cada criterio nos mostrara el score más alto.

Cuadro 5. Matriz de cálculo selección de alternativas

Criterio	Ponderación	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Ensamble o construcción	4	6	7	8
Operación	4	9	9	9
Seguridad	3	9	9	9
Mantenimiento	5	2	4	8
Ruido	3	3	3	7
Costo	5	4	4	7
Score		126	140	191

La matriz de cálculo muestra que la mejor alternativa que cumple y satisface los parámetros y requerimientos funcionales del cliente es la alternativa C.

## 4. DISEÑO DEL MEZCLADOR

Se desarrollará el diseño del mezclador, teniendo en cuenta la evaluación de las alternativas propuestas previamente, gracias a la matriz de selección, la cual demostró la alternativa que cumple y satisface los parámetros y requerimientos del cliente.

### 4.1 DENSIDAD DE LOS PRODUCTOS

Se realiza el análisis de las densidades de los productos terminados como lo son el suavizante, jabón líquido y desengrasante industriales, necesarios para calcular los diferentes factores que determinarían la potencia del mezclador.

Para calcular la densidad se hacen 4 pruebas por cada producto con diferentes volúmenes todo con el fin de tener un dato más preciso, se hallaron las densidades del suavizante, jabón líquido y desengrasantes industriales. Utilizando un vaso de precipitado plástico y una báscula.

4.1.1 Densidad suavizante industrial. Teniendo en cuenta el cálculo para determinar la densidad con la masa y el volumen se obtiene los resultados en el cuadro 6 y se muestra el procedimiento en la imagen 21.

Imagen 21. Cálculo densidad suavizante



Cuadro 6. Resultados densidad suavizante industrial

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (g)	Densidad (g/ml)
1	200	192	0,96
2	300	296	0,986
3	400	395	0,987
4	500	494	0,988

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(0,96+0,986+0,987+0,988)g/ml}{4} = 0,98025g/ml$$

4.1.2 Densidad jabón líquido industrial. Teniendo en cuenta el cálculo para determinar la densidad con la masa y el volumen se obtiene los resultados en el cuadro 7 y se muestra el procedimiento en la imagen 22.

Imagen 22. Cálculo densidad jabón líquido



Cuadro 7. Resultados densidad jabón líquido industrial

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (g)	Densidad (g/ml)
1	200	200	1
2	300	299	0,99
3	400	399	0,99
4	500	500	1

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(1+0,99+0,99+1)g/ml}{4} = 0,998g/ml$$

4.1.3 Densidad desengrasante industrial. Teniendo en cuenta el cálculo para determinar la densidad con la masa y el volumen se obtiene los resultados en el cuadro 8 y se muestra el procedimiento en la imagen 23.

Imagen 23. Cálculo densidad desengrasante



Cuadro 8. Resultados densidad desengrasante industrial

Número de pruebas	Volumen (ml)	Masa (g)	Densidad (g/ml)
1	200	220	1,1
2	300	340	1,13
3	400	428	1,07
4	500	550	1,1

$$\text{Densidad promedio: } d = \frac{(1,1+1,13+1,07+1,1)g/ml}{4} = 1,1g/ml$$

Para efectos de cálculo y diseño del mezclador se utilizarán las propiedades del desengrasante ya que posee la mayor densidad de los tres productos.

#### 4.2 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL PRODUCTO

Se utilizarán las propiedades químicas del desengrasante (cuadro 9) para el cálculo y diseño de los elementos del mezclador.

Cuadro 9. Propiedades Químicas del desengrasante

Gravedad específica (sg)	1,1
Peso específico (KN/m <sup>3</sup> )	10,79
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1.100
Viscosidad Dinámica (Pa*s)	1,62*10 <sup>-2</sup>
Viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)	1,47*10 <sup>-5</sup>

#### 4.3 PALAS DE AGITACIÓN

La empresa Químicos Zorel posee los tanques en los que se va a realizar el mezclado de las materias primas, según las dimensiones de estos tanques se realizaron los cálculos de las palas del agitador que van a realizar el mezclado.

Como la velocidad del mezclado que necesita la empresa debe ser mayor a 300 rpm, se selecciona la definición de agitadores de turbina y según esta se calcula la geometría de las palas para un agitador tipo turbina.

4.3.1 Geometría de las palas. Se desarrolla la geometría de las palas tomando las dimensiones del tanque de mezclado (imagen 24) y utilizando las ecuaciones de diseño de palas de turbina, y los parámetros mostrados en la imagen 25. Se tomarán 6 palas para garantizar un mezclado homogéneo.

Imagen 24. Dimensiones tanque de mezclado

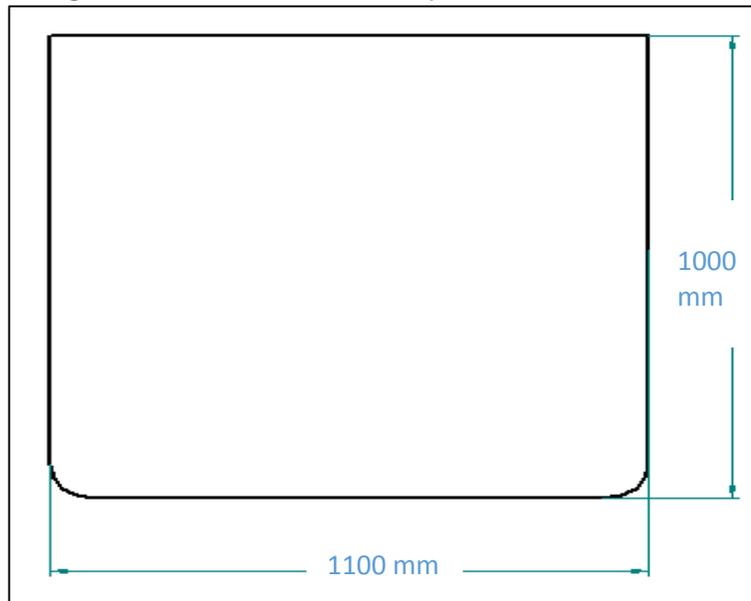
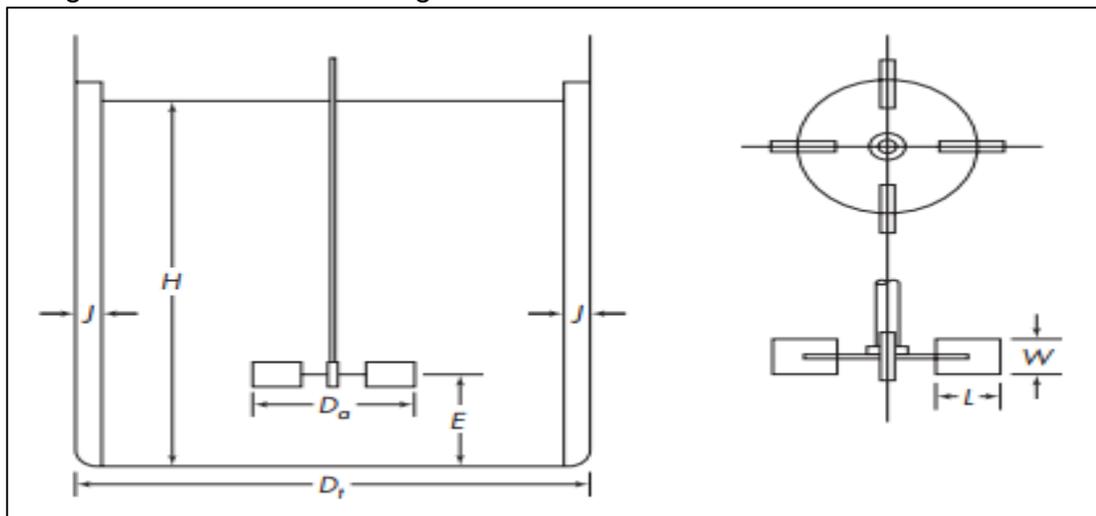


Imagen 25. Medidas de un agitador de turbina



Fuente: Operaciones unitarias en Ingeniería Química, McCabe, página 251

Ecuaciones de diseño de palas tipo turbina<sup>1</sup>

$$\frac{Da}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$Da = 0,366 \text{ m}$$

$$\frac{E}{Da} = 1$$

$$E = 0,366 \text{ m}$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$W = 0,0732 \text{ m}$$

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$L = 0,0915 \text{ m}$$

Donde;

Da = Diámetro de agitador

Dt = Diámetro del tanque de mezclado

E = Distancia del eje del agitador al fondo del tanque

W = Altura de palas

L = ancho de palas

---

1. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.251

#### 4.4 EJE AGITADOR

Para hallar la potencia y las dimensiones del eje agitador (imagen 26), se debe conocer la velocidad del agitador, el número de Reynolds (NRe), número de potencia (Np) y el número de Froude (NFr).

Imagen 26. Eje Agitador



Fuente: <https://www.resistor.es/es/asta-eje-agitador-400mm-ch-110-sencotel-chgb00003>

4.4.1 Velocidad del eje agitador. Para hallar la velocidad del eje agitador se toman las ecuaciones de conceptos aplicados de agitación<sup>1</sup>;

$$Vm = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Dt^2}$$

$$Vf = \frac{Qp}{\frac{\pi}{4} * Da^2}$$

1. <http://www.controlvi.com/blog/wp-content/uploads/SDM-principios-de-agitacion-de-fluidos.pdf>, página 8,9,10

Donde;

$V_m$  = velocidad media del fluido

$Q_p$  = caudal propio del fluido

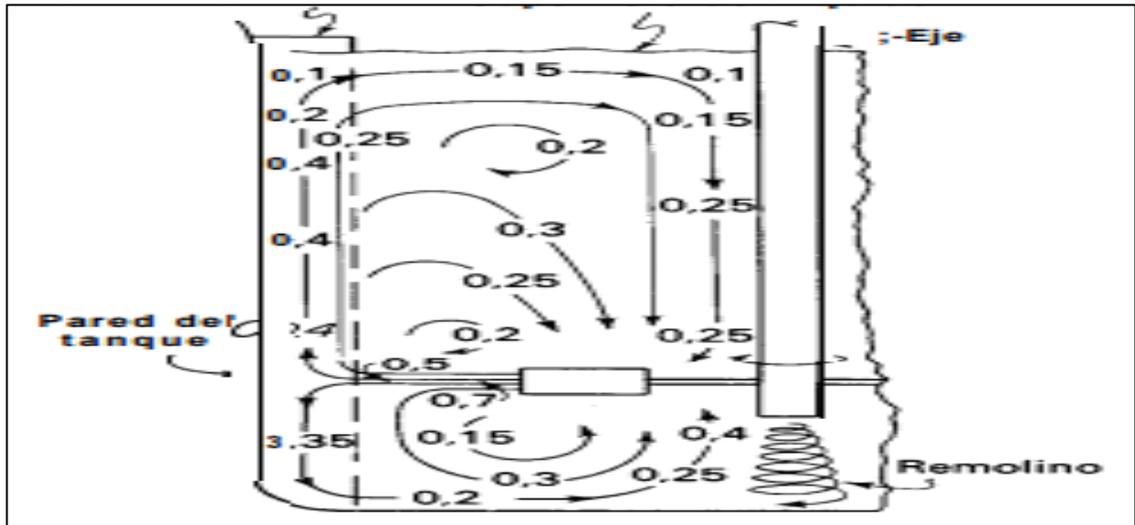
$D_t$  = diámetro del tanque mezclador

$V_f$  = velocidad de flujo

$D_a$  = diámetro del agitador

Para efectos de diseño se toma la velocidad media de 1 m/s, y según la imagen 27 se toma un factor de velocidad que se multiplica a la velocidad media, este factor es una constante tomada del diagrama de velocidades para un agitador tipo turbina, se toma la constante con valor de 0,7 ya que la velocidad media se produce en la esquina inferior de las palas de agitación, dicho esto se procede hallar el  $Q_p$ .

Imagen 27. Diagrama de velocidades en un agitador tipo turbina



Fuente: Operaciones unitarias en ingeniería Química, McCabe pág. 256

Entonces;

$$Q_p = \frac{\pi}{4} * V_m * D_t^2$$

$$Q_p = \frac{\pi}{4} * 0,7 \text{ m/s} * (1,1 \text{ m})^2$$

$$Q_p = 0,665 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_f = \frac{Q_p}{\frac{\pi}{4} * D_a^2}$$

$$Vf = \frac{0,665 \text{ m}^3/s}{\frac{\pi}{4} * (0,366\text{m})^2}$$

$$Vf = 6,32 \text{ m/s} = V$$

Se establece la velocidad angular mediante la ecuación<sup>1</sup>;

$$V = w * \left(\frac{Da}{2}\right)$$

Donde;

V = velocidad del fluido

W = velocidad angular

Da= diámetro del eje agitador

Entonces;

$$w = \frac{6,32 \text{ m/s}}{0,183 \text{ m}}$$

$$w = 34,53 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{60}{2\pi}$$

$$w = 329,74 \text{ rpm}$$

4.4.2 Número de Reynolds. Permite caracterizar el movimiento del fluido y está dado por la ecuación<sup>2</sup>;

$$NRe = \frac{n * Da^2 * \rho}{\mu}$$

1. <http://lecturasinfisicadecimo.blogspot.com.co/2012/05/lectura-18-velocidad-angular-y-su.html>

2. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.258

Donde;

$n$  = velocidad del agitador (rps)

$Da$  = diámetro del agitador

$\rho$  = densidad del fluido

$\mu$  = viscosidad dinámica

Entonces;

$$NRe = \frac{5,49 \text{ rps} * (0,366 \text{ m})^2 * 1.100 \text{ kg/m}^3}{0,0162 \text{ kg/ms}}$$

$$NRe = 49.935,82$$

4.4.3 Número de Froude. El cual relaciona el efecto de las fuerzas de inercia con las fuerzas de gravedad las cuales actúan sobre un fluido y está dado por la ecuación<sup>1</sup>;

$$NFr = \frac{n^2 * Da}{g}$$

Donde;

$n$  = velocidad del agitador (rps)

$Da$  = diámetro del agitador

$g$  = aceleración de la gravedad

Entonces;

$$NFr = \frac{(5,49 \text{ rps})^2 * 0,366 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}$$

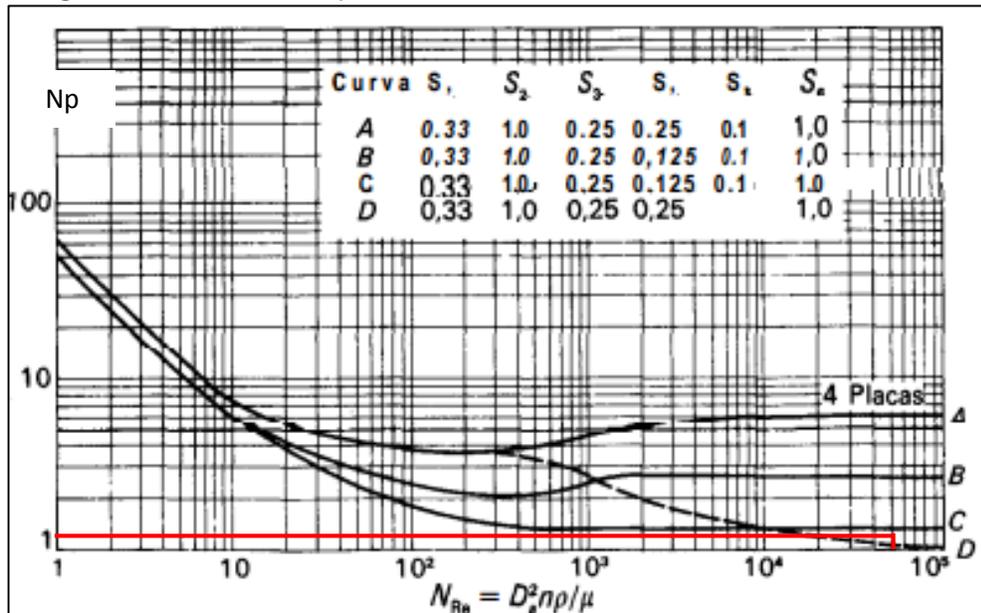
$$NFr = 1,12$$

4.4.4 Número de potencia. Está dado por la gráfica de la imagen 28 para eje tipo turbina de 6 palas, se escoge la curva D puesto que es un tanque sin placas deflectoras.

---

1. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.260

Imagen 28. Numero de potencia vs NRe



Fuente: Operaciones en ingeniería química; McCabe, página 259

Entonces según la gráfica;

$$Np = 1,3$$

4.4.5 Potencia del eje agitador. El cálculo de la potencia está dado por la ecuación<sup>1</sup>;

$$P = \frac{Np * NFr^m * n^3 * Da^5 * \rho}{g}$$

Donde;

- Np = número de potencia
- NFr = número de froude
- n = velocidad del agitador (rps)
- Da = diámetro del agitador
- $\rho$  = densidad del fluido
- g = aceleración de la gravedad

1. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.262

m es una constante que es hallada mediante la ecuacion<sup>1</sup>;

$$m = \frac{a - \log_{10} NRe}{b}$$

Donde;

NRe = número de Reynolds

Las constantes a y b se escogen de la imagen 29 dependiendo del número de potencia anteriormente hallado;

Imagen 29. Constantes a y b

<b>Línea</b>	<b>a</b>	<b>b</b>
<b>D</b>	1,0	40,0
<b>B</b>	1,7	18,0
<b>c</b>	0	18,0
<b>D</b>	2,3	18,0

Fuente: Fuente: Operaciones en ingeniería química; McCabe, página 261

Entonces;

$$m = \frac{1 - \log_{10} 49.935,82}{40}$$

$$m = -0,092$$

1. Warren L. McCabe. Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Agitación y mezcla de líquidos. p.260

Teniendo todos los factores se procede hallar la potencia del eje agitador

$$P = \frac{1,3 * 1,12^{-0.092} * (5,49rps)^3 * (0,366m)^5 * 1.100 \frac{kg}{m^3}}{9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$P = 156,77 \frac{kgm}{s}$$

4.4.6 Torque del eje agitador. Se determina tomando la potencia, la velocidad angular y por la ecuación

$$P = T * w$$

Donde;

P = potencia del eje agitador

T = torque del eje agitador

w = velocidad angular del eje agitador (rad/s)

Entonces;

$$T = \frac{P}{W}$$

$$T = \frac{156,77 \frac{kgm}{s}}{34,53 \frac{rad}{s}}$$

$$T = 4,54 \frac{kgm}{s} * 9,81 \frac{N}{Kg}$$

$$T = 44,54 Nm$$

4.4.7 Diámetro del eje agitador. Se selecciona acero inoxidable 304 como el material de fabricación (imagen 31) ya que es un requerimiento del cliente y un factor de seguridad (imagen 30), definido lo anterior se procede a calcular el esfuerzo admisible<sup>1</sup> por torsión para el elemento;

---

1. [http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072\\_Parte1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/5855/1/jorgeeduardosalazartrujillo20072_Parte1.pdf)

Imagen 30. Factor de seguridad

Materiales dúctiles	
1.	$N = 1.25$ a $2.0$ . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2.	$N = 2.0$ a $2.5$ . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3.	$N = 2.5$ a $4.0$ . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.	$N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Fuente: Diseño elementos de máquinas, Robert Mott, factores de diseño pág 185

Imagen 31. Propiedades acero inoxidable

Designación del material			Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en pulgadas)
Número AISI	UNS	Condición	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
<b>Aceros austeníticos</b>							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Duro total	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Duro total	185	1280	140	966	8
<b>304</b>	<b>S30400</b>	<b>Recocido</b>	<b>85</b>	<b>586</b>	<b>35</b>	<b>241</b>	<b>60</b>
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
<b>Aceros ferríticos</b>							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
<b>Aceros martensíticos</b>							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3
<b>Aceros endurecidos por precipitación</b>							
17-4PH	S17400	H 900	200	1380	185	1280	14
		H 1150	145	1000	125	862	19
17-7PH	S17700	RH 950	200	1380	175	1210	10
		TH 1050	175	1210	155	1070	12

Fuente: Diseño elementos de máquinas, Robert Mott, apéndice 6 pág. A-12

$$\tau_{Flu} = 0,57 \sigma_{perm}$$

$$\tau_{Per} = \frac{\tau_{Flu}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = esfuerzo permisible

$\tau_{Per}$  = esfuerzo permisible a torsión

$\tau_{Flu}$  = esfuerzo fluencia a torsión

$F.S.$  = factor seguridad

Entonces;

$$\tau_{Per} = \frac{0,57 * 241 MPa}{2,5}$$

$$\tau_{Per} = 54,948 MPa$$

Sabiendo la forma de cálculo del esfuerzo por torsión y el torque al que está sometido se usará un eje macizo, se procede a calcular el diámetro del eje conociendo el momento polar de inercia  $J$  para un eje macizo<sup>1</sup>;

$$\tau_{Per} = \frac{T * R}{J}$$

Donde;

$\tau_{Per}$  = esfuerzo Permisible

$T$  = torque Máximo Durante Operación

$R$  = radio Eje agitador

$D$  = diámetro Eje agitador

$J$  = momento polar de Inercia

Entonces;

$$\tau_{Per} = \frac{T * R}{\frac{\pi}{4} R^4}$$

---

1. [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm)

$$R^3 = \frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}} \quad \rightarrow \quad R = \sqrt[3]{\frac{T}{\frac{\pi}{4} * \tau_{Per}}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{44,54 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} * 54,948 \text{ MPa}}}$$

$$R = 0,01011 \text{ m} = 10,11 \text{ mm}$$

$$D = 2R \quad \rightarrow \quad D = 20,22 \text{ mm} \cong 7/8 \text{ in}$$

4.4.8 Espesor de palas. Para calcular el espesor de las palas, primero se halla la fuerza que ejerce el fluido sobre cada pala con base a la ecuacion<sup>1</sup>;

$$Fr = \gamma_0 * Hc * A$$

Donde;

Fr = Fuerza ejercida por el fluido

$\gamma_0$  = Peso específico del fluido

Hc = Distancia del borde del tanque al centro de la pala

A = Área de la pala

Se multiplica la gravedad especifica (sg) por el peso específico ( $\gamma$ );

$$\gamma_0 = sg * \gamma$$

$$\gamma_0 = 1,1 * 10.790 \text{ N/m}^3$$

$$\gamma_0 = 11.869 \text{ N/m}^3$$

Para hallar el Hc se resta H la altura del tanque y E la distancia del fondo del tanque al agitador (estos factores se toman del numeral 4.3.1);

$$Hc = H - E$$

$$Hc = 1 \text{ m} - 0,366 \text{ m}$$

1. Mecánica de Fluidos; Robert Mott, áreas planas sumergidas página 99

$$Hc = 0,634 \text{ m}$$

Se halla el área de la placa se toma como un rectángulo;

$$A = W * L$$

$$A = 0,0732 \text{ m} * 0,0915 \text{ m}$$

$$A = 0,0067 \text{ m}^2$$

Entonces;

$$Fr = 11.869 \frac{N}{m^3} * 0,634 \text{ m} * 0,0067 \text{ m}^2$$

$$Fr = 50,42 \text{ N}$$

Se suma la fuerza que ejerce el eje agitador producto del torque;

$$T = F * d$$

Donde;

T = torque eje agitador

F = fuerza

d = diámetro del agitador

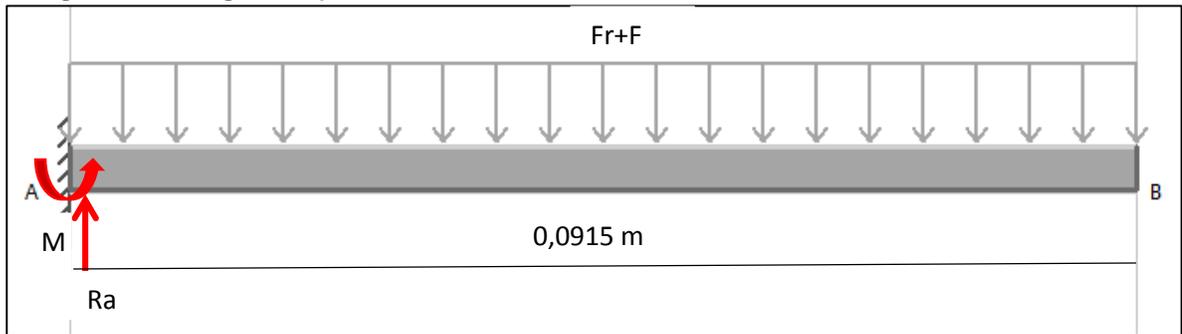
Entonces;

$$\frac{44,54 \text{ Nm}}{0,366 \text{ m}} = F$$

$$F = 121,7 \text{ N}$$

Una vez obtenidas las cargas sobre el elemento se calcula el módulo de sección requerida suponiendo la pala como una viga empotrada en un lado sometida a la carga anteriormente calculada (imagen 32). Se realiza el caculo para la pala 1;

Imagen 32. Diagrama palas



$$\sum Fy = Ra - (F + Fr) = 0$$

Donde;

Ra =Reacción Apoyo

F = fuerza ejercida por el eje agitador

Fr = fuerza ejercida por el fluido

$$Ra - (50,42 N + 121,7N) = 0$$

$$Ra = 172,12 N$$

Se calcula la sumatoria de momentos;

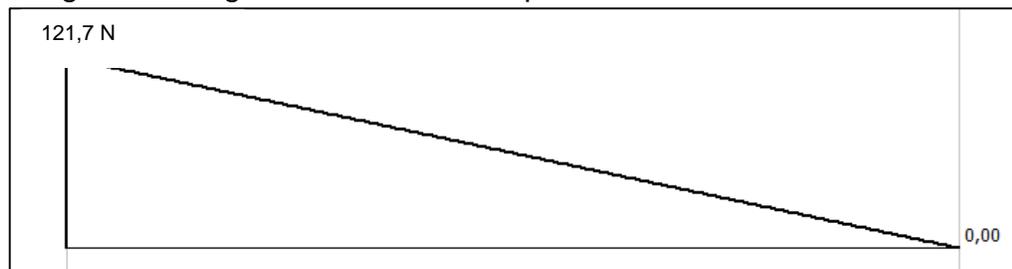
$$\sum^+ Ma = Ma - (Fr + F) * 0,04575 m) = 0$$

$$Ma - (172,21 * 0,04575 m) = 0$$

$$Ma = 7,875 Nm = M_{max}$$

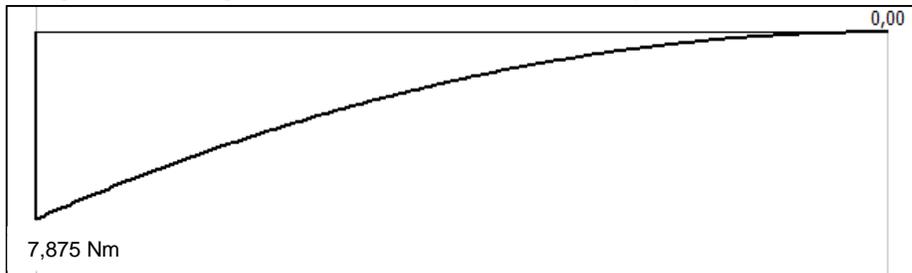
Cuando se tienen las fuerzas que soporta la viga se hace diagrama de cortante;

Imagen 33. Diagrama cortante de la pala



Se realiza Diagrama de Momento Flector Máximo;

Imagen 34. Diagrama Momento flector de la pala



Se procede a calcular el esfuerzo permisible;

$$\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

Donde;

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = Esfuerzo de falla (Esfuerzo de fluencia)

$F.S.$  = Factor de seguridad

Se debe tener en cuenta que el factor seleccionado es 2,5 según la imagen 29 se conocen los esfuerzos, el entorno y las cargas. De igual manera se selecciona como material Acero Inoxidable 304.

Entonces;

$$\sigma_{perm} = \frac{241 \text{ Mpa}}{2,5}$$

$$\sigma_{perm} = 96,4 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el módulo de sección requerido;

$$S_{req} = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$

Donde;

$S_{req}$  = Modulo de sección requerido

$M_{max}$  = Momento flector máximo

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible

Entonces;

$$S_{req} = \frac{7,875 \text{ Nm}}{96'400.000 \text{ Pa}} = 8,17 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

Una vez determinado el módulo de sección (Momento de Inercia) requerido se procede a calcular el espesor requerido por la platina conociendo la fórmula de cálculo del “Momento de Inercia para una sección rectangular”<sup>1</sup>;

$$S_{Aspa} = \frac{W * e^2}{6} = S_{req} \quad \rightarrow \quad e = \sqrt{\frac{6 * S_{req}}{W}}$$

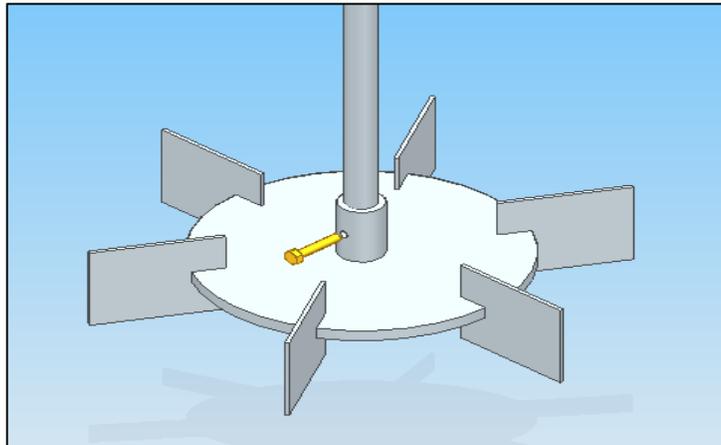
$$e = \sqrt{\frac{6 * 8,17 \times 10^{-8} \text{ m}^3}{0,0732 \text{ m}}}$$

$$e = 0,0026 \text{ m} = 2,6 \text{ mm}$$

Para garantizar que el aspa y el disco de sujeción de las placas cumpla con las condiciones de diseño requeridas se selecciona un espesor de lámina normalizado de 3mm (1/8”).

4.4.9 Perno de unión eje-agitador. Se utilizará un tornillo de grado 2 de acero inoxidable (la imagen 36) ya que posee bajo contenido de carbono, en la imagen 35 se muestra el perno de sujeción.

Imagen 35. Perno de unión



<sup>1</sup> [http://personales.unican.es/junqueraj/JavierJunquera\\_files/Fisica-1/momentos\\_de\\_inercia.pdf](http://personales.unican.es/junqueraj/JavierJunquera_files/Fisica-1/momentos_de_inercia.pdf)

Imagen 36. Grados SAE para sujetadores

Grado número	Tamaños de perno (pulg)	Resistencia a la tensión (ksi)	Resistencia de fluencia (ksi)	Resistencia de prueba (ksi)	Marcas en la cabeza
1	1/4 - 1 1/2	60	36	33	Ninguna
2	1/4 - 3/4	74	57	55	Ninguna
	> 3/4 - 1 1/2	60	36	33	
4	1/4 - 1 1/2	115	100	65	Ninguna
5	1/4 - 1	120	92	85	
	> 1 - 1 1/2	105	81	74	
7	1/4 - 1 1/2	133	115	105	
8	1/4 - 1 1/2	150	130	120	

Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, sujetadores pág. 715

Conociendo el torque se define que;

$$F = \frac{T}{d}$$

Donde;

$F$  = Fuerza aplicada sobre el eje

$T$  = Torque de eje agitador

$d$  = radio eje agitador

Entonces;

$$F = \frac{44,54 \text{ Nm}}{0,183 \text{ m}}$$

$$F = 243,39 \text{ N}$$

Ahora es necesario determinar el esfuerzo cortante permisible con base al esfuerzo normal;

$$\sigma_{per} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S.}$$

Donde;

$\sigma_{per}$  = esfuerzo permisible

$\sigma_{falla}$  = esfuerzo de falla (Resistencia a la fluencia)

$F.S.$  = factor de seguridad

Entonces;

$$\sigma_{per} = \frac{57.000psi * \frac{6.894,7Pa}{1psi}}{2,5}$$

$$\sigma_{per} = 157,19 MPa$$

Ahora se requiere calcular el esfuerzo cortante permisible;

$$\tau_{per} = 0,57 * \sigma_{per}$$

Donde;

$\tau_{per}$  = Esfuerzo cortante permisible

Entonces;

$$\tau_{per} = 0,57 * 157,19 MPa$$

$$\tau_{per} = 89,59 MPa$$

Se halla el diámetro del tornillo usando la fuerza que se aplica sobre el eje y el esfuerzo cortante permisible entonces se dice que;

$$\tau_{per} = \frac{F}{2A}$$

$$r = \sqrt{\frac{F}{2 * \pi * \tau_{per}}}$$

$$r = \sqrt{\frac{243,39 N}{2 * \pi * 89,59 MPa}}$$

$$r = 0,00066 m$$

Se selecciona un tornillo de 1/4 de pulgada grado 2, como se muestra en la imagen  
37

Imagen 37. Dimensiones pernos grado 2

**PERNO HEXAGONAL GRADO 2 UNC NR**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	3/4	7/8	1	1.1/8	1.1/4	1.1/2
H Min	3,81	4,95	5,74	6,91	7,67	8,84	9,60	11,56	13,49	15,01	16,71	19,02	22,91
F Máx	11,13	12,70	14,27	15,88	19,05	20,62	23,83	28,58	33,32	38,10	42,88	47,63	57,15
LR Min <small>Código: 1.1611 F Indice:</small>	3/4"	7/8"	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3.1/4"
LR Min <small>Código: 1.1611 F Indice:</small>	1"	1.1/8"	1.1/4"	1.3/8"	1.1/2"	1.5/8"	1.3/4"	2"	2.1/4"	2.1/2"	2.3/4"	3"	3.1/2"

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

Para la selección de la tuerca se tomó en cuenta las características del perno; es decir, se seleccionó con el mismo grado 2 y las mismas dimensiones como lo muestra la imagen 38;

Imagen 38. Dimensiones de tuercas grado 2

**TUERCA HEXAGONAL GRADO 2 UNF NR / CINCADA**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

ø D	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/8	5/8	3/4	7/8	1
Hilos x Pulg.	28	24	24	20	20	18	18	16	14	12
H Máx	5,74	6,93	8,56	9,78	11,39	12,60	14,20	16,89	19,71	22,53
F Nom	7/16" (11,13)	1/2" (12,70)	9/16" (14,27)	11/16" (17,48)	3/4" (19,25)	7/8" (22,23)	5/16" (23,83)	1.1/8" (28,58)	1.5/16" (33,32)	1.1/2" (38,10)

Fuente: <http://www.sodiper.cl/wp-content/themes/sodiper/catalogo.pdf>

#### 4.5 MOTO REDUCTOR

Se toma la potencia y se convierte en kw, teniendo la velocidad de agitación del moto reductor (329,74 rpm), se toma un factor de servicio como se muestra en la imagen 39 y se multiplica por la potencia, sabiendo el torque (44,54 Nm), y mediante el catálogo de transtecno se selecciona el moto reductor.

$$P = 156,77 \text{ kgm/s} * \frac{0,00981 \text{ Kw}}{1 \text{ kgm/s}}$$

$$P = 1,54 \text{ Kw}$$

Imagen 39. Factor de servicio

B									
Clase di carico / Load class									
Carico con urti moderati / Moderate shock load									
sf									
h/d	n. avvamenti/ora / n. start-up/hour								
	2	4	8	16	32	63	125	250	500
4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
8	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
16	1.5	1.5	1.5	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
24	1.8	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2

Fuente: <http://www.transtecno.com/mx/motorreductores-ctores-mexico/pdf>, pagina B16.

$$P = 1,54 \text{ Kw} * 1,5$$

$$P = 2,31 \text{ Kw}$$

Imagen 40. Moto reductores

3						
100LB4 (1400 min <sup>-1</sup> )	374	74	2.0	3.74	CMG032	B5/B14
	311	88	1.7	4.50		B5/B14
	255	108	1.4	5.48		B5/B14
	222	124	1.5	6.31		B5/B14
	177	156	1.2	7.93		B5/B14
	154	178	1.0	9.08		B5/B14
	128	215	0.8	10.93		B5/B14
	111	248	1.0	12.60		B5/B14
	105	261	1.0	13.30		B5/B14
	91.5	301	0.9	15.30		B5/B14
	374	74	3.1	3.74	CMG042	B5/B14
	311	88	2.6	4.50		B5/B14
	255	108	2.1	5.48		B5/B14
	222	124	2.1	6.31		B5/B14
	177	156	1.7	7.93		B5/B14
	154	178	1.6	9.08		B5/B14
	128	215	1.3	10.93		B5/B14
	111	248	1.4	12.60		B5/B14
	105	261	1.3	13.30		B5/B14
	92	301	1.4	15.30		B5/B14
	77	358	1.2	18.21		B5/B14
	73	378	1.1	19.24		B5/B14
	56	491	1.0	24.99		B5/B14
	46	601	0.8	30.57		B5/B14

[http://www.transtecno.com/mx/motorreductores-mexico/pdf/264id-Transtecno-Cat-AC-Alu-Gearmotors\\_50-Hz\\_0317.pdf](http://www.transtecno.com/mx/motorreductores-mexico/pdf/264id-Transtecno-Cat-AC-Alu-Gearmotors_50-Hz_0317.pdf)

Se selecciona un moto reductor marca transtecno serie IEC100LB4-CMG032-B5/B14

#### 4.6 ACOPLE MOTO REDUCTOR EJE AGITADOR

La selección del acople se realiza de acuerdo al catálogo de la compañía Timken, se selecciona un factor de servicio según la imagen 42 que se multiplica por el torque y se procede a calcular el torque de diseño; en la imagen 41 se muestra el acople.

Imagen 41. Acople



Imagen 42. Selección factor de servicio

Application	Service Factor
<b>Aerators</b>	2.5
<b>Aggregate Processing, Cement, Mining Kilns</b>	
Direct or on Line Shaft of Reducer	
With Final Drive Machined Spur Gears	2.25
With Single Helical or Herringbone Gears	2.0
Crushers, Ore or Stone	2.75
Dryer, Rotary	2.0
Grizzly	2.25
Hammermill or Hog	2.0
Tumbling Mill or Barrel	2.0
<b>Agitators (also see Mixers)</b>	
Vertical, Horizontal, Screw, Propeller, Paddle	1.25
<b>Barge Haul Puller</b>	1.75
<b>Blowers</b>	
Centrifugal	1.5
Lobe or Vane	1.5

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918-673725.html>, página 19

$$T_{Dis} = T_{Req} * F.S.$$

$$T_{Dis} = 44,54Nm * 1,25$$

$$T_{Dis} = 55,675 Nm$$

Con el torque de diseño se procede a escoger el acoplamiento de disco con brida en la imagen 43

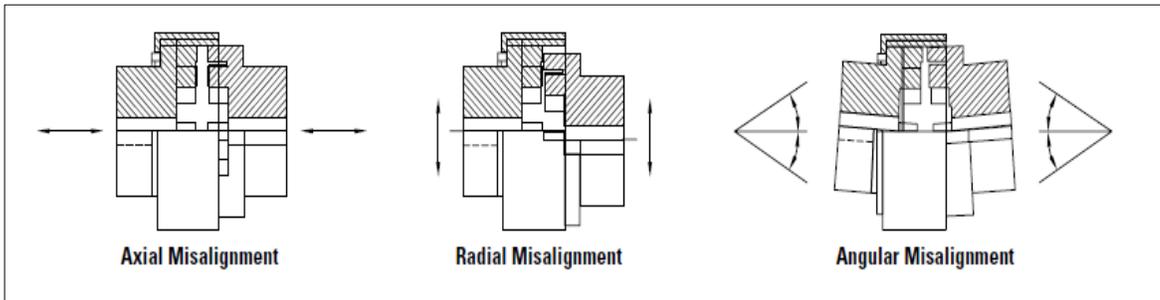
Imagen 43. Catalogo acoples con Disco y brida

Tamaño de acoplamiento	Potencia /100rpm kW	Par nominal Nm	Velocidad máx.** rpm	Interior A1		Interior A2		Dimensiones								Desplaz. Máx. mm	
				Máx.* mm	Mín. mm	Máx. mm	Mín. mm	B1 mm	B2 mm	C1 mm	C2 mm	D mm	F mm	L mm	Masa kg		WR <sup>2</sup> kg m <sup>2</sup>
GF15VA	14,9	1423	7100	46	14	75	20	60	98	49	47	152	8	104	9	0,019	0,8
GF20VA	28,2	2693	5400	57	20	95	27	76	124	62	60	178	8	130	17,5	0,044	1,0
GF25VA	48	4584	4800	78	27	110	27	102	148	77	75	213	9	161	30	0,107	1,2
GF30VA	77,6	7411	4250	90	27	130	39	117	173	91	89	240	10	190	40	0,200	1,4
GF35VA	128	12224	4000	110	39	155	39	143	201	106	104	279	12	222	64	0,446	1,7
GF40VA	196	18718	3600	127	39	180	55	165	233	121	116	318	13	250	94	0,842	2,0
GF45VA	312	29796	3290	145	55	200	55	191	262	135	130	346	17	282	128	1,350	2,3
GF50VA	431	41161	2920	165	55	225	55	216	294	153	148	389	17	318	187	2,800	2,6
GF55VA	578	55199	2630	185	55	250	55	241	324	175	164	425	17	356	245	3,940	3,0
GF60VA	857	81844	2320	205	55	265	55	267	349	188	182	457	20	390	300	5,130	3,4
GF70VA	1096	104668	2120	225	55	310	55	292	406	221	221	527	23	465	475	11,040	3,9

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf/renold/gearflex-coupling/5242-480491.html>

Se selecciona un acople mecánico GEARFLEX GF30VA con inserto plástico QF5, con las siguientes tolerancias imagen 44 e imagen 45;

Imagen 44. Tolerancias



Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf/renold/gearflex-coupling/5242-480491.html>

Imagen 45. Tolerancias acoplamiento de desalineación

Coupling Series	Radial Misalignment Tolerance	Axial Misalignment Tolerance	Angular Misalignment Tolerance
	mm in	mm in	
QF5	0.51 0.020	1.98 0.078	2°
QF15	0.99 0.039	2.95 0.116	2°

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918>

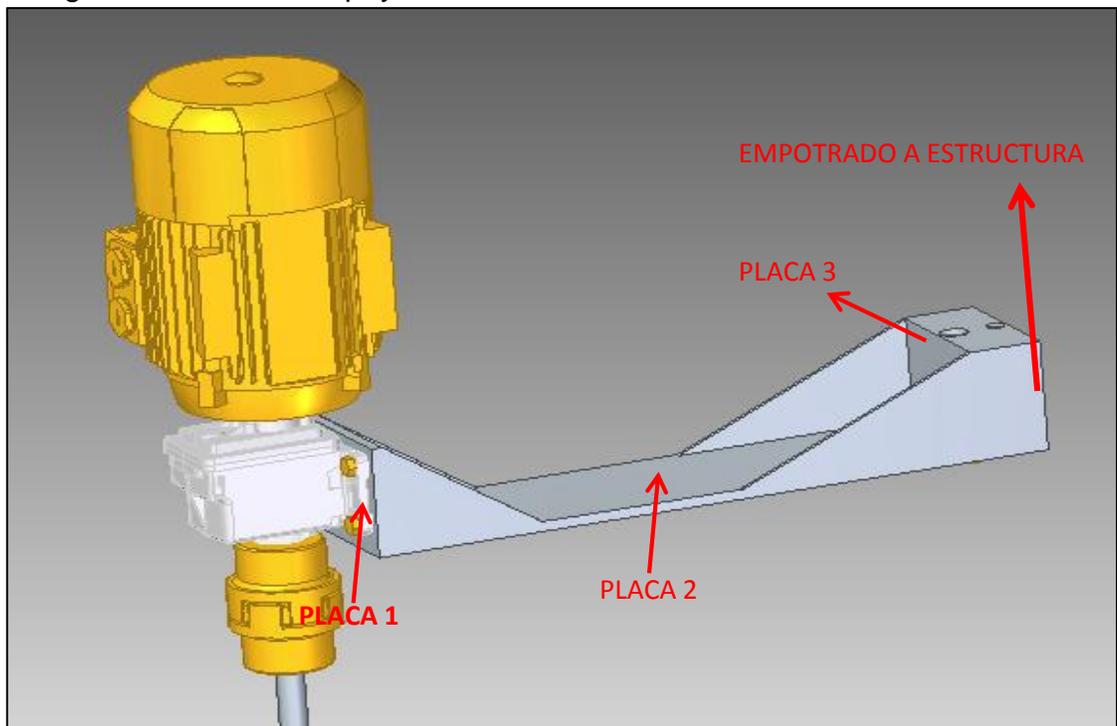
#### 4.7 PLACAS DE APOYO EJE AGITADOR Y TORNILLO DE POTENCIA

La estructura de apoyo está conformada por 3 placas de acero A36 se toma este material ya que proporciona facilidad para unir las 3 placas por medio de varios tipos de conectores como son la soldadura, los tornillos y los remaches, en este caso por soldadura como se muestra en la imagen 46, con las siguientes dimensiones y pesos (cuadro 10) se toman estas dimensiones como objeto de diseño para garantizar la distancia del centro del eje agitador a la estructura de la máquina, al soldar las 3 placas se asimilan como un elemento estructural y se verificaran los esfuerzos mediante el MEF que se desarrollara en el siguiente capítulo del proyecto;

Cuadro 10. Dimensiones de placas de acero

Placa	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Peso (kg)
1	10	140	110	1,232
2	10	140	550	3,784
3	50,8	140	110	6,16

Imagen 46. Placas de apoyo



Se calcula el peso de las placas de acero teniendo en cuenta la imagen 47;

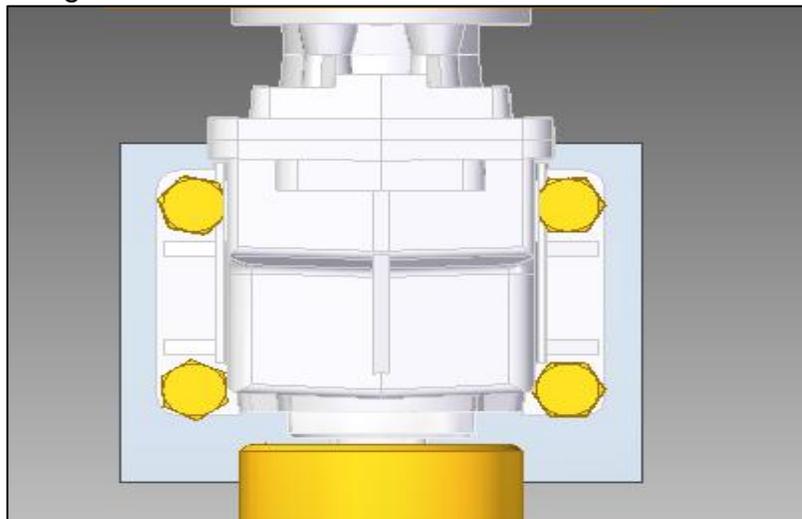
Imagen 47. Peso de placas de acero A36

Espesor Nominal		Peso Nominal			
Espesor Nominal (mm)	2.000 x 6.000 (kg)	2.000 x 12.000 (kg)	2.440 x 6.000 (kg)	2.440 x 12.000 (kg)	
6	576	1.152	703	1.405	
8	768	1.536	937	1.874	
10	960	1.920	1.171	2.342	
12	1.152	2.304	1.405	2.811	
14	1.344	2.688	1.640	3.279	
16	1.536	3.072	1.874	3.748	
18	1.728	3.456	2.108	4.216	
20	1.920	3.840	2.342	4.685	
22	2.112	4.224	2.577	5.153	
25	2.400	4.800	2.928	5.856	
28	2.688	5.376	3.279	6.559	
30	2.880	5.760	3.514	7.027	
32	3.072	6.144	3.748	7.496	
35	3.360	6.720	4.099	8.198	
38	3.648	7.296	4.451	8.901	
40	3.840	7.680	4.685	9.370	
45	4.320	8.640	5.270	10.541	
50	4.800	9.600	5.856	11.712	
75	7.200	14.400	8.784	17.568	
100	9.600	19.200	11.712	23.424	

Fuente: <http://multiaceros.cl/portfolio-item/planchas-acero/>

4.7.1 Unión atornilladas del conjunto moto reductor eje agitador a placa. Se verificarán si los tornillos UNC ½ pulgada que están unidos a la placa 1, soportan el esfuerzo cortante producido (imagen 48).

Imagen 48. Tornillos de unión



Para calcular el esfuerzo cortante, se toma una masa de diseño aproximada del conjunto moto reductor eje agitador de 45kg y se multiplica por la gravedad, se calculará la fuerza que soportará cada perno<sup>1</sup>;

$$F = m * g$$

$$Fp = \frac{F}{\#pernos}$$

Donde;

$F$ : Fuerza

$Fp$ : Fuerza en cada perno

$\#pernos$ : Numero de pernos

$g$  = aceleración de la gravedad

Entonces;

$$F = 45kg * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 441,45 \text{ N}$$

$$Fp = \frac{441,45 \text{ N}}{4}$$

$$Fp = 110,3625 \text{ N}$$

Teniendo la fuerza ejercida en cada perno se procede a calcular el esfuerzo de tensión al cual estará sometido el perno<sup>2</sup>;

$$\tau = \frac{Fp}{Ae}$$

Donde;

$\tau$ : Esfuerzo cortante

$Fp$ : Fuerza en cada perno

$Ae$ : Área de esfuerzo de tensión

---

1,2 Diseño de máquinas Mott, Robert. Tornillos y sujetadores. En.: 4 ed. 2011

El área de esfuerzo se determina mediante la imagen 49 para un tornillo UNC ½ pulgadas grado 5, para garantizar el ajuste del montaje;

Imagen 49. Dimensiones normalizadas de tornillos

A. Tamaños numerados					
Tamaño	Diámetro mayor básico (pulg)	Roscas gruesas: UNC		Roscas finas: UNF	
		Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg <sup>2</sup> )	Roscas por pulg	Área de esfuerzo de tensión (pulg <sup>2</sup> )
0	0.0600			80	0.001 80
1	0.0730	64	0.00263	72	0.002 78
2	0.0860	56	0.00370	64	0.003 94
3	0.0990	48	0.00487	56	0.005 23
4	0.1120	40	0.00604	48	0.006 61
5	0.1250	40	0.00796	44	0.008 30
6	0.1380	32	0.00909	40	0.010 15
8	0.1640	32	0.0140	36	0.014 74
10	0.1900	24	0.0175	32	0.0200
12	0.2160	24	0.0242	28	0.0258
B. Tamaños fraccionarios					
1/4	0.2500	20	0.0318	28	0.0364
5/16	0.3125	18	0.0524	24	0.0580
3/8	0.3750	16	0.0775	24	0.0878
7/16	0.4375	14	0.1063	20	0.1187
1/2	0.5000	13	0.1419	20	0.1599
9/16	0.5625	12	0.182	18	0.203
5/8	0.6250	11	0.226	18	0.256
3/4	0.7500	10	0.334	16	0.373
7/8	0.8750	9	0.462	14	0.509
1	1.000	8	0.606	12	0.663
1 1/8	1.125	7	0.763	12	0.856
1 1/4	1.250	7	0.969	12	1.073
1 3/8	1.375	6	1.155	12	1.315
1 1/2	1.500	6	1.405	12	1.581
1 5/8	1.750	5	1.90		
2	2.000	4 1/2	2.50		

Fuente: Diseño de elementos de máquinas; Mott pagina 717

$$Ae = 0,1419 \text{ pul}^2 * \left(\frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ pul}}\right)^2$$

$$Ae = 0,0000915 \text{ m}^2$$

Entonces;

$$\tau = \frac{Fp}{Ae}$$

$$\tau = \frac{110,3625 \text{ N}}{0,0000915 \text{ m}^2}$$

$$\tau = 1205512,453 \text{ Pa}$$

Sabiendo esfuerzo cortante se podrá saber el factor de seguridad contra el esfuerzo de fluencia (Sy) que se encuentra en la imagen 34;

$$N = \frac{0,57 * S_y}{\tau}$$

Donde;

N = factor de seguridad  
 Sy = esfuerzo de fluencia  
 τ= esfuerzo cortante

Entonces;

$$N = \frac{0,57 * \left(92.000psi * \frac{6.894,7Pa}{1psi}\right)}{1205512,453 Pa}$$

$$N = 300$$

Dado que el factor de seguridad es muy grande, se puede concluir que los pernos son confiables para la carga requerida por el conjunto moto reductor eje agitador.

4.7.2 Cálculo de las uniones soldadas de las placas de acero. Las tres placas van unidas mediante soldadura, para los cálculos de la soldadura se tomara como referencia el tipo soldadura de filete debido a que es una de las soldaduras que más se utiliza estructuralmente.

Para el diseño de la soldadura se debe conocer el número del electrodo que sea más recomendable, esto dependiendo del tipo de acero base con el que se va a trabajar que para el caso es un acero A-36, los números de los electrodos que aplican para este material se encuentra en la imagen 50.

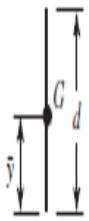
Imagen 50. Propiedades mínimas del material de aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Fuente: Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Pág. 472

En este caso se selecciona el electrodo E60 con un diámetro de electrodo de 1/8 que es el más utilizado en la industria para la unión de piezas y se escoge la dimensión del cordón de soldadura mediante la imagen 51, con una altura de filete h de 6 mm

Imagen 51. Dimensión de cordón de soldadura

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{12}$

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470

Conociendo la información del cuadro 11, se selecciona la ubicación de la soldadura que está sometida a flexión. Esto permite afirmar que;

$$A = 0,707 * h * d$$

Donde;

A = área de la garganta  
h = altura de filete soldadura  
d = Ancho de la placa

Entonces;

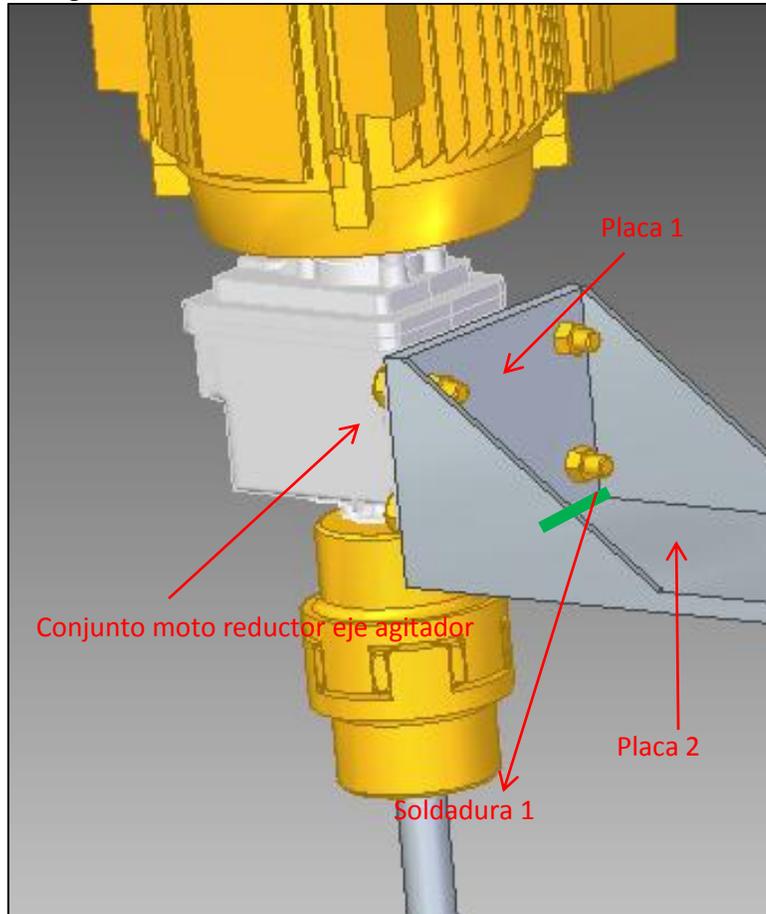
$$A = 0,707 * 0,006 \text{ m} * 0,140 \text{ m}$$

$$A = 5,94 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

Como todas las placas tienen el mismo ancho como se muestra en el cuadro 11, los únicos cálculos que cambian son los del peso, entonces se realizan los cálculos de la placa 1 y la placa 3.

4.7.2.1 Placa 1 unida al conjunto moto reductor eje agitador y a placa 2. Como se muestra en la imagen 52;

Imagen 52. Soldadura 1



Con el valor A se procede a calcular el esfuerzo cortante primario<sup>1</sup> en la soldadura mostrada de verde que es producido por la fuerza que se produce debido a la masa (45 Kg) del conjunto moto reductor- eje agitador

$$\tau' = \frac{m * g}{A}$$

Donde;

$\tau'$  = esfuerzo cortante primario  
m = masa conjunto moto reductor eje agitador  
g = aceleración de la gravedad  
A = área de la garganta

1. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes.

Entonces;

$$\tau' = \frac{45kg * 9,81 \frac{m}{s^2}}{5,94 * 10^{-4} m^2}$$

$$\tau' = 743.331,98 Pa$$

Para calcular el esfuerzo producido por la flexión se debe calcular el segundo momento unitario de área<sup>1</sup> de la siguiente manera;

$$Iu = \frac{d^3}{12}$$

Donde;

Iu = Segundo momento unitario de área

d = ancho de la placa

Entonces;

$$Iu = \frac{(0,140m)^3}{12}$$

$$Iu = 2,28 * 10^{-4} m^3$$

Con el momento unitario de área se calculará el segundo momento de área<sup>2</sup> de la siguiente manera;

$$I = 0,707 * h * Iu$$

$$I = 0,707 * 0,006m * 2,28 * 10^{-4} m^3$$

$$I = 9,67 * 10^{-7} m^4$$

El momento máximo producido será la fuerza ejercida por el conjunto moto reductor eje por la distancia de la placa al centro del conjunto

$$M = F * a$$

---

1,2. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes.

Donde;

$M$ : Momento máximo

$F$ : Carga

$a$ : distancia de la placa al centro del conjunto

Entonces;

$$M = 45kg * 9,81 \frac{m}{s^2} * 0,06 m$$

$$M = 26,487 Nm$$

Con el segundo momento de área y el momento máximo<sup>1</sup> se determinará el esfuerzo cortante producido por la flexión de la siguiente manera;

$$\tau'' = \frac{M * d/2}{I}$$

Donde;

$\tau''$  = Esfuerzo cortante a flexión

$I$  = Segundo momento de área

$d$  = ancho de placa

$M$  = Momento máximo

Entonces;

$$\tau'' = \frac{26,487Nm * 0,140 m/2}{9,67 * 10^{-7}m^4}$$

$$\tau'' = 1'917.362,978 Pa$$

Como en la placa se producen esfuerzos de flexión y cortantes se seleccionarán los esfuerzos permisibles con la imagen 53, y se corroborará que sean mayores a los ya calculados, el esfuerzo a tensión ( $S_y$ ) se toma de la imagen 50;

---

1. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes

Imagen 53. Esfuerzos permisibles del código AISC

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}$	

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 472

$$\tau_{perm} = 0,60 * 345 \text{ MPa}$$

$$\tau_{perm} = 207 \text{ MPa}$$

$$743.331,98 \text{ Pa} \leq 207'000.000 \text{ Pa (cumple)}$$

$$\tau_{perm} = 0,30 * 345 \text{ MPa}$$

$$\tau_{perm} = 103,5 \text{ MPa}$$

$$1'917.362,978 \text{ Pa} \leq 103'500.500 \text{ Pa (cumple)}$$

4.7.2.2 Soldadura 2. Es la soldadura para unir la placa 2 y la placa 3 con el valor A se procede a calcular el esfuerzo cortante primario<sup>1</sup> en la soldadura mostrada de verde (imagen 54), que es producido por la fuerza ejercida debido a la masa (45 Kg) del conjunto moto reductor- eje agitador y el peso de las placas 1 y 2 tomadas del cuadro 10;

$$\tau' = \frac{m * g}{A}$$

Donde;

$\tau'$  = esfuerzo cortante primario

W = masa conjunto moto reductor eje agitador

g = aceleración de la gravedad

A = área de la garganta

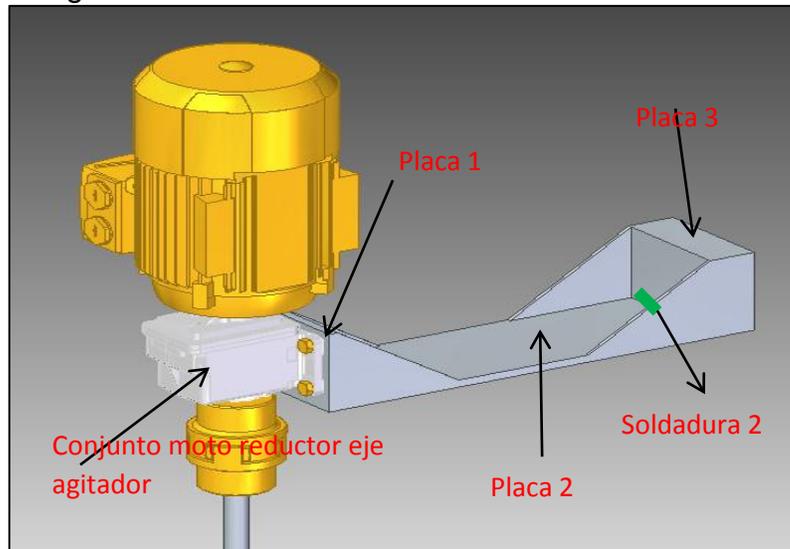
Entonces;

$$\tau' = \frac{(45\text{kg} + 1,232\text{kg} + 3,784\text{kg}) * 9,81 \text{ m/s}^2}{5,94 * 10^{-4} \text{ m}}$$

1. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes.

$$\tau' = 826.021,81 \text{ Pa}$$

Imagen 54. Soldadura 2



Para calcular el esfuerzo producido por la flexión se debe calcular el segundo momento unitario de área de la siguiente manera;

$$I_u = \frac{d^3}{12}$$

Donde;

$I_u$  = Segundo momento unitario de área  
 $d$  = ancho de la placa

Entonces;

$$I_u = \frac{(0,140\text{m})^3}{12}$$

$$I_u = 2,28 * 10^{-4} \text{m}^3$$

Con el momento unitario de área se calculará el segundo momento de área<sup>1</sup> de la siguiente manera;

$$I = 0,707 * h * I_u$$

1. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes.

$$I = 0,707 * 0,006m * 2,28 * 10^{-4}m^3$$

$$I = 9,67 * 10^{-7}m^4$$

El momento máximo producido será la fuerza ejercida por el conjunto moto reductor eje por la distancia de la placa al centro del conjunto;

$$M = F * a$$

Donde;

$M$ : Momento máximo

$F$ : Carga

$a$ : distancia de la placa al centro del conjunto

Entonces;

$$M = (45kg + 1,232kg + 3,784kg) * 9,81 \text{ m/s}^2 * 0,06 \text{ m}$$

$$M = 29,44 \text{ Nm}$$

Con el segundo momento de área y el momento máximo<sup>1</sup> se determinará el esfuerzo cortante producido por la flexión de la siguiente manera;

$$\tau'' = \frac{M * d/2}{I}$$

Donde;

$\tau''$  = Esfuerzo cortante a flexión

$I$  = Segundo momento de área

$d$  = ancho de placa

$M$  = Momento máximo

Entonces;

$$\tau'' = \frac{29,44 \text{ Nm} * 0,140/2}{9,67 * 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\tau'' = 2'131.127,2 \text{ Pa}$$

---

1. Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470 Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes.

Como en la placa se producen esfuerzos de flexión y cortantes se calcularán los esfuerzos permisibles con la imagen 49, y se verificará que sean mayores a los ya calculados, el esfuerzo a tensión ( $S_y$ ) se toma de la imagen 47;

$$\tau_{perm} = 0,60 * 345 \text{ MPa}$$

$$\tau_{perm} = 207 \text{ MPa}$$

$$826.021,81 \text{ Pa} \leq 207'000.000 \text{ Pa} \text{ (cumple)}$$

$$\tau_{perm} = 0,30 * 345 \text{ MPa}$$

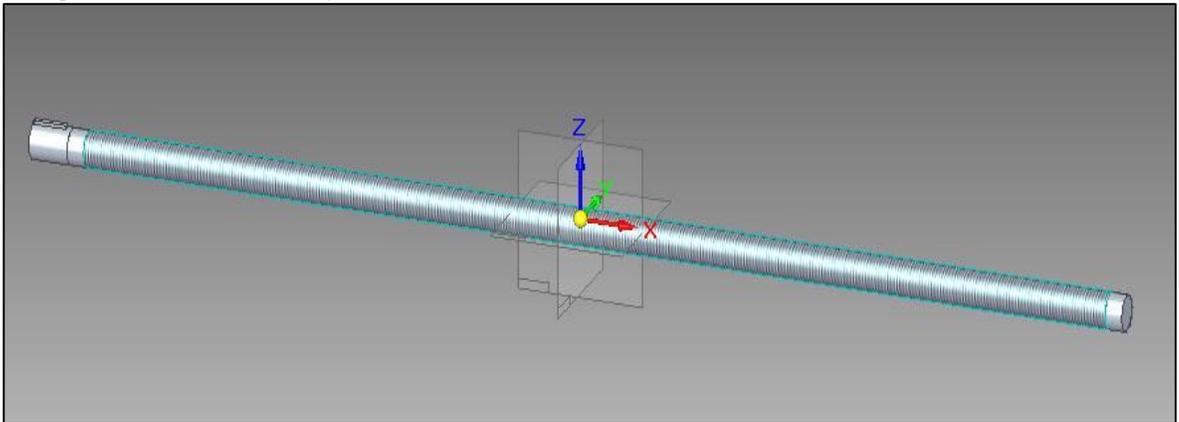
$$\tau_{perm} = 103,5 \text{ MPa}$$

$$2'131.127,2 \text{ Pa} \leq 103'500.500 \text{ Pa} \text{ (cumple)}$$

#### 4.8 TORNILLO DE POTENCIA

El tornillo de potencia (imagen 55) se utilizará para el desplazamiento vertical del conjunto moto reductor y eje agitador.

Imagen 55. Tornillo de potencia



4.8.1 Cálculo par torsional tornillo de potencia. Se toma la masa total del conjunto moto reductor eje agitador y estructura de soporte (55 Kg);

$$F = m * g$$

Donde;

F = fuerza ejercida por el conjunto

m = masa total del conjunto

g = aceleración de la gravedad

$$F = 55 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 539,55 \text{ N}$$

$$F = 539,55 \text{ N} * \frac{1 \text{ lbf}}{4,448 \text{ N}}$$

$$F = 121,3 \text{ lbf}$$

Se selecciona el tamaño del tornillo basado en la imagen 56, se selecciona un tornillo de 1 pulgada;

Imagen 56. Dimensiones normalizadas tornillos ACME

Diámetro mayor nominal, $D$ (pulg)	Roscas por pulg, $n$	Paso, $p = 1/n$ (pulg)	Diámetro menor nominal, $D_r$ (pulg)	Diámetro mínimo de paso, $D_p$ (pulg)	Área al esfuerzo de tensión, $A_t$ (pulg <sup>2</sup> )	Área al esfuerzo cortante, $A_s$ (pulg <sup>2</sup> )
1/4	16	0.0625	0.1618	0.2043	0.026 32	0.3355
5/16	14	0.0714	0.2140	0.2614	0.044 38	0.4344
3/8	12	0.0833	0.2632	0.3161	0.065 89	0.5276
7/16	12	0.0833	0.3253	0.3783	0.097 20	0.6396
1/2	10	0.1000	0.3594	0.4306	0.1225	0.7278
5/8	8	0.1250	0.4570	0.5408	0.1955	0.9180
3/4	6	0.1667	0.5371	0.6424	0.2732	1.084
7/8	6	0.1667	0.6615	0.7663	0.4003	1.313
1	5	0.2000	0.7509	0.8726	0.5175	1.493
1 1/8	5	0.2000	0.8753	0.9967	0.6881	1.722
1 1/4	5	0.2000	0.9998	1.1210	0.8831	1.952
1 3/8	4	0.2500	1.0719	1.2188	1.030	2.110
1 1/2	4	0.2500	1.1965	1.3429	1.266	2.341
1 3/4	4	0.2500	1.4456	1.5916	1.811	2.803
2	4	0.2500	1.6948	1.8402	2.454	3.262
2 1/4	3	0.3333	1.8572	2.0450	2.982	3.610
2 1/2	3	0.3333	2.1065	2.2939	3.802	4.075
2 3/4	3	0.3333	2.3558	2.5427	4.711	4.538
3	2	0.5000	2.4326	2.7044	5.181	4.757
3 1/2	2	0.5000	2.9314	3.2026	7.388	5.700
4	2	0.5000	3.4302	3.7008	9.985	6.640
4 1/2	2	0.5000	3.9291	4.1991	12.972	7.577
5	2	0.5000	4.4281	4.6973	16.351	8.511

Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, tornillos de potencia pág. 699

Mediante la ecuación<sup>1</sup> se realiza el cálculo del ángulo de avance del tornillo;

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{L}{\pi * Dp}$$

Donde;

L = paso

Dp = diámetro de paso

Entonces;

$$\varphi = \tan^{-1} \frac{0,2 \text{ pulg}}{\pi * 0,8726 \text{ pulg}}$$

$$\varphi = 4,17^\circ$$

Se calcula el par torsional<sup>2</sup> necesario para subir el conjunto se maneja un coeficiente de fricción de 0,15 según el libro de diseño de máquinas de Robert Mott;

$$T_s = \frac{F * Dp}{2} \left[ \frac{(\cos \theta * \tan \varphi + f)}{(\cos \theta - f * \tan \varphi)} \right]$$

Donde;

F = fuerza ejercida por el conjunto

Dp = diámetro de paso

$\theta$  = ángulo de presión

$\varphi$  = ángulo de avance del tornillo

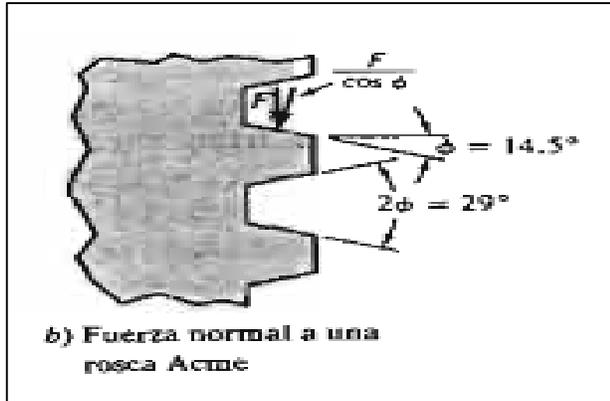
f = coeficiente de fricción

---

1,2. Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, tornillos de potencia pag 703

El ángulo de presión normalizado es  $14,5^\circ$  como se muestra en la imagen 57;

Imagen 57. Ángulo de presión rosca ACME



Fuente: Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, tornillos de potencia pag 702.

Entonces;

$$T_s = \frac{121,3 \text{ lbf} * 0,8726 \text{ pulg}}{2} \left[ \frac{(\cos 14,5 * \tan 4,17 + 0,15)}{(\cos 14,5 - 0,15 * \tan 4,17)} \right]$$

$$T_s = 12,196 \text{ Lb} * \text{pulg}$$

La eficiencia se calcula mediante la ecuacion<sup>1</sup>;

$$e = \frac{F * L}{2\pi * T_s}$$

Donde;

F = fuerza ejercida por el conjunto

L = paso

Ts = par torsional de subida del conjunto

1. Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, tornillos de potencia pag 703

Entonces;

$$e = \frac{121,3 \text{ lbf} * 0,2 \text{ pulg}}{2\pi * 12,196 \text{ lbf} * \text{pulg}}$$

$$e = 0,6331 = 63,31\%$$

Se calcula el par torsional<sup>1</sup> necesario para bajar el conjunto se maneja un coeficiente de fricción de 0,15, se maneja el mismo ángulo de presión;

$$Tb = \frac{F * Dp}{2} \left[ \frac{f - \cos \theta * \tan \varphi}{(\cos \theta + f * \tan \varphi)} \right]$$

Donde;

F = fuerza ejercida por el conjunto

Dp = diámetro de paso

$\theta$  = ángulo de presión

$\varphi$  = ángulo de avance del tornillo

f = coeficiente de fricción

Entonces;

$$Tb = \frac{121,3 \text{ lbf} * 0,8726 \text{ pulg}}{2} \left[ \frac{0,15 - (\cos 14,5 * \tan 4,17)}{\cos 14,5 + 0,15 * \tan 4,17} \right]$$

$$Tb = 4,29 \text{ Lb} * \text{pulg}$$

4.8.2 Cálculo de velocidad de tornillo. Se toma una longitud de 80 pulgadas para que garantice el movimiento del conjunto y se calcula mediante la ecuación<sup>2</sup>;

$$V = \frac{H}{t}$$

Donde;

H = longitud de tornillo

t = tiempo

---

1,2. Diseño de elementos de máquinas, Robert Mott, tornillos de potencia pag 703

Entonces;

$$V = \frac{80 \text{ pulg}}{20 \text{ s}}$$

$$V = 4 \text{ pulg/s}$$

$$n = \frac{4 \text{ pulg}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ rev}}{0,2 \text{ pulg}} * \frac{60 \text{ s}}{\text{rev}}$$

$$n = 1.200 \text{ rpm}$$

4.8.3 Cálculo de potencia para el tornillo. La potencia se calcula mediante la siguiente ecuación;

$$P = \frac{T_s * n}{63.000}$$

Donde;

Ts = par torsional  
n = velocidad angular

Entonces;

$$P = \frac{12,196 \text{ lb} * \text{pulg} * 1.200 \text{ rpm}}{63.000}$$

$$P = 0,2323 \text{ hp}$$

4.8.4 Selección de motor para tornillo de potencia. Se selecciona el motor mediante el catálogo de motores de la empresa Marathon Electric (imagen 58).

Imagen 58. Motores de ¼ hp

Model	Cat No	Norm Stocked	HP		RPM		Encl	Frame	Mount	Phase	Hertz		Voltage	
			Hz1	Hz2	Hz1	Hz2					Hz1	Hz2		
048A11D245	X262	Y	1/4	1/4	1075	900	DP	48Z	Rigid	1	60	50	208-230	208-230
71T11FH5376	-	Y	1/4	1/4	1200	1000	TEFC	71	B3	3	60	50	230/460	200/400
048A11O1068	X210	Y	1/4	-	1075	-	OPAO	48Y	Three Lug Mount	1	60	-	208-230	-
048A11O2062	X441	Y	1/4	-	1075	-	OPAO	48Z	Extended Studs - Footless	1	60	-	208-230	-
048A11T569	X412	Y	1/4	-	1075	-	TEAO	48Y	Extended Studs - Footless	1	60	-	208-230	-
048A11T2021	X027	Y	1/4	-	1075	-	TEAO	48Y	Extended Studs - Footless	1	60	-	115/230	-
5KH49MN6060	HG182	N	1/4	-	1140	-	TEFC	56	RB	1	60	-	115/230	-

<http://www.marathonelectric.com/MMPS/index.jsp>

Se selecciona el modelo 71T11FH5376 con ¼ hp y 1.200 rpm que va a garantizar el desplazamiento vertical de todo el conjunto.

4.8.5 Selección de acople de motor tornillo de potencia. La selección del acople se realiza de acuerdo al catálogo de la compañía Timken, se selecciona un factor de servicio según la imagen 59 que se multiplica por el torque y se procede a calcular el torque de diseño;

Imagen 59. Selección factor de servicio

Application	Service Factor
<b>Aerators</b>	2.5
<b>Aggregate Processing, Cement, Mining Kilns</b>	
Direct or on Line Shaft of Reducer	
With Final Drive Machined Spur Gears	2.25
With Single Helical or Herringbone Gears	2.0
Crushers, Ore or Stone	2.75
Dryer, Rotary	2.0
Grizzly	2.25
Hammermill or Hog	2.0
Tumbling Mill or Barrel	2.0
<b>Agitators (also see Mixers)</b>	
Vertical, Horizontal, Screw, Propeller, Paddle	1.25
<b>Barge Haul Puller</b>	1.75
<b>Blowers</b>	
Centrifugal	1.5
Lobe or Vane	1.5

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918-673725.html>, pagina 19

$$T_{Dis} = T_{Req} * F.S.$$

$$T_{Dis} = 12,196 \text{ lbf} * \text{pulg} * 1,25$$

$$T_{Dis} = 15,245 \text{ lbf} * \text{pulg}$$

$$T_{Dis} = 15,245 \text{ lbf} * \text{pulg} * \frac{4,448 \text{ N}}{1 \text{ lbf}} * \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}}$$

$$T_{Dis} = 1,722 \text{ Nm}$$

Con el torque de diseño se procede a escoger el acoplamiento tipo quijada con brida en la imagen 60;

Imagen 60. Capacidad par de acoplamiento de flexión

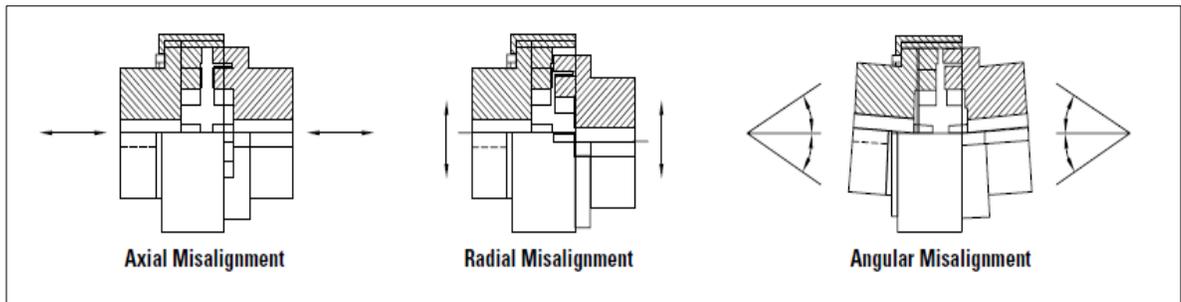
**TABLE 6. QUICK-FLEX COUPLING TORQUE RATINGS WITH HIGH-SPEED COVER (METRIC)**

Coupling Series	Insert Part No.	Insert Color	Continuous Torque	kW Ratings @ Various RPM (Service Factor = 1)									
				50	100	300	600	900	1200	1750	2400	3600	5000
Nm													
QF5	QF5INSERT	Red	43	0.2	0.4	1.3	2.7	4.0	5.4	7.8	10.7	16.1	22.3
	QF5HINSERT	White	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
	QF5BINSERT	Blue	93	0.5	1.0	2.9	5.8	8.7	11.6	17.0	23.3	34.9	48.5
QF15	QF15INSERT	Red	120	0.6	1.3	3.8	7.5	11.3	15.0	21.9	30.1	45.1	62.6
	QF15HINSERT	White	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8
	QF15BINSERT	Blue	234	1.2	2.5	7.4	14.7	22.1	29.5	43.0	58.9	88.4	122.8

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918-673725.html>, página 15

Se selecciona un acople mecánico TIMKEN QF5, con inserto QF5INSERT RED con las siguientes tolerancias;

Imagen 61. Tolerancias



Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918-673725.html>, página 18

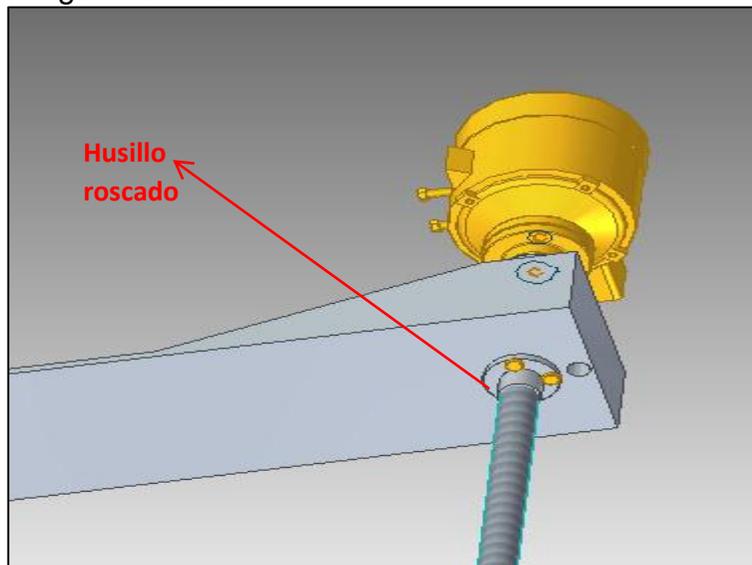
Imagen 62. Tolerancias acoplamiento de desalineación

TABLE 9. QUICK-FLEX COUPLING MISALIGNMENT TOLERANCES			
Coupling Series	Radial Misalignment Tolerance	Axial Misalignment Tolerance	Angular Misalignment Tolerance
	mm in.	mm in.	
QF5	0.51 0.020	1.98 0.078	2°
QF15	0.99 0.039	2.95 0.116	2°

Fuente: <http://pdf.directindustry.es/pdf-en/timken/quick-flex-couplings/4918673725.html>, página 18

4.8.6 Husillo de desplazamiento. Para el movimiento vertical se utilizará un husillo roscado que ira acoplado en las placas de apoyo del conjunto moto reductor eje agitador, el material será bronce fosforado y tendrá la misma rosca del tornillo de potencia, en la imagen 63 se muestra el conjunto con el husillo acoplado.

Imagen 63. Husillo roscado



4.8.7 Esbeltez del tornillo de potencia. El tornillo de potencia en cada extremo estará ajustado por placas de acero estructural que estarán soldadas a la estructura.

Se toma el tornillo como una columna empotrada en los dos extremos y se procede hallar el radio de giro, se calcula el momento de inercia de la sección transversal del tornillo de potencia<sup>1</sup>;

1. [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/inercia/inercia.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/inercia/inercia.htm)

$$I = \frac{\pi * d^4}{64}$$

Donde;

I = momento polar de inercia

d = diámetro del tornillo de potencia

Entonces;

$$I = \frac{\pi * (0,0254m)^4}{64}$$

$$I = 2,04 * 10^{-8}m^4$$

Se calcula el área de sección transversal;

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi * (0,0254m)^2}{4}$$

$$A = 5,067 * 10^{-4}m^2$$

Se procede hallar el radio de giro<sup>1</sup>;

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Donde;

r = radio de giro

I = momento de inercia sección transversal

A = área de sección transversal

---

<sup>1</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

Entonces;

$$r = \sqrt{\frac{2,04 * 10^{-8} m^4}{5,067 * 10^{-4} m^2}}$$

$$r = 6,345 * 10^{-3} m$$

Se calcula la longitud efectiva<sup>1</sup>;

$$Le = k * L$$

Donde;

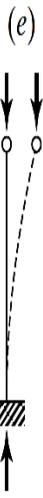
K = factor de columnas

L = longitud de tornillo agitador

Se calcula la constante mediante la imagen 64, se escoge la opción b ya que la carga crítica se va encontrar en la parte superior del tornillo.

Imagen 64. Valor de constante K

Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
						
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0

Diseño de elementos de máquinas, Mott, estructuras página 234

<sup>1</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

Entonces;

$$Le = 0,7 * 1 m$$

$$Le = 0,7 m$$

Se determina la relación de esbeltez<sup>1</sup>;

$$\text{Relacion de esbeltez} = \frac{Le}{r}$$

Donde;

Le = longitud efectiva

r = radio de giro

Entonces;

$$\text{Relacion de esbeltez} = \frac{0,7 m}{6,345 * 10^{-3} m}$$

$$\text{Relacion de esbeltez} = 110,323$$

4.8.8 Carga crítica de pandeo. Se calcula la carga crítica de pandeo mediante la ecuación<sup>2</sup>

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Donde;

P<sub>cr</sub> = carga crítica de pandeo

E = módulo de elasticidad del material

K = factor de columnas

L = longitud de tornillo de potencia

r = radio de giro

---

1,2. Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

Entonces;

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 207 * 10^9 Pa * 5,067 * 10^{-4} m^2}{\left(\frac{0,7 * 1 m}{6,345 * 10^{-3} m}\right)^2}$$

$$P_{cr} = 85.052,71 N$$

4.8.9 Carga admisible. Se calcula la carga admisible mediante la ecuación<sup>1</sup>

$$Pa = \frac{P_{cr}}{F.S}$$

Donde;

Pa = carga admisible

Pcr = carga crítica de pandeo

F.S = factor de seguridad

Entonces;

$$Pa = \frac{85.052,71 N}{2,5}$$

$$Pa = 34.021,084 N$$

Cada placa tendrá un rodamiento de cilindros cónicos, se toma la carga admisible (34.021,084N) y la carga crítica de pandeo (85.052,71 N) se selecciona del catálogo SKF como se muestra en la imagen 65, 2 rodamientos 32005 X/Q.

---

<sup>1</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columna

Imagen 65. Rodamientos de cilindros cónicos SKF

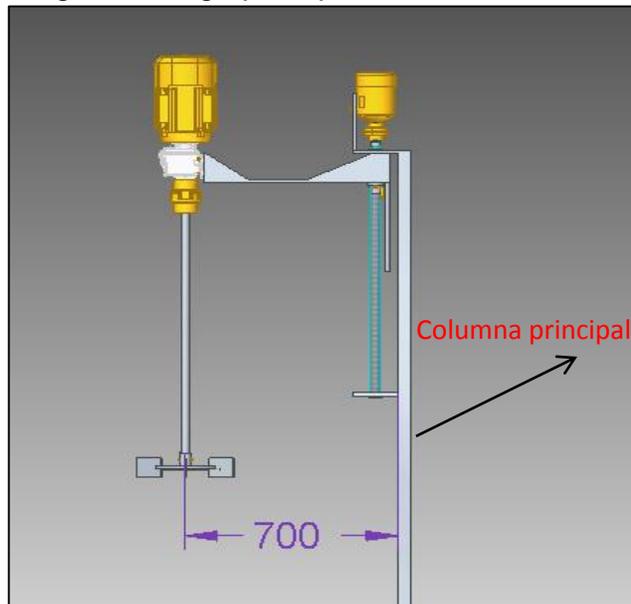
20	52	16.25	34.1	32.5	3.5	11000	14000	30304 J2/Q
20	47	15.25	27.5	28	3	11000	15000	30204 J2/Q
20	42	15	24.2	27	2.6	12000	16000	32004 X/Q
20	52	22.25	44	45.5	5	10000	14000	32304 J2/Q
21.43	45.237	15.492	27.5	31	3.2	11000	17000	LM 12748/710
21.43	50.005	17.526	36.9	38	4.1	16000	16000	M 12649/610/Q
21.986	45.974	15.494	27.5	31	3.2	11000	17000	LM 12749/711/Q
21.986	45.237	15.494	27.5	31	3.2	11000	17000	LM 12749/710/Q
22	44	15	25.1	29	2.8	11000	15000	320/22 X
22.225	52.388	19.368	41.8	44	4.8	15000	15000	1380/1328/Q
25	47	15	27	32.5	3.2	10999.999	13999.999	32005 X/Q
25	62	25.25	60.5	63	7.1	8000	12000	32305 J2
25	62	18.25	38	40	4.4	7500	11000	31305 J2
25	52	19.25	35.8	44	4.6	9499.999	13000	32205 BJ2/Q
25	62	18.25	44.6	43	4.7	9000	12000	30305 J2
25	52	16.25	30.8	33.5	3.4	10000	13000	30205 J2/Q
25	52	22	47.3	56	6	9000	13000	33205/Q

Fuente: <http://www.skf.com/cl/products/bearings-units-housings/rollerbearings>

#### 4.9 ESTRUCTURA

4.9.1 Columna principal. Para el cálculo de la columna principal se toma el peso más crítico que se va ejercer (peso del conjunto moto reductor eje agitador 45 Kg) se toma la distancia medida desde el eje neutro del área transversal de la columna hasta la línea de acción de la carga (700mm) como se muestra en la figura 66.

Imagen 66. Viga principal



Se calcula fuerza ejercida en la viga;

$$P = m * g$$

Donde;

P = fuerza aplicada

w = masa del conjunto

g = aceleración de la gravedad

Entonces;

$$P = 45kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 441,45 N$$

Se toma un perfil estructural cuadrado de 3x3x3 pulgadas, de acero A-36 con E = 207 GPa, Sy= 250 MPa, con una longitud de 2 m, utilizando las propiedades de los aceros estructurales según el catálogo de la empresa colmena (imagen 67) y teniendo en cuenta la fuerza ejercida en la viga se procede hallar el momento y el esfuerzo máximo que se genera en la viga principal.

Imagen 67. Propiedades de perfiles cuadrados

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACION							PROPIEDADES ESTÁTICAS							UNIDADES DE EMPAQUE
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared	PESO		FLEXION			TORSION				
TAMAÑO NOMINAL		REAL			Ninguno	Galvanizado	Momento inercia	Módulo elástico	Radio de Giro	Módulo Plástico	Momento Inercia	Módulo Elástico		
PULGADAS	MILIMETROS	d	h	mm									Kg/m	
1x1	25x25	25,00	25,00	1,50	1,12	1,23	1,42	1,22	0,97	0,92	1,17	2,03	1,48	36
		25,00	25,00	2,00	1,49	1,60	1,90	1,48	1,19	0,88	1,47	2,58	1,82	
		25,00	25,00	2,50	1,80	1,90	2,29	1,69	1,35	0,86	1,71	3,07	2,11	
1 1/2x1 1/2	40x40	40,00	40,00	1,50	1,73	1,90	2,20	5,40	2,75	1,58	3,22	8,77	4,13	25
		40,00	40,00	2,00	2,32	2,49	2,95	6,94	3,47	1,53	4,13	11,36	5,25	
		40,00	40,00	2,50	2,81	2,98	3,58	8,22	4,11	1,52	4,97	13,79	6,25	
2x2	50x50	50,00	50,00	1,50	2,29	2,53	2,92	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,66	25
		50,00	50,00	2,00	3,04	3,31	3,87	14,15	5,66	1,91	6,66	22,73	8,53	
		50,00	50,00	2,50	3,76	3,97	4,79	16,94	6,78	1,88	8,07	27,75	10,26	
2 3/8x2 3/8	60x60	60,00	60,00	1,50	2,67	2,94	3,39	19,52	6,51	2,40	7,53	30,53	9,78	25
		60,00	60,00	2,00	3,63	3,86	4,63	25,14	8,38	2,33	9,79	39,91	12,61	
		60,00	60,00	2,50	4,37	4,63	5,56	30,34	10,11	2,34	11,93	48,92	15,26	
2 3/4x2 3/4	70x70	70,00	70,00	1,50	3,20	3,54	4,08	31,46	8,99	2,78	10,36	48,89	13,50	16
		70,00	70,00	2,00	4,32	4,65	5,50	40,73	11,64	2,72	13,52	64,10	17,50	
		70,00	70,00	2,50	5,26	5,59	6,70	49,41	14,12	2,72	16,54	78,79	21,27	
3x3	75x75	75,00	75,00	3,00	6,35	-	8,41	71,62	19,10	2,92	27,49	115,14	38,81	16
		75,00	75,00	4,00	8,35	-	10,95	90,19	24,05	2,87	28,76	148,83	36,48	
		75,00	75,00	5,00	10,30	-	13,36	106,33	28,35	2,82	34,46	180,41	43,33	
4 1/2x3 1/2	90x90	90,00	90,00	2,00	5,58	6,01	7,11	88,86	19,75	3,54	22,78	138,32	29,66	9
		90,00	90,00	2,50	6,81	7,23	8,68	108,55	24,12	3,54	28,00	170,65	36,27	
		90,00	90,00	3,00	8,03	8,45	10,23	127,28	28,29	3,53	33,04	202,14	42,59	
4x4	100x100	100,00	100,00	2,00	6,07	-	7,74	123,01	24,60	3,99	28,30	190,75	36,94	9
		100,00	100,00	2,50	7,53	-	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	
		100,00	100,00	3,00	8,96	-	11,41	177,05	35,41	3,94	41,21	279,48	53,27	
4x4	100x100	100,00	100,00	4,00	11,73	-	14,95	226,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	9
		100,00	100,00	5,00	14,97	-	18,36	271,10	54,22	3,84	64,59	444,62	82,14	
		100,00	100,00	6,00	17,88	-	21,63	311,47	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	

Fuente: Catalogo perfiles estructurales tubos colmena

4.9.1.1 Momento máximo. El momento máximo es el que se genera en el centro de la columna, para determinarlo se utiliza la fórmula de la secante<sup>1</sup> para momento;

$$M = P * e * \sec\left(\sqrt{\frac{P}{E * I}} * \frac{L}{2}\right)$$

Donde;

M = momento máximo

P = fuerza aplicada

e = excentricidad de la carga

E = módulo de elasticidad del material

I = momento polar de inercia

L = longitud de la columna

Se toma el momento polar de inercia de la imagen 67;

$$I = 71,62cm^4 * \left(\frac{1m}{100cm}\right)^4$$

$$I = 7,162 * 10^{-7}m^4$$

Entonces;

$$M = 441,45 \text{ N} * 0,7m * \sec\left(\sqrt{\frac{441,45}{(207 * 10^9 Pa) * (7,162 * 10^{-7}m^4)}} * \frac{2m}{2}\right)$$

$$M = 309,015 \text{ Nm}$$

4.9.1.2 Esfuerzo máximo. Al igual que el momento máximo el esfuerzo máximo se encuentra en la mitad de la columna, para determinarlo se utiliza la fórmula de la secante para esfuerzo<sup>2</sup>;

$$\sigma_{\max} = \frac{P}{A} * \left[ 1 + \frac{e * c}{r^2} * \sec\left(\frac{L}{2 * r} * \sqrt{\frac{P}{E * A}}\right) \right]$$

<sup>1,2</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

Donde;

$\sigma_{max}$  = esfuerzo máximo

P = fuerza aplicada

A = área sección transversal

$\frac{e*c}{r^2}$  = relación de excentricidad del material

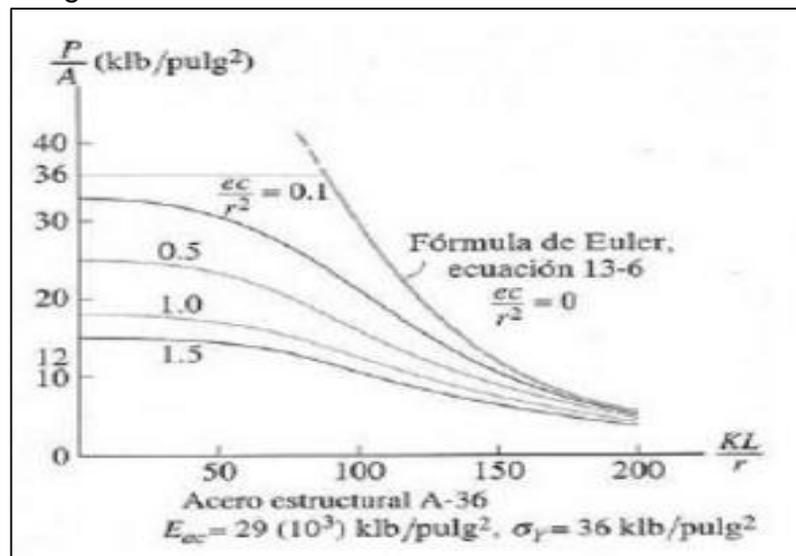
L = longitud de la columna

r = radio de giro

E = módulo de elasticidad del material

$\frac{e*c}{r^2}$  Es una constante que se determina mediante la imagen 68;

Imagen 68. Relación de excentricidad



Fuente: Mecánica de materiales, R.C Hibbeler pag 693

Los factores A y r se toman de la imagen 68;

$$A = 8,41 \text{ cm}^2 * \left(\frac{1\text{m}}{100\text{cm}}\right)^2$$

$$A = 8,41 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$r = 2,92 \text{ cm}$$

$$r = 0,0292 \text{ m}$$

Entonces;

$$\sigma_{\max} = \frac{441,45N}{8,41 * 10^{-4}m^2} * \left[ 1 + 1,5 * \sec\left(\frac{2}{2 * 0,0292m} * \sqrt{\frac{441,45N}{(207 * 10^9Pa) * (8,41 * 10^{-4}m^2)}}\right) \right]$$

$$\sigma_{\max} = 1'312.277,051 Pa$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{F.S}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{205 * 10^6 Pa}{2,5}$$

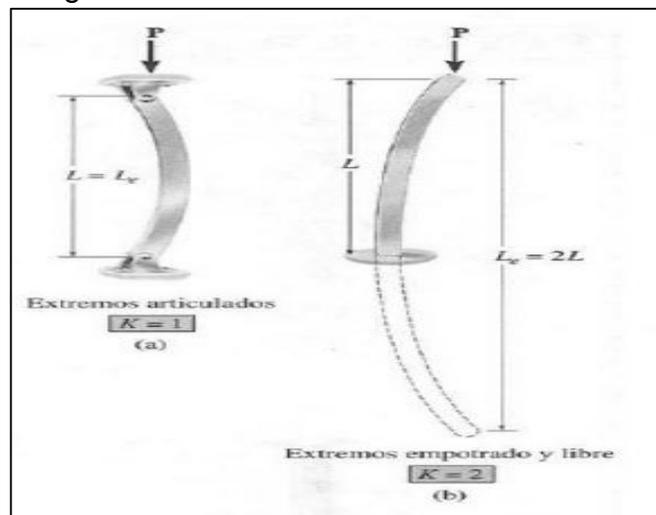
$$\sigma_{adm} = 82'000.000 Pa$$

$$1'312.277,051 Pa \leq 82'000.000 Pa \text{ (si cumple)}$$

4.9.1.3 Esbeltez de la columna. Se determina la relación de esbeltez<sup>1</sup> determinando K de la imagen 69;

$$\text{Relacion de esbeltez} = \frac{K * L}{r}$$

Imagen 69. Constante K



Mecanica de materiales, R.C Hibbeler pag 693

<sup>1</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

Donde;

K = constante columnas

L = longitud efectiva

r = radio de giro

Entonces;

$$\text{Relacion de esbeltez} = \frac{2 * 2m}{0,0292 m}$$

$$\text{Relacion de esbeltez} = 136,986$$

4.9.1.4 Carga crítica de pandeo. Se calcula mediante la ecuación de columnas largas de euler<sup>1</sup>;

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

Donde;

P<sub>cr</sub> = carga crítica de pandeo

E = módulo de elasticidad del material

K = factor de columnas

L = longitud de tornillo de potencia

r = radio de giro

Entonces;

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 207 * 10^9 Pa * 8,41 * 10^{-4} m^2}{\left(\frac{2 * 2m}{0,0292 m}\right)^2}$$

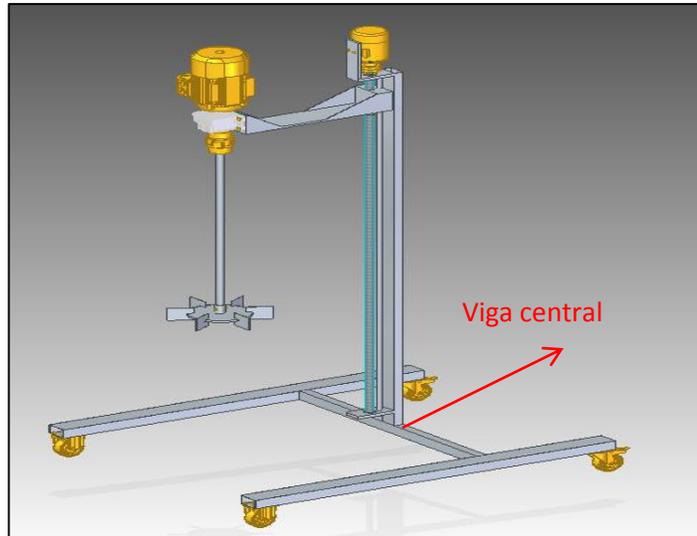
$$P_{cr} = 91561,27 N$$

---

<sup>1</sup> Mecanica de materiales, R.C Hibbeler, Columnas

4.9.2 Viga central. Para el cálculo de la viga central (imagen 70) se adiciona al peso del conjunto moto reductor eje agitador placas, el peso del conjunto del tornillo de potencia (rodamientos, motor, eje guía, tornillo de potencia, caja de mandos) y el peso de la columna principal, para efectos de diseño se toma la masa aproximada de 90 kg.

Imagen 70. Viga central



$$P = m * g$$

Donde;

P = fuerza aplicada en la estructura

m = masa del conjunto

g = aceleración de la gravedad

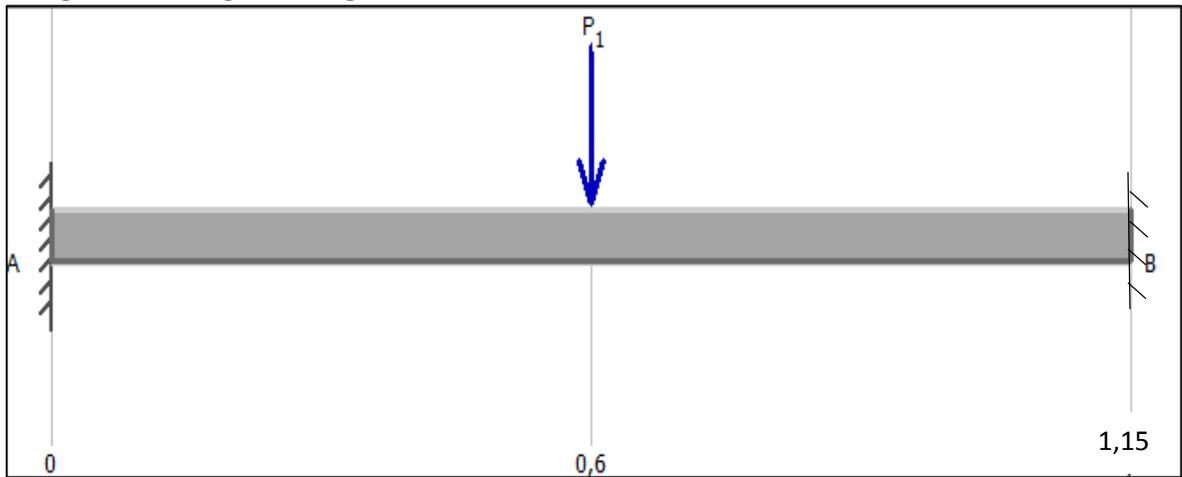
Entonces;

$$P = 90kg * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 882,9 \text{ N}$$

Se toma un perfil estructural cuadrado de 3x3x3 pulgadas, de acero A-36 con  $E = 207 \text{ GPa}$ ,  $S_y = 250 \text{ MPa}$ , con una longitud de 1,15 m, utilizando las propiedades de los aceros estructurales según el catálogo de la empresa colmena (imagen 67) y teniendo en cuenta la fuerza ejercida en la viga se procede hallar la fuerza cortante y el momento máximo en la columna central (imagen 71).

Imagen 71. Diagrama viga central



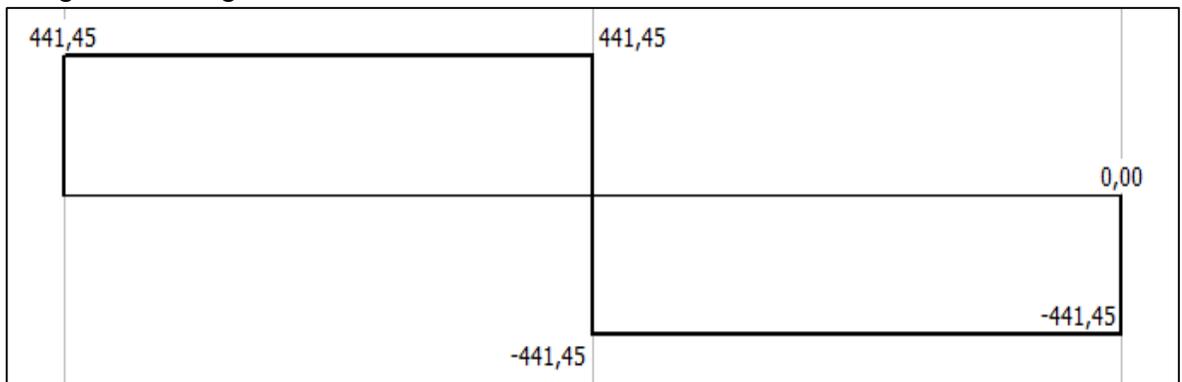
4.9.2.1 Fuerza cortante. La fuerza cortante es determinada mediante la ecuación<sup>1</sup> y se grafica en la imagen 72;

$$V = \frac{P}{2}$$

$$V = \frac{882,9N}{2}$$

$$V = 441,45 N$$

Imagen 72. Diagrama cortante



<sup>1</sup> Mecánica de materiales, R.C. Hibbeler, Flexion, pag 266

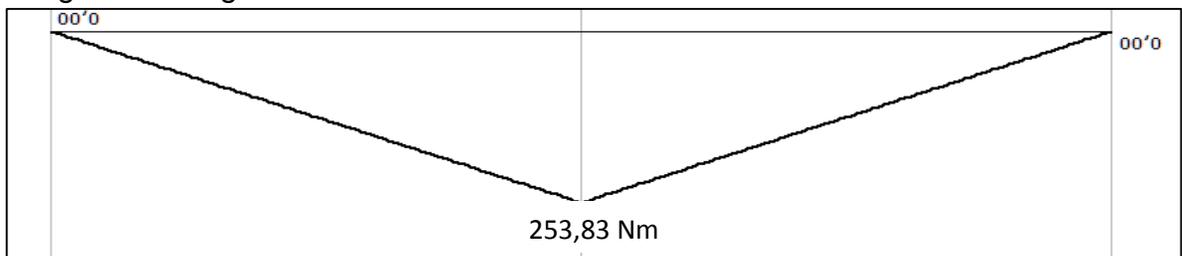
4.9.2.2 Momento máximo. El momento máximo se determina mediante la ecuación<sup>1</sup> y se grafica en la imagen 73;

$$M = \frac{P * L}{8}$$

$$M = \frac{882,9N}{2} * \frac{1,15m}{2}$$

$$M = 253,83 Nm$$

Imagen 73. Diagrama de momento máximo



4.9.2.3 Deflexión máxima. La deflexión máxima<sup>2</sup> se determina mediante la ecuación;

$$Y_{max} = \frac{P * L^3}{48 * E * I}$$

Donde;

P = fuerza aplica en la estructura

E= módulo de elasticidad

I = momento de inercia de la sección transversal

L = longitud de la viga

Entonces;

$$Y_{max} = \frac{882,9N * 1,15m^3}{48 * (207 * 10^9Pa) * (7,162 * 10^{-7}m^4)}$$

$$Y_{max} = 1,887 * 10^{-4}m = 0,1887 mm$$

<sup>1,2</sup> Diseño de Maquinas; Robert Mott apéndice 14 deflexion en vigas pag A-18

#### 4.9.2.4 Esfuerzo a flexión máximo.

$$\sigma_{max} = \frac{M * c}{I}$$

Donde;

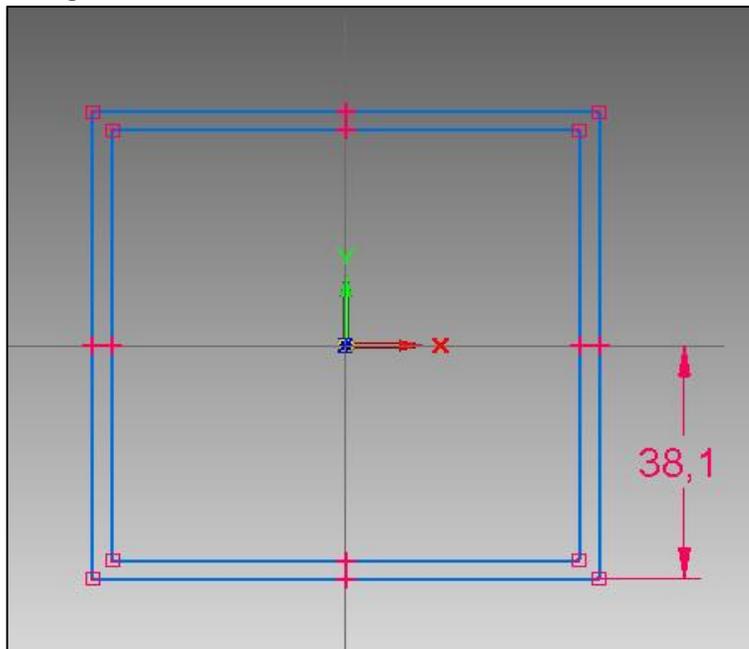
M = momento máximo

c = centroide

I = momento polar de inercia

El centroide de la sección transversal se muestra en la imagen 74;

Imagen 74. Centroide sección transversal



Entonces;

$$\sigma_{max} = \frac{253,83Nm * 0,0381}{7,162 * 10^{-7}m^4}$$

$$\sigma_{max} = 13'503.103,88 Pa$$

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{F.S}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{205 * 10^6 Pa}{2,5}$$

$$\sigma_{adm} = 82'000.000 Pa$$

$$13'503.103,88 Pa \leq 82'000.000 Pa \text{ (si cumple)}$$

4.9.2.5 Esfuerzo cortante máximo. Se determina mediante la ecuación<sup>1</sup> del esfuerzo cortante promedio, T es el par torsional que se ejerce en la sección transversal, el cual es momento máximo determinado en la columna principal.

$$\tau_{prom} = \frac{T}{2 * t * A}$$

Donde;

T = par torsional interno

t = espesor de pared

A = área de sección transversal

Entonces;

$$\tau_{prom} = \frac{309,015Nm}{2 * 0,003m * 8,41 * 10^{-4}m^2}$$

$$\tau_{prom} = 61'239.595,72Pa$$

$$\tau_y = 0,577 * S_y$$

$$\tau_y = 0,577 * 205 * 10^6 Pa$$

$$\tau_y = 118'285.000 Pa$$

$$61'239.595,72Pa \leq 118'285.000 Pa \text{ (si cumple)}$$

---

<sup>1</sup> Diseño de Maquinas; Norton, Flexión

4.9.3 Cálculo soldadura de columna principal y viga central (imagen 75). Para hallar la soldadura se toma la información de la imagen 76 y se procede hallar el área de la garganta. Según la información de perfil estructural se dice que  $b = d = 3$  pulgadas, y la altura de la garganta será igual al espesor de pared del perfil (0,003m).

Imagen 75. Soldadura

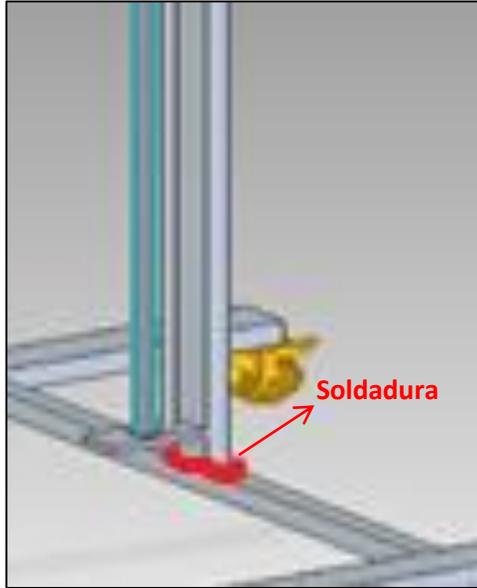
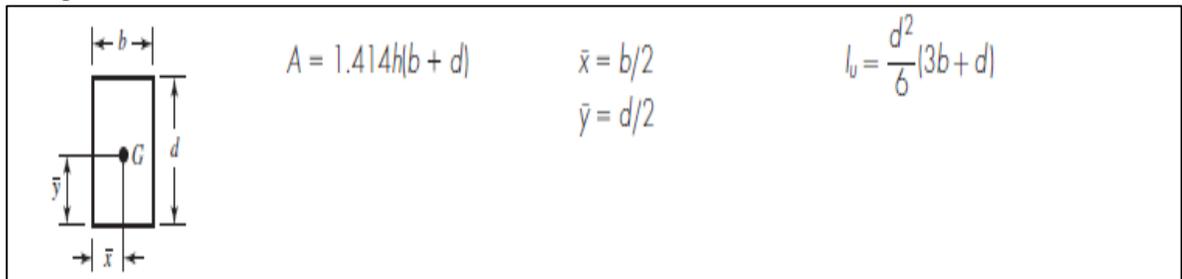


Imagen 76. Dimensión de cordón de soldadura



Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 470

$$A = 1,414 * h * (b + d)$$

Donde;

- A = área de la garganta
- h = altura de filete soldadura
- d = Ancho de perfil
- b = altura de perfil

Entonces;

$$A = 1,414 * 0,003 \text{ m} * (0,0762\text{m} + 0,0762\text{m} )$$

$$A = 6,465 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

4.9.3.1 Esfuerzo cortante primario. Con el valor A se procede a calcular el esfuerzo cortante primario en la soldadura que es producido por la fuerza que se ejerce debido al peso (90 Kg)

$$\tau' = \frac{m * g}{A}$$

Donde;

$\tau'$  = esfuerzo cortante primario

m = masa conjunto moto reductor eje agitador

g = aceleración de la gravedad

A = área de la garganta

Entonces;

$$\tau' = \frac{90\text{kg} * 9,81 \text{ m/s}^2}{6,465 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 1'365.661,253 \text{ Pa}$$

Para calcular el esfuerzo producido por la flexión se debe calcular el segundo momento unitario de área de la siguiente manera;

$$Iu = \frac{d^2}{6} * (3b + d)$$

Donde;

Iu = Segundo momento unitario de área

d = ancho de perfil

Entonces;

$$Iu = \frac{0,0762^2}{6} * (3 * 0,0762\text{m} + 0,0762\text{m})$$

$$Iu = 2,95 * 10^{-4} \text{ m}^4$$

Con el momento unitario de área se calculará el segundo momento de área<sup>15</sup> de la siguiente manera;

$$I = 0,707 * h * I_u$$

$$I = 0,707 * 0,003m * 2,95 * 10^{-4} m^4$$

$$I = 6,257 * 10^{-7} m^4$$

4.9.3.2 Esfuerzo cortante producido por flexión. Con el segundo momento de área y el momento máximo que se produce en la columna principal (309,015 Nm), se determinara el esfuerzo cortante producido por la flexión de la siguiente manera;

$$\tau'' = \frac{M * d/2}{I}$$

Donde;

$\tau''$  = Esfuerzo cortante a flexión

$I$  = Segundo momento de área

$d$  = ancho de placa

$M$  = Momento máximo

Entonces;

$$\tau'' = \frac{309,015 Nm * 0,0762 m/2}{6,257 * 10^{-7} m^4}$$

$$\tau'' = 18'816.479,94 Pa$$

Como en la viga se producen esfuerzos de flexión y aplastamiento se calcularán los esfuerzos permisibles con la imagen 77, y se corroborara que sean mayores a los ya calculados, el esfuerzo a tensión ( $S_y = 205 MPa$ )

Imagen 77. Esfuerzos permisibles del código AISC

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	$n^*$
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}$	

Fuente: Diseño en ingeniería mecánica de shigley, Soldaduras Pag 472



$$A = 1,414 * h * (b + d)$$

Donde;

A = área de la garganta  
h = altura de filete soldadura  
d = Ancho de perfil  
b = altura de perfil  
Entonces;

$$A = 1,414 * 0,003 \text{ m} * (0,0762\text{m} + 0,0762\text{m} )$$

$$A = 6,465 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

4.9.4.1 Esfuerzo cortante primario. Con el valor A se procede a calcular el esfuerzo cortante primario en la soldadura que es producido por la fuerza que se ejerce debido al peso del conjunto, la columna principal y la viga central (98 Kg)

$$\tau' = \frac{m * g}{A}$$

Donde;

$\tau'$  = esfuerzo cortante primario  
m = peso conjunto moto reductor eje agitador  
g = aceleración de la gravedad  
A = área de la garganta

Entonces;

$$\tau' = \frac{98\text{kg} * 9,81 \text{ m/s}^2}{6,465 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 1'478.053,364 \text{ Pa}$$

Se calcula el esfuerzo permisible por cortante;

$$\tau_{perm} = 0,3 * 205 * 10^6 \text{ Pa}$$

$$\tau_{perm} = 61'500.000 \text{ Pa}$$

$$1'365.661,253 \text{ Pa} \leq 61'500.000 \text{ Pa}(\text{cumple})$$

Se calcula el esfuerzo permisible por flexión;

$$\tau_{perm} = 0,66 * 205 * 10^6 Pa$$

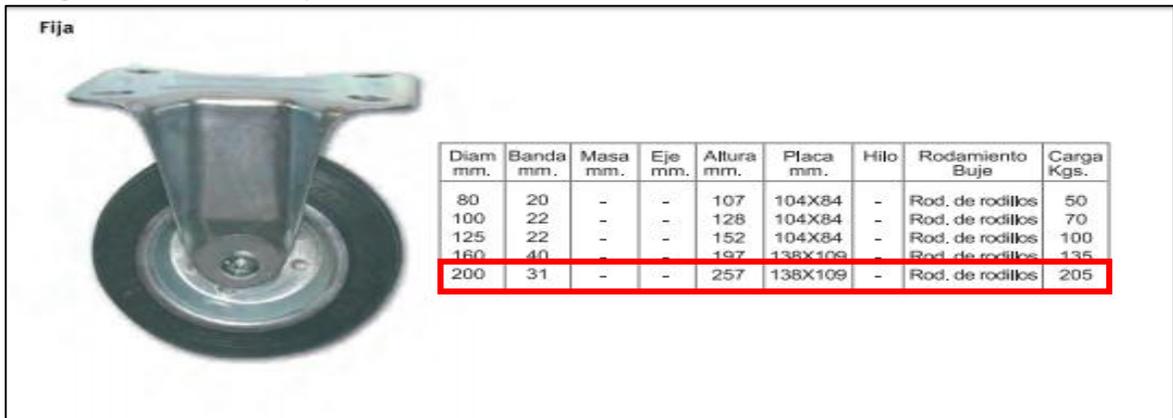
$$\tau_{perm} = 135'300.000 Pa$$

$$1'478.053,364 Pa \leq 135'300.000 Pa \text{ (cumple)}$$

#### 4.10 SELECCIÓN DE RUEDAS

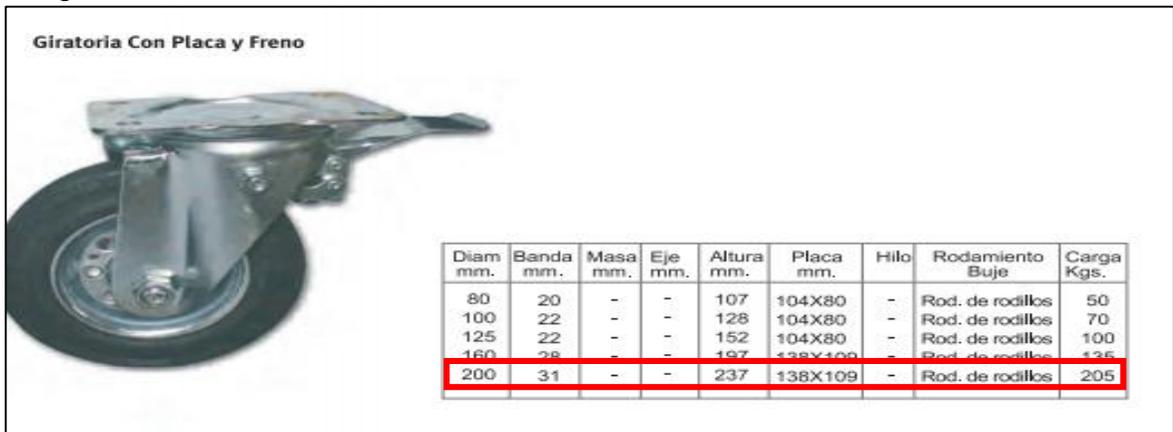
Para el movimiento de la estructura, teniendo en cuenta la masa total de la máquina, se seleccionan 4 ruedas fijas (imagen 79) dos de ellas con freno (imagen 80) para mayor seguridad, se seleccionan del catálogo DAPDUCASSE de ruedas industriales.

Imagen 79. Ruedas fijas



Fuente: [http://www.dapducasse.cl/medios/revistas\\_catalogos/Catalogo\\_ruedas.pdf](http://www.dapducasse.cl/medios/revistas_catalogos/Catalogo_ruedas.pdf)

Imagen 80. Ruedas con freno



Fuente: [http://www.dapducasse.cl/medios/revistas\\_catalogos/Catalogo\\_ruedas.pdf](http://www.dapducasse.cl/medios/revistas_catalogos/Catalogo_ruedas.pdf)

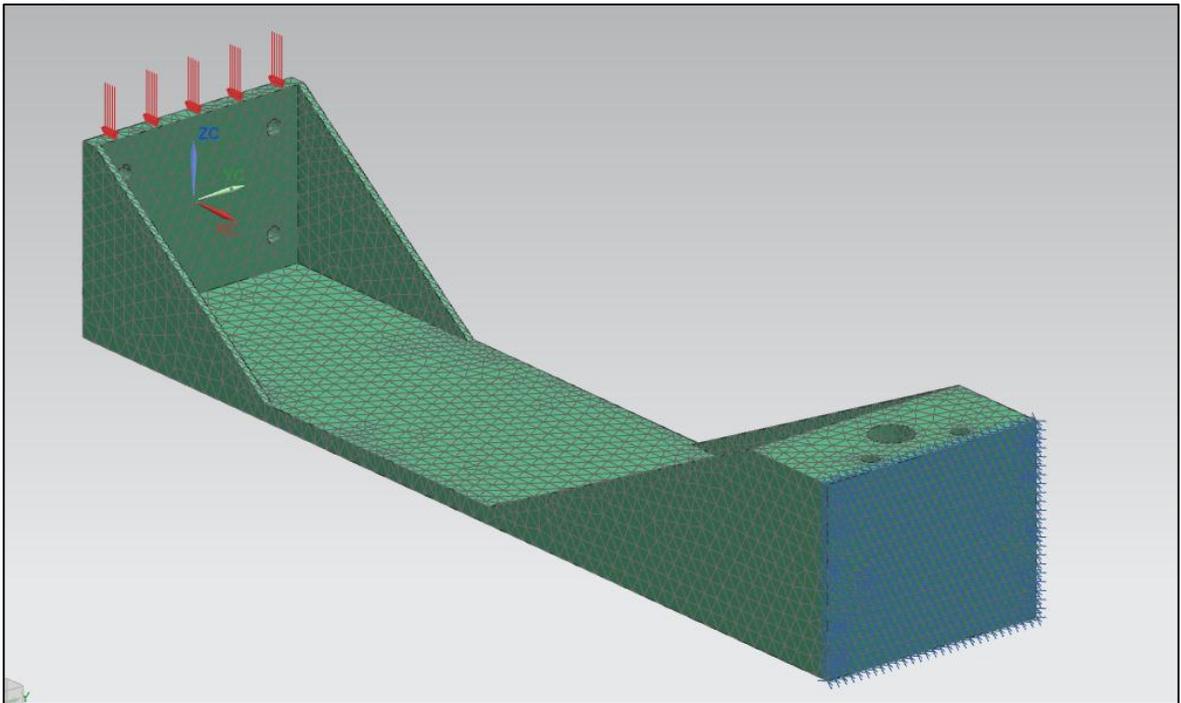
## 5. SIMULACIÓN Y EVALUACIÓN POR MEF

Para el desarrollo de este capítulo se utilizó el programa siemens NX el cual realiza dichas simulaciones mediante el análisis de elementos finitos. Estas simulaciones se realizaron bajo condiciones de trabajo pesado y condiciones extremas.

### 5.1 EVALUACIÓN PLACAS DE SOPORTE

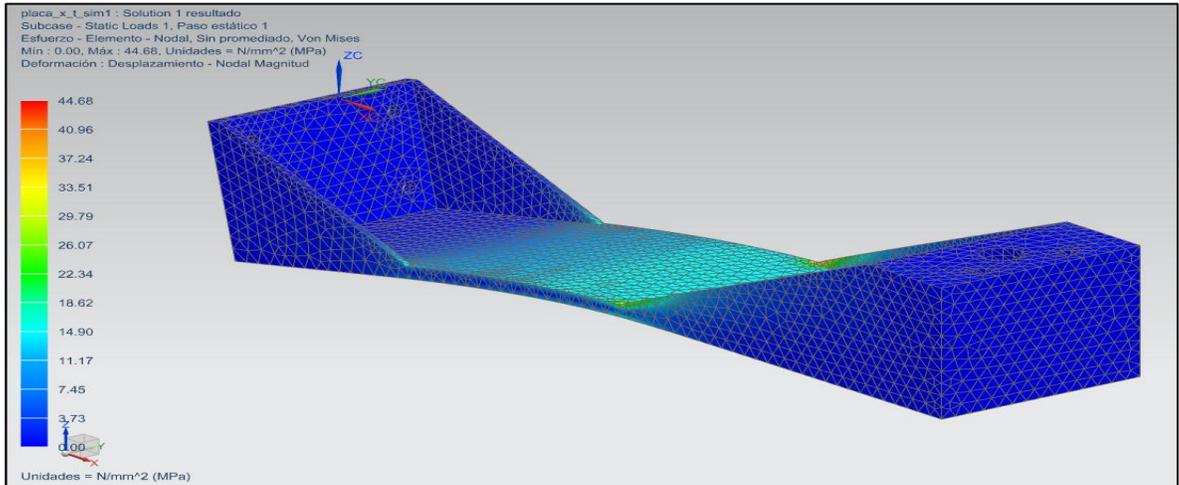
Para realizar la evaluación, se empotra en el extremo derecho según se observa en la imagen 81 ya que las placas van a estar sujetas en la estructura de apoyo y en el extremo izquierdo se aplica una fuerza de 441,45 N la cual es el peso del conjunto del motoreductor y el eje agitador.

Imagen 81. Fuerzas aplicadas en las placas de soporte



5.1.1 Esfuerzo máximo de placas de soporte. En la imagen 82 se muestra el esfuerzo máximo que es ejercido en las placas de soporte, como el material de las placas es acero estructural A-36  $\sigma_{perm} = 250$  MPa entonces;

Imagen 82. Esfuerzo máximo placas



El esfuerzo máximo es de 44,68 MPa, se procede hallar el factor de seguridad

$$\sigma_{VM} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

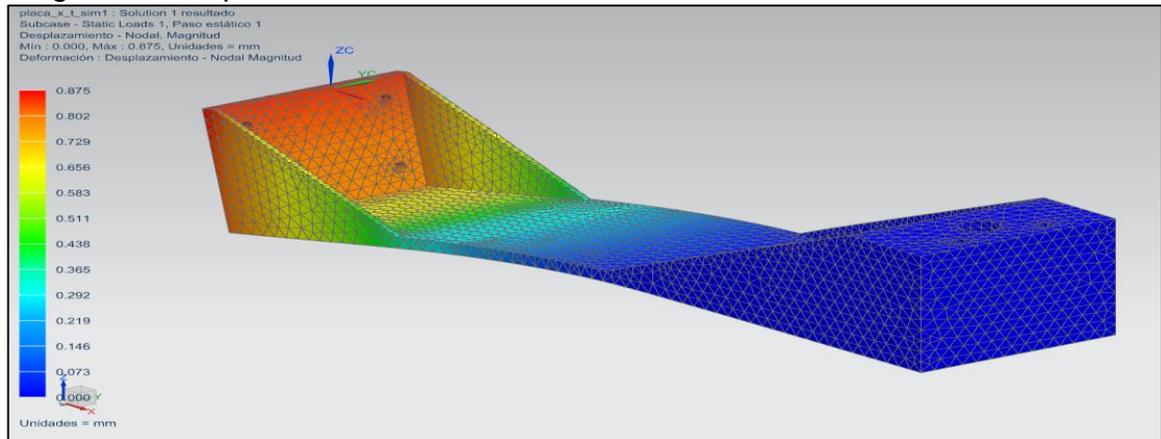
$$F.S = \frac{250 \text{ MPa}}{44,68 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 5,595 \text{ (cumple)}$$

Esto quiere decir que las dimensiones de las placas y el material son los correctos ya que soportarían aproximadamente 5,5 veces la carga crítica aplicada.

En la imagen 83 se muestra el desplazamiento máximo de las placas que es de 0,875 mm

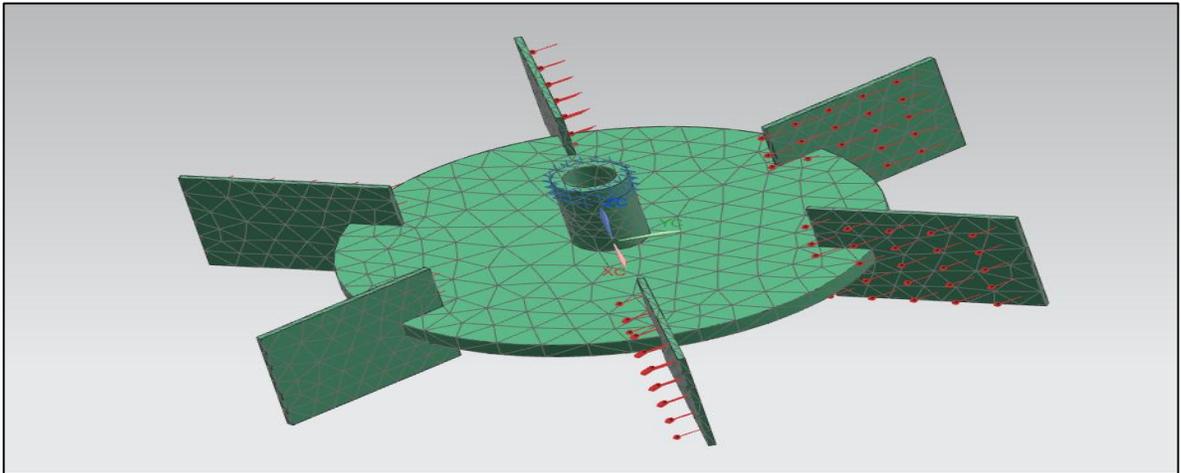
Imagen 83. Desplazamiento máximo



## 5.2 EVALUACIÓN PALAS DE AGITACIÓN

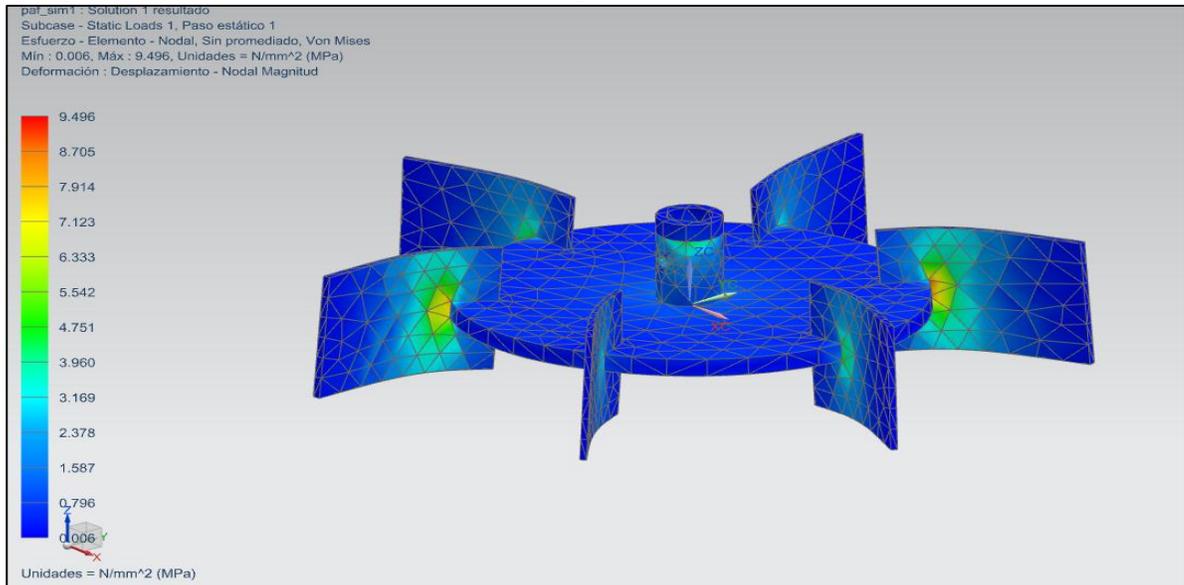
Para realizar la evaluación en la imagen 84 se muestra la distribución de las cargas, se empotra en el extremo superior ya que es donde se encuentran sujetadas las palas de agitación y en la parte plana de cada pala se aplica una fuerza de 172,12 N.

Imagen 84. Fuerzas aplicadas en las palas de agitación



5.2.1 Esfuerzo máximo de palas de agitación. En la imagen 85 se muestra el esfuerzo máximo que es ejercido en las palas de agitación, como el material de las palas es acero inoxidable 304  $\sigma_{perm} = 241$  MPa entonces;

Imagen 85. Esfuerzo máximo palas de agitación



El esfuerzo máximo es de 9,496 MPa, se procede hallar el factor de seguridad

$$\sigma_{vm} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

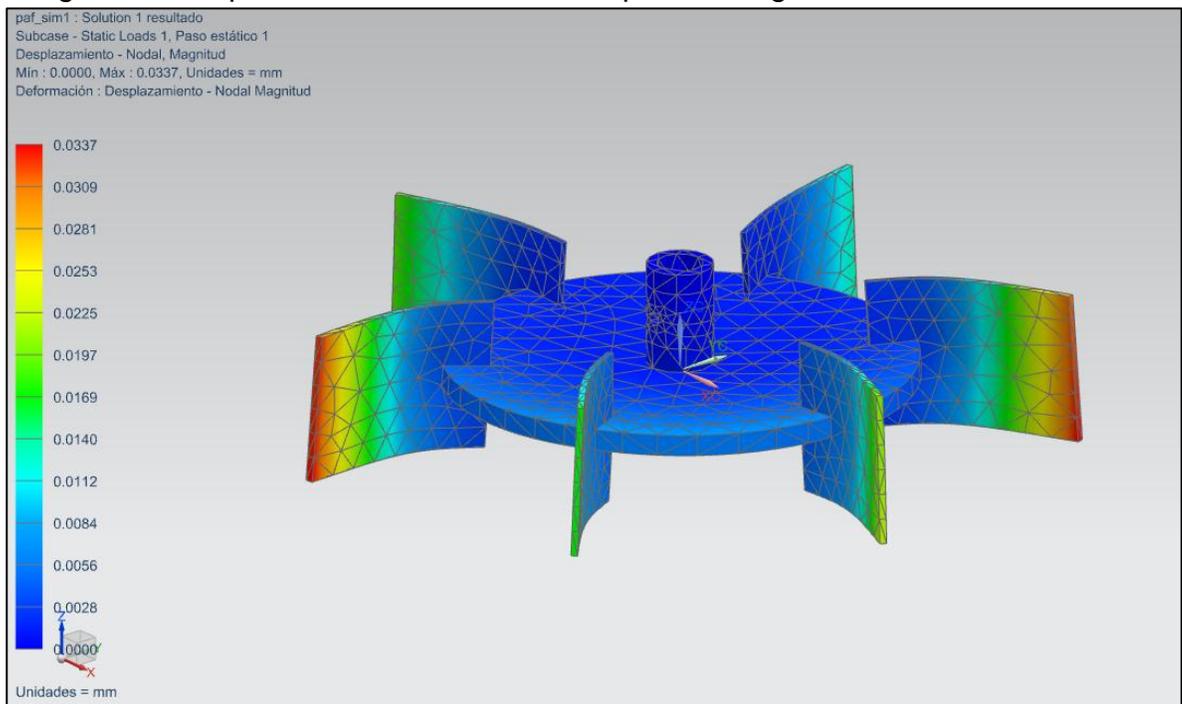
$$F.S = \frac{241 \text{ MPa}}{9,496 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 25,38 \text{ (cumple)}$$

Esto quiere decir que el diseño de las palas y el material son los correctos ya que soportarían aproximadamente 25,38 veces la carga crítica aplicada.

En la imagen 86 se muestra el desplazamiento máximo de las palas que es de 0,03337 mm

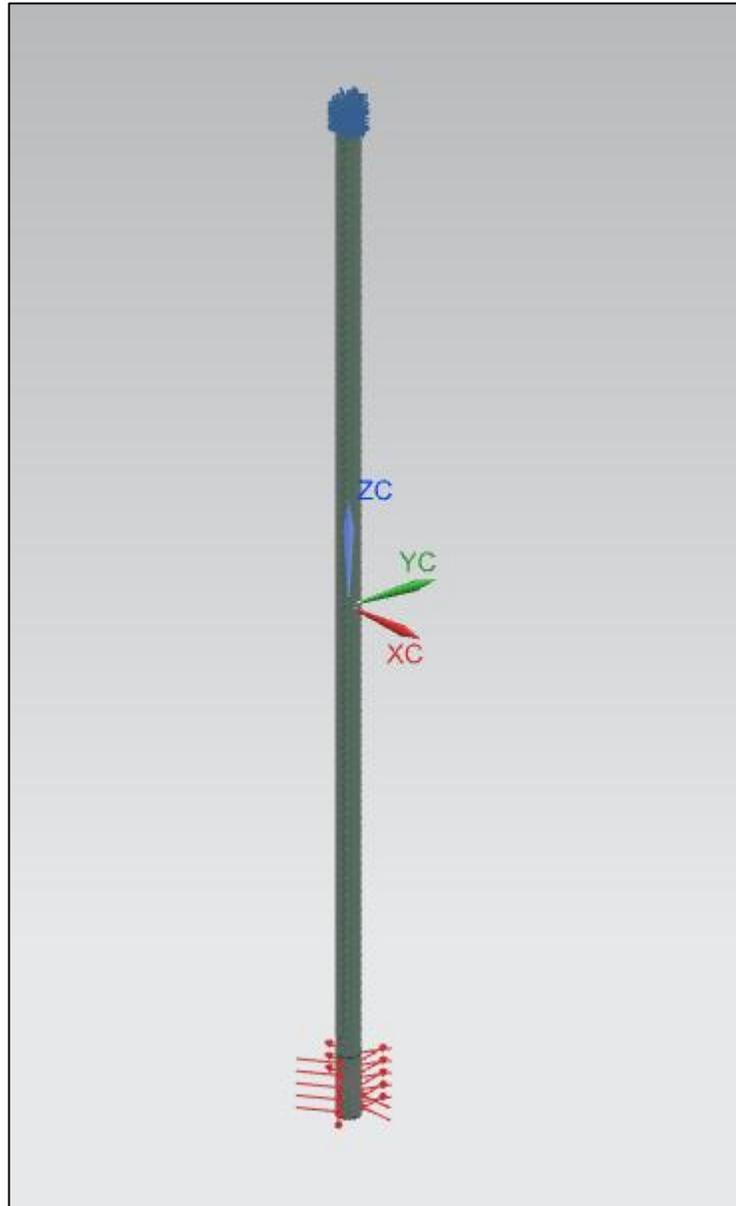
Imagen 86. Desplazamiento máximo de las palas de agitación



### 5.3 EVALUACIÓN EJE AGITADOR

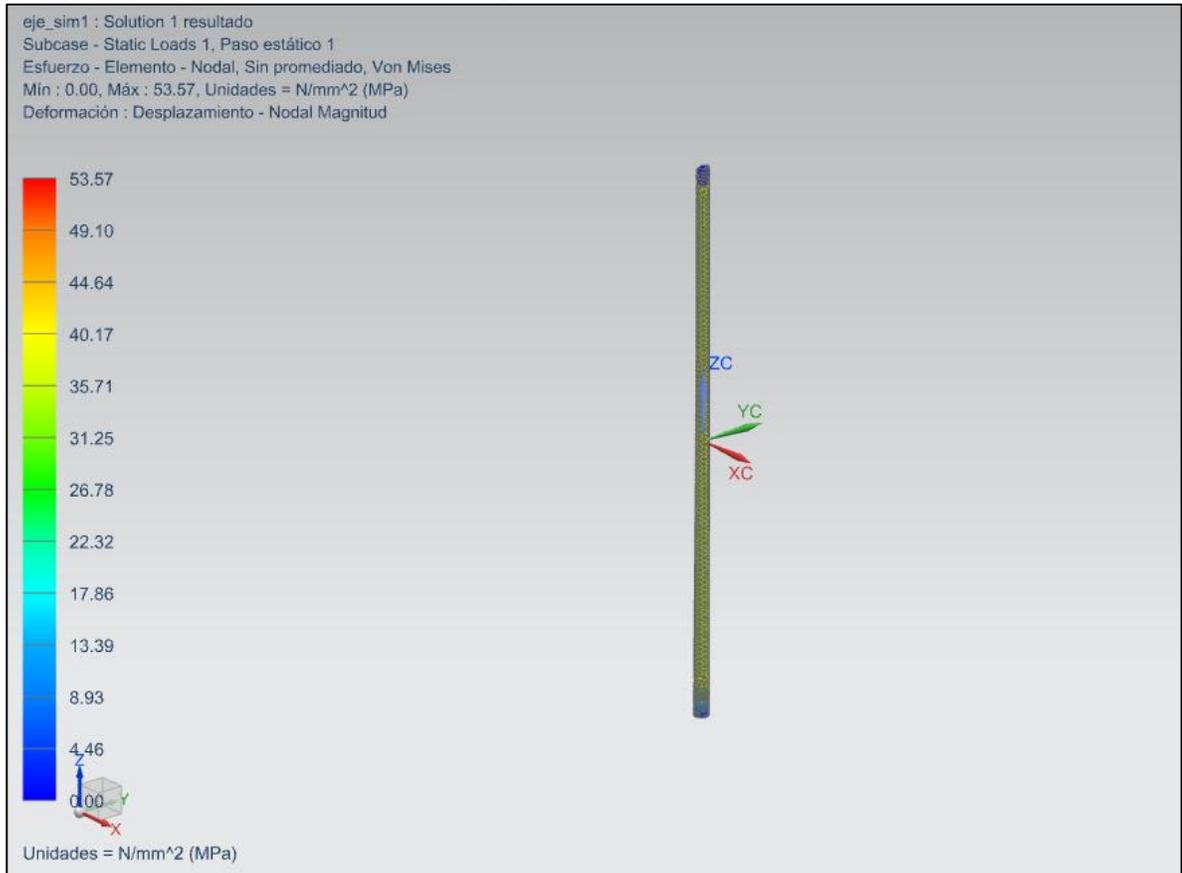
Para realizar la evaluación en la imagen 87 se muestra la distribución de las cargas, se empotra en el extremo superior ya que es donde se encuentra sujeto el eje agitador al acople del moto reductor y en la parte inferior del eje se aplica una fuerza de 172,12 N, fuerza ejercida por las palas.

Imagen 87. Fuerzas aplicadas en el eje agitador



5.3.1 Esfuerzo máximo en eje de agitación. En la imagen 88 se muestra el esfuerzo máximo que es ejercido en el eje agitador, como el material de las palas es acero inoxidable 304  $\sigma_{perm} = 241 \text{ MPa}$  entonces,

Imagen 88. Esfuerzo máximo eje agitador



El esfuerzo máximo es de 53,57 MPa, se procede hallar el factor de seguridad

$$\sigma_{VM} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

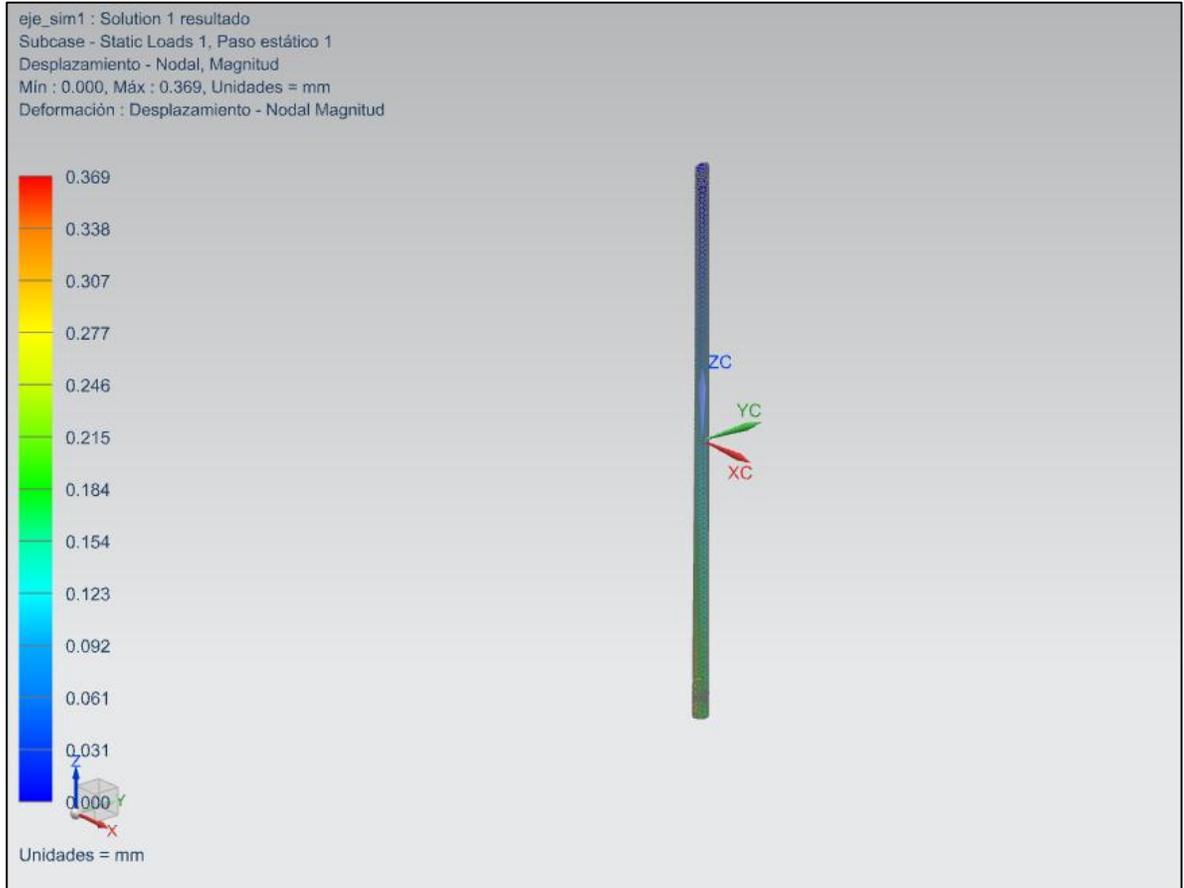
$$F.S = \frac{241 \text{ MPa}}{53,57 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 4,499 \text{ (cumple)}$$

Esto quiere decir que el diseño del eje agitador y el material son los correctos ya que soportarían aproximadamente 4,5 veces la carga crítica aplicada.

En la imagen 89 se muestra el desplazamiento máximo del eje agitador que es de 0,369 mm

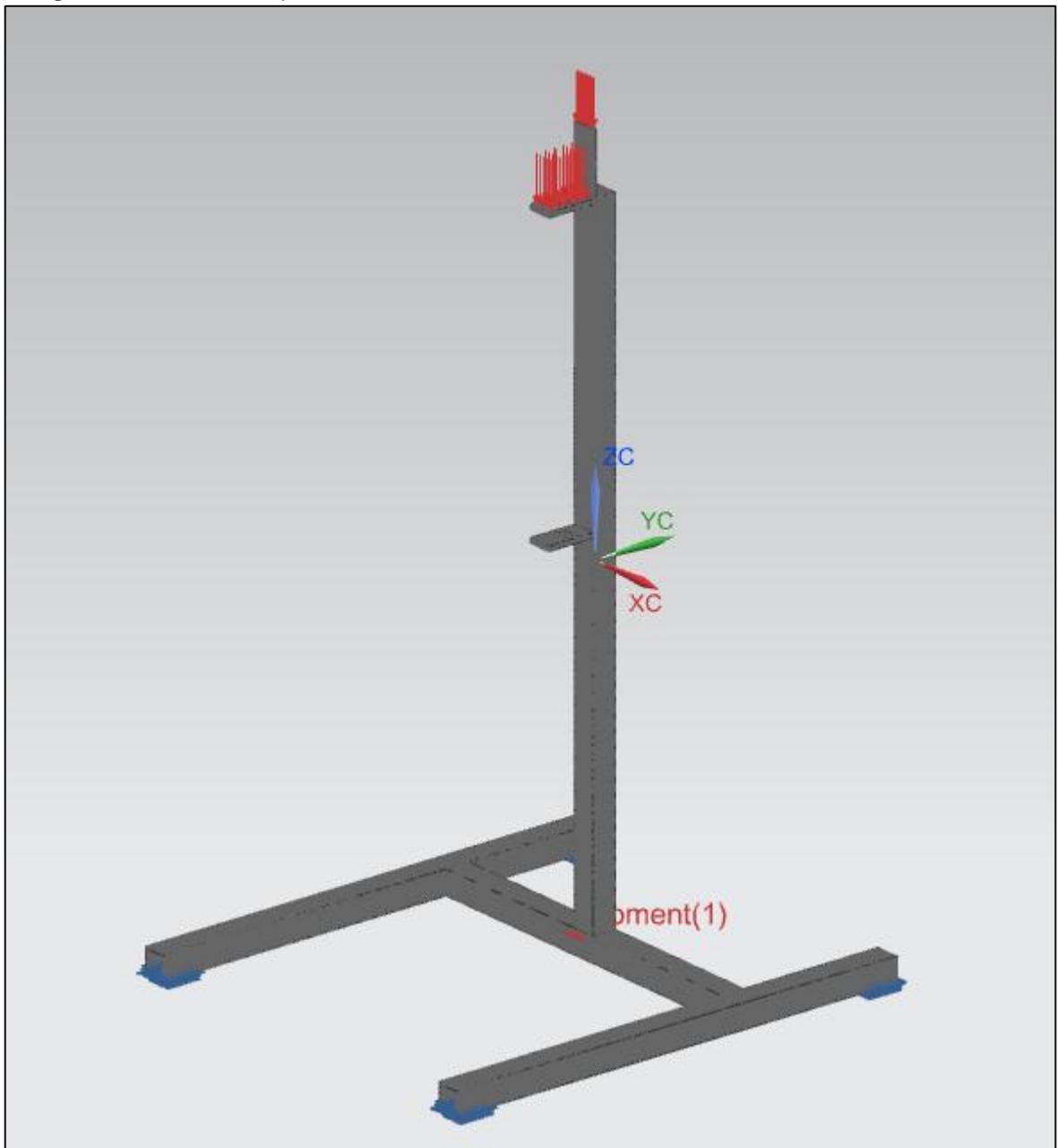
Imagen 89. Desplazamiento máximo eje agitador



#### 5.4 EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

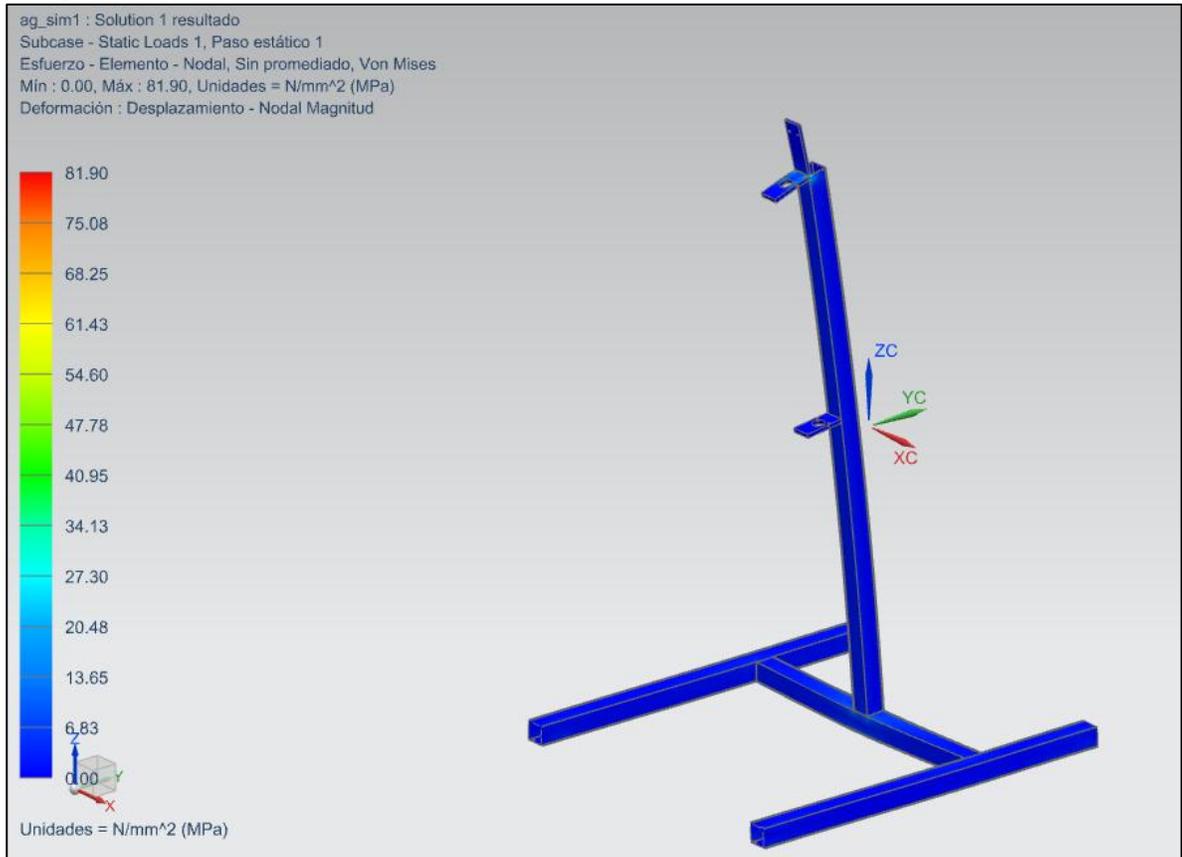
Para realizar la evaluación, se empotra la estructura en el espacio donde van montadas las ruedas, se aplica la fuerza crítica de 441,45 N que es ejercida en el extremo de las placas de soporte por lo que se traslada a la parte superior de la estructura utilizando el momento de 309,015 Nm que es producido por esta fuerza (imagen 90).

Imagen 90. Fuerzas aplicadas en la estructura



5.4.1 Esfuerzo máximo de la estructura. En la imagen 91 se muestra el esfuerzo máximo que es ejercido en la estructura, como el material de la estructura es acero estructural A-36  $\sigma_{perm} = 250 \text{ MPa}$  entonces;

Imagen 91. Esfuerzo máximo estructura



El esfuerzo máximo es de 81,90 MPa, se procede hallar el factor de seguridad

$$\sigma_{VM} = \frac{\sigma_{falla}}{F.S}$$

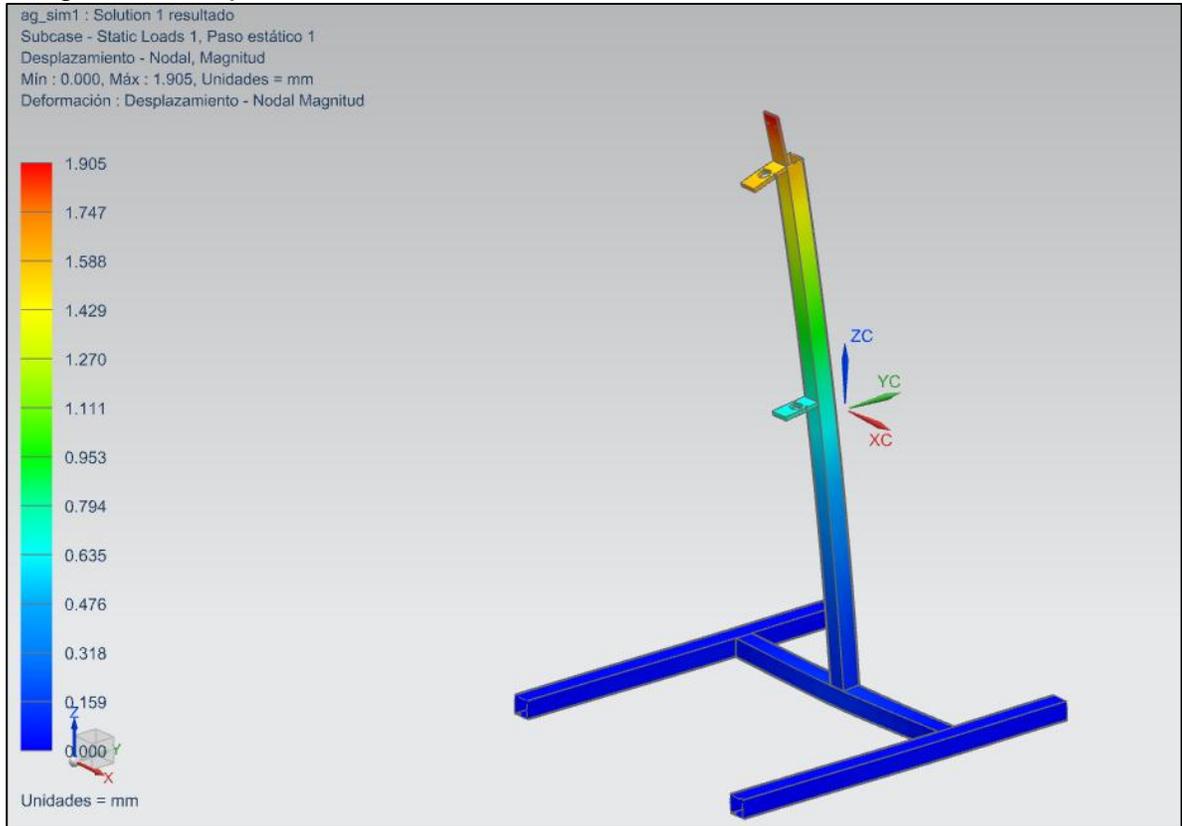
$$F.S = \frac{250 \text{ MPa}}{81,90 \text{ MPa}}$$

$$F.S = 3,05 \text{ (cumple)}$$

Esto quiere decir que el diseño de la estructura y el material son los correctos ya que soportarían aproximadamente 3,05 veces la carga crítica aplicada.

En la imagen 92 se muestra el desplazamiento máximo de las placas que es de 0,875 mm

Imagen 92. Desplazamiento máximo estructura



## 6. MANUALES

Para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina mezcladora se realizarán manuales de seguridad, operación y mantenimiento.

### 6.1 MANUAL DE SEGURIDAD

Para el sistema de mezclado se debe presentar un manual de seguridad todo con el fin que el operario conozca la forma correcta de su manipulación y prevenir cualquier tipo de peligro o riesgo laboral en caso que se llegue a presentar.

6.1.1 Riesgo Eléctrico. Para mitigar problemas de riesgo eléctrico se debe tener claridad de cuáles son las actividades que se desarrollan para la prevención de los riesgos y tener señales de alertas en las zonas donde se vaya a conectar la máquina mezcladora ya que maneja altas tensiones. Se pondrán señales como la mostrada en la imagen 93, en la zona mencionada al igual que en la parte de la caja de mandos.

Imagen 93. Señal advertencia de riesgo eléctrico



Fuente: <http://www.seton.es/senales-prohicion>

6.1.2 Señales de prohibición. Las señales de prohibición tienen como objetivo "comunicarle al trabajador cuales son los comportamientos que debe tener cuando se encuentre operando la máquina esto con el fin de disminuir accidentes o distracciones que generen problemas a la producción"<sup>1</sup>. Las señales (imagen 94, imagen 95, imagen 96), serán colocadas en la caja de mandos ya que es donde el operador las visualiza mejor.

<sup>1</sup> [https://www.arlsura.com/files/resolucion\\_2017\\_estudio\\_aportes.pdf](https://www.arlsura.com/files/resolucion_2017_estudio_aportes.pdf)

Imagen 94. Señal prohibido fumar



Fuente: <http://www.seton.es/senales-prohicion>

Imagen 95. Señal prohibido comer



Fuente: <http://www.seton.es/senales-prohicion>

Imagen 96. Señal prohibido uso de celular



Fuente: <http://www.seton.es/senales-prohicion>

6.1.3 Recomendación de seguridad en relación a los EPP. Para disminuir los riesgos inherentes a las actividades que se realizan, se presenta el Cuadro 11 con los equipos de protección personal (EPP) que debe usar el operario al momento de utilizar la máquina;

Cuadro 11. Equipos de protección personal

NOMBRE	DESCRIPCION	FUNCIÓN	IMAGEN
OVEROL	Enterizo, manga larga, cremallera desde la cintura hasta el cuello.	Proteger el cuerpo del operario de posibles derrames o fugas de material y sustancias químicas.	
GUANTES	Guantes de carnaza o baqueta.	Proteger las manos del operario de quemaduras ocasionadas por la manipulación de piezas calientes.	
CASCO DE SEGURIDAD	Casco de protección industrial	reducir cualquier posibilidad de contacto de la cabeza con algún instrumento eléctrico	
GAFAS	Gafas de seguridad en plástico.	Proteger al operario de la posible caída de material, virutas o de sustancias químicas en los ojos a causa de desprendimientos o fugas	

El equipo de protección personal es de uso obligatorio y deben ser usado siempre dentro de la planta de producción.

## 6.2 MANUAL DE OPERACIÓN.

A continuación, se detallan una serie de recomendaciones respecto a la operación de la máquina.

6.2.1 Recomendaciones generales para el uso de la máquina. Las siguientes recomendaciones van enfocadas a las precauciones que debe tener el operario antes de poner en funcionamiento el equipo.

No permitir que nadie se acerque a la máquina cuando esté dispuesta para trabajar

No permitir que nadie opere el equipo sin estar debidamente capacitado y haber leído cuidadosamente las instrucciones contenidas en el Manual de seguridad

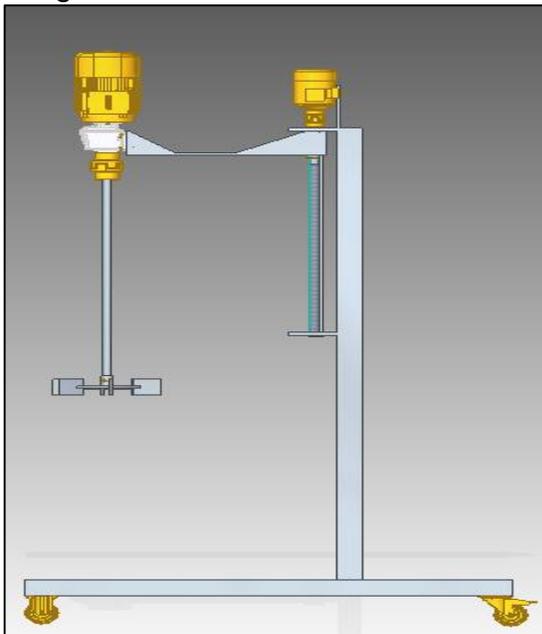
No modificar la máquina sin la debida autorización ya que esto podría afectar el proceso de fabricación, la vida útil del equipo y poner en riesgo la salud del operario

Verificar que la máquina no esté conectada a la toma corriente

Verificar que los interruptores estén en posición de apagado

Verificar que las placas de apoyo se encuentren en la parte superior de la máquina (imagen 97)

Imagen 97. Placas



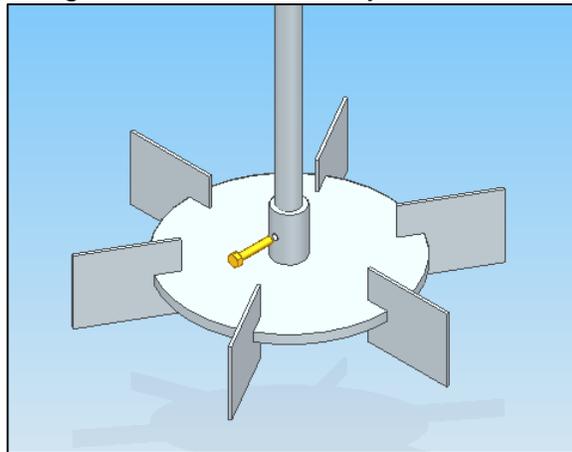
Verificar el estado de las ruedas y sus seguros (imagen 98)

Imagen 98. Estado ruedas



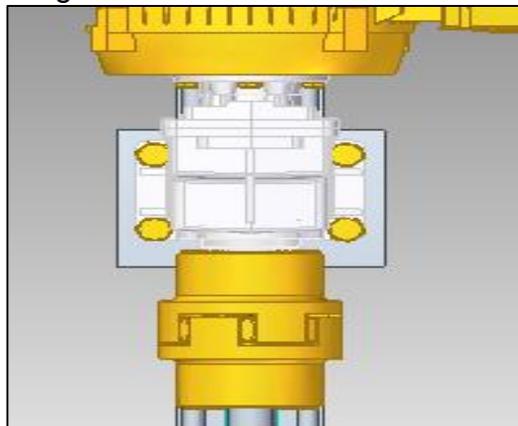
Verificar estado de tornillo de sujeción de palas (imagen 99)

Imagen 99. Tornillo de sujeción



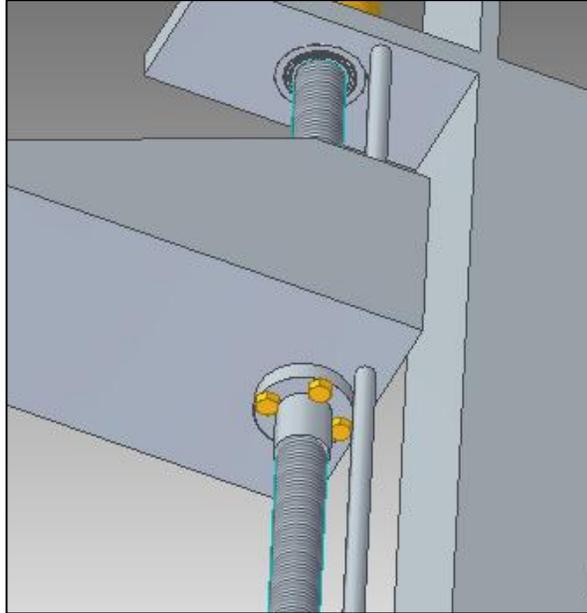
Verificar estado de tornillos de sujeción de moto reductor (imagen 100)

Imagen 100. Tornillos moto reductor



Verificar estado de tornillos de sujeción de buje (imagen 101)

Imagen 101. Tornillos buje

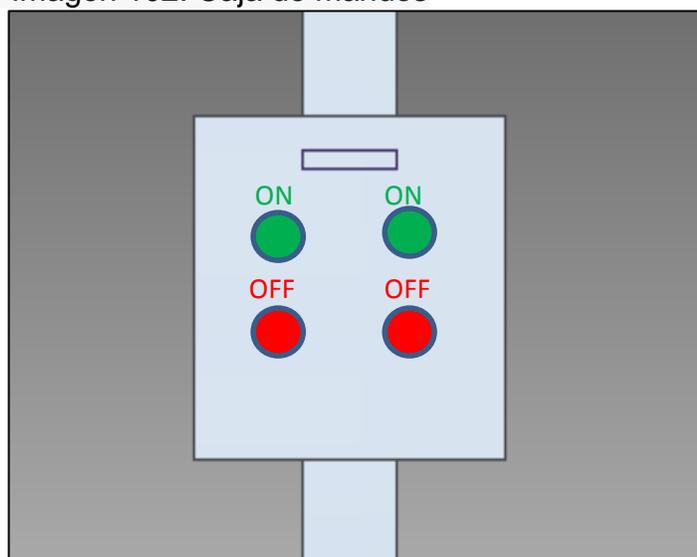


Desplazar y ubicar la máquina en el centro del tanque de mezclado

Conectar la máquina al tomacorriente V=120v; 60Hz

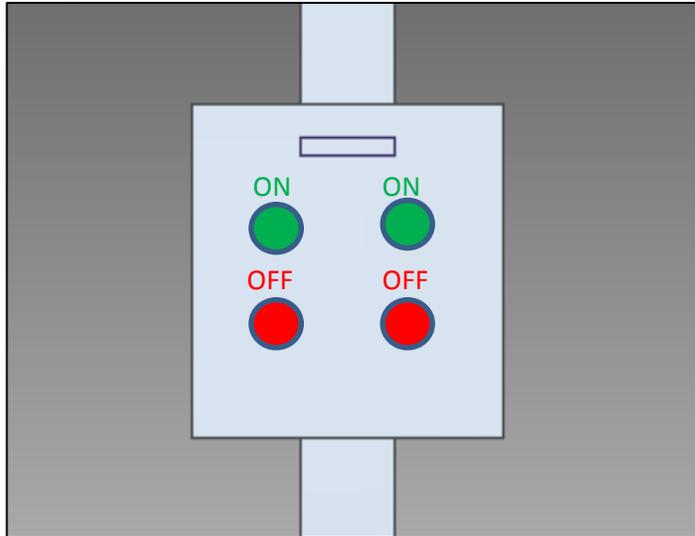
En la caja de mandos para accionar el motor de desplazamiento vertical (imagen 102)

Imagen 102. Caja de mandos



En la caja de mandos para accionar el moto reductor (imagen 103)

Imagen 103. Caja de mandos



### 6.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

En el manual de mantenimiento se explican los sistemas y frecuencia de inspección (cuadro 12) al igual que las actividades (cuadro 13) que se tienen que desarrollar durante la vida útil de la máquina para asegurar el funcionamiento adecuado de los sistemas y sus componentes. Todas las actividades que se nombran deberán cumplirse con el periodo establecido.

Cuadro 12. Sistemas de Inspección

Sistema	Sub sistema	Actividad	Instrumento	Frecuencia
Mezclado	Moto Reductor	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
		Limpieza	Aire comprimido	Mensual
	Acople	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Semestral
	Eje agitador	Inspección	Visual	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
	Palas de agitación	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Semanal
		Ajuste	Llaves	Mensual

Cuadro 12. (Continuación)

Sistema	Sub sistema	Actividad	Instrumento	Frecuencia
Desplazamiento vertical	Motor	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Aire comprimido	Mensual
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Mensual
	Tornillo de potencia	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Diario
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Semanal
	Rodamientos	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Mensual
	Buje roscado	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Semanal
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Diario
	Acople	Inspección	Visual	Diario
		Limpieza	Cepillo	Semestral
		Ajuste	Llaves de ajuste y apriete	Diario
	Caja de mandos	Limpieza	Aire seco	Semanal

Cuadro13. Descripción de actividades de mantenimiento

Componente	Descripción
Moto Reductor	<p>Comprobación de la alineación del motor</p> <p>Comprobación de los tornillos de sujeción con torque (20kgm)</p> <p>Estado y cantidad de la grasa y de los rodamientos del motor</p> <p>Comprobación de las temperaturas de los cojinetes</p> <p>Comprobación de los ruidos de funcionamiento</p> <p>Comprobar lubricación de los engranajes, casquillos y rodamientos de la caja reductora</p> <p>Comprobar temperatura de los componentes de la caja reductora</p>

Cuadro 13. (Continuación)

Componente	Descripción
Acoples	Mantener los acoplamientos limpios y secos Comprobar desgaste del elastómero Comprobar alineación de los componentes acoplados por medio de un comparador de caratulas
Eje agitador	Verificar alineación y sujeción con respecto al acople por medio de la termografía
Palas de agitación	Desatornillar el tornillo de sujeción realizar su debida limpieza Verificar sujeción de tornillo
Motor	Comprobación de la alineación del motor Comprobación de los tornillos de sujeción Comprobación de los cables y del material de aislamiento Estado y cantidad de la grasa y de los rodamientos del motor Comprobación de las temperaturas de los cojinetes Comprobación de los ruidos de funcionamiento
Tornillo de potencia	Verificar estado de la rosca Verificar alineación y sujeción
Rodamientos	Verificar temperatura de rodamiento Verificar lubricación de rodamiento Verificar pista exterior e interior
Buje roscado	Verificar estado de la rosca Verificar alineación y sujeción
Caja de mandos	Realizar limpieza de los componentes electrónico

## 7. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación del impacto ambiental es una actividad preventiva de gestión ambiental, se basa en un procedimiento técnico para la identificación y valoración en forma anticipada de las consecuencias ambientales. Para el mezclador con estructura móvil planteado anteriormente, donde se optimiza el área de procesos en la elaboración de jabón líquido, desengrasantes y suavizantes, se destaca la seguridad para los operarios, donde se analiza desde el marco jurídico y técnico con el objetivo de diagnosticar la situación y minimizar al máximo las posibles consecuencias que se puedan ocasionar durante la operación de la máquina. El sector productivo e industrial es vigilado por distintas entidades gubernamentales a nivel nacional el cual se encarga de desarrollar programas de investigación para gestión e innovación que cumplan con las normas técnicas ambientales.

### 7.1 PRACTICAS GENERALES

Los productos líquidos empleados para la limpieza de prendas o áreas específicas tiene como finalidad de remover la mugre mediante un agente limpiador (agente surfactante). Se consideran de primer grado a las sustancias contaminantes generadas de manera accidental o rutinaria, es importante prevenirlas puesto que pueden generar enfermedades agudas y mutaciones genéticas. Los contaminantes de segundo grado se caracterizan por su nivel de emisión de gases a la atmosfera a corto o largo plazo, un ejemplo de ello son los compuestos químicos capaces de contribuir a la disminución de la capa de ozono, o cualquier partícula que contamine o que esté relacionada con el calentamiento global.

7.1.1 Desengrasantes. “Son productos de limpieza especializados en remover sustancias como la grasa, aceites o petróleo. Para producir desengrasantes se utilizan sustancias naturales y artificiales”<sup>1</sup>.

Los desengrasantes no biodegradables son altamente contaminantes para el ambiente, ya que sus componentes químicos se evaporan con la temperatura del ambiente ocasionando daños a los individuos, animales domésticos y a la vegetación, también ocasionan daños a los ecosistemas acuáticos, cuando estos productos luego de ser utilizados, llegan a las fuentes de captación de agua para consumo humano ocasionando daños al organismo.

7.1.2 Suavizantes. “Son productos auxiliares textiles, los cuales cumplen la función de aportar aroma y suavidad a las telas. Facilitando el planchado, generando el cambio de propiedades táctiles, mecánicas y funcionales relativos con su absorción por parte de los textiles”<sup>2</sup>. Contiene ingredientes derivados de fuentes naturales biodegradables. Libre de clorox y otros ácidos abrasivos.

<sup>1</sup> [http://www.jomsmx.com.mx/soluciones/desengrasantes/portafolio\\_desengrasante.pdf](http://www.jomsmx.com.mx/soluciones/desengrasantes/portafolio_desengrasante.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.bujosatextil.com/las-telas/el-cuidado-de-los-tejidos/>

## 7.2 ACTIVIDADES CONTROLADAS

Las industrias están obligadas a llevar control y prevención de la contaminación ambiental. En primer lugar se presentan los principios básicos aplicados para eliminar los impactos negativos sobre la calidad del agua la atmosfera y el suelo, como: las quemas industriales, las quemas abiertas y controladas en zonas rurales, la quema de combustibles (aceites, gasolina, etanoles), las plantas, canteras de trituración y fabricación de materiales de construcción.

## 7.3 REVISIÓN AMBIENTAL PRELIMINAR

Para identificar y conocer los aspectos ambientales presentes en el proceso productivo de la maquina diseñada y los procedimientos actuales que manejan sistemas de gestión de calidad según la norma técnica colombiana (NTC - 5131) la presente norma se enmarca en la implementación del esquema del sello ambiental colombiano cuya reglamentación de uso se estableció mediante la resolución 1555 de 2.005 de los ministerios de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y de comercio, industria y turismo. Dentro de este contexto los objetivos primordiales de cumplimiento son: crear una herramienta informativa y comercial para diferenciar los productos que comparativamente presenten un mejor desempeño ambiental, incentivar el crecimiento de mercado nacional para este tipo de productos, promover un cambio hacia los productos ambientalmente amigables en las preferencias de compra en los consumidores, promover el uso y el desarrollo de procesos, técnicas y tecnologías limpias o sostenibles.

Para productos limpiadores industriales de uso doméstico;

Los criterios ambientales establecidos en esta norma se han definido considerando los siguientes principios;

- ✓ El producto debe hacer un uso sostenible de los recursos naturales que emplea como materia prima o insumo
- ✓ El producto debe reducir o prevenir los riesgos para el medio ambiente o la salud humana relacionados con la utilización de sustancias peligrosas, reduciendo el impacto medioambiental limitando la cantidad de ingredientes nocivos
- ✓ Los procesos de producción deben utilizar menos cantidades de energía, hacer uso de fuentes de energía renovables
- ✓ El producto debe utilizar menos materiales de empaque preferiblemente reciclables, reutilizables o biodegradables

7.3.1 Uso de energía eléctrica. El modo de vida se basa en un modelo energético centrado en el consumo de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón) y el uso irracional de energía y las prácticas no amigables de los operarios, con la implementación de esta máquina se busca ahorrar energía con un diseño innovador que controla el encendido y apagado.

7.3.2 Uso del agua. Inapropiado uso y/o gestión del agua conlleva diversas consecuencias que afectan y repercuten sobre la calidad del recurso y las aguas residuales generadas. Con la elaboración de jabones, desengrasantes y suavizantes no constituyen una grave amenaza para los cauces y acuíferos, ya que la mayoría de productos elaborados son biodegradables.

De acuerdo a la resolución 631 de 2015 en la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles de los vertimientos a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, para todas las actividades industriales, comerciales o de servicios que realizan vertimientos tendrán en el parámetro de temperatura como valor límite máximo permisible el de 40 °C.

El vertimiento puntual de aguas residuales que se realice en un cuerpo de agua superficial receptor o un tramo del mismo, que tenga como destinación el uso de agua para consumo humano, doméstico y pecuario, la concertación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en el vertimiento deberá ser menor o igual a 0,01 mg/L.

7.3.3 Contaminación auditiva. La puesta en marcha de este diseño facilita el mezclado de las diferentes sustancias para la elaboración del producto, al igual que su generación de ruido es baja, esto reduce los problemas auditivos que un determinado tiempo se generen en el operario.

## 7.4 ASPECTOS AMBIENTALES

Se identifica como aspectos ambientales al cambio en el entorno ya sea adverso o beneficioso como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización. Las directivas deben solicitar al área encargada el impacto ambiental de los procesos de actividades en general.

7.4.1 Evaluación de los aspectos ambientales. Para la evaluación se identifican los aspectos en los cuales se va cuantificar mediante diferentes etapas.

Etapas 1: Se selecciona una actividad la cual es el proceso de mezclado de materias primas para la elaboración de los productos, esta debe estudiar el impacto ambiental en la zona de operación de la máquina (mezclador) debido a la cantidad de espuma que se genere y salpique en el piso y en el drenaje pueden llegar a contaminar.

Etapa 2: Verificar las condiciones ambientales de trabajo según su actividad, si los residuos de estos productos crean diversos olores que afecten principalmente las vías respiratorias del operario. (resolución 2400 de 1979) disposiciones de higiene y seguridad reglamentadas en la presente resolución aplicada a todos los establecimientos de trabajo con el fin de preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades.

Etapa 3: Se identifican impactos ambientales en el manejo de las materias primas para la elaboración de los productos (jabón líquido, desengrasante, suavizante) y verificar si conllevan a diverso deterioro en el ambiente ocasionando daños a los individuos, animales domésticos y a la vegetación, aire, agua.

### 7.5 VALORACIÓN CUANTITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se tiene como objetivo establecer el impacto ambiental, en primer lugar y a través de factores ambientales, indicadores, la unidad de medida y la magnitud de los mismos, transformando estos valores en magnitudes representativas, se evaluará el impacto neto del proyecto sobre el Medio Ambiente.

7.5.1 Matriz de importancia. La importancia del impacto ambiental está expresada en función del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida como de la caracterización del efecto, que responde a una serie de atributos, la matriz se muestra en la imagen 104 y en el cuadro 14.

Imagen 104. Matriz de importancia

NATURALEZA Impacto beneficioso Impacto perjudicial	+ -	INTENSIDAD (I) (Grado de destrucción) Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
EXTENSIÓN (EX) (Área de influencia) Puntual Local Extenso Total Crítica	1 2 4 8 (+4)	MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación) Largo plazo Medio plazo Corto plazo Inmediato Crítico	1 2 4 4 (+4)
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto) Fugaz Temporal Permanente	1 2 4	REVERSIBILIDAD (RV) Corto plazo Medio plazo Irreversible	1 2 4
SINERGIA (SI) (Regularidad de manifestación) Sin sinergismo Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	ACUMULACIÓN (AC) (Incremento progresivo) simple acumulativo	1 4
EFEECTO (EF) (Relación causa – efecto) Indirecto (secundario) Directo	1 4	PERIODICIDAD (PR) (Regularidad de la manifestación) Irregular o periódico y discontinuo Periódico Continuo	1 2 4
RECUPERABILIDAD (MC) (Reconstrucción por medios humanos) Recuperable de manera inmediata Recuperable a medio plazo Mitigable Irrecuperable	1 2 4 8	IMPORTANCIA (I) $I = +/- (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	

Fuente: Metodología conesa para la evaluación del impacto ambiental

Cuadro 14. Importancia ambiental

Importancia Ambiental del Impacto (IAI)	Variación
Irrelevante	Si es menor o igual a 25
Moderada	Si el resultado está entre 26 y 50
Severa	Si el resultado está entre 51 y 75
Crítica	Si es mayor a 76

## 7.6 MATRIZ CONESA

Al Identificar los impactos significativos que se pueden presentar antes de la ejecución del proyecto, se realiza la evaluación del impacto ambiental mediante una matriz cuantitativa como la CONESA (cuadro 15), se muestra a continuación.

Cuadro 15. Matriz Conesa

MATRIZ DE CALIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES MEZCLADOR CON ESTRUCTURA MOVIL															
PROCESO/ ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CALIFICACION										CUAL ES LA RELEVAN CIA DEL IMPACTO AMBIENTA L		
			SIGNO	INTENSIDAD(I)	EXTENSION (EX)	MOMENTO (MO)	PERSISTENCIA (PE)	REVERSIBILIDAD (RV)	RECUPERABILIDAD (MC)	SINERGIA(SI)	ACUMULCION (AC)	FECTO (EF)		PERIODICIDAD(PR)	IMPOTANCIA
ELABORACION DE JABON LIQUIDO, DESENGRASANTES Y SUAVIZANTES	GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS NO PELIGROSOS	ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	+	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	16	IRRELEVA NTE
		ACTIVACION DE PROCESOS EROSIVOS	+	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	21	IRRELEVA NTE
		MODIFICACION DEL REGIMEN NATURAL DEL CAUDAL	-	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	21	IRRELEVA NTE
		ALTERACION PROPIEDADES DEL AGUA	-	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	25	IRRELEVA NTE
		MOLESTIAS A LA POBLACION	-	1	2	1	2	1	2	2	1	3	1	21	IRRELEVA NTE
		ALTERACION DE LA FAUNA	-	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVA NTE
		ALTERACION DE LA FLORA	+	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVA NTE

Cuadro 15. (Continuación)

MATRIZ DE CALIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES MEZCLADOR CON ESTRUCTURA MOVIL																
PROCESO/ ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CALIFICACION										CUAL ES LA RELEVAN CIA DEL IMPACTO AMBIENTA L			
			SIGNO	INTENSIDAD(I)	EXTENSION (EX)	MOMENTO (MO)	PERSISTENCIA (PE)	REVERSIBILIDAD (RV)	RECUPERABILIDAD (MC)	SINERGIA(SI)	ACUMULCION (AC)	FECTO (EF)		PERIODICIDAD(PR)	IMPORTANCIA	
	GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS	ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	-	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	18	IRRELEVANTE	
		ALTERACION PROPIEDADES DEL AGUA	-	1	2	2	2	1	2	2	2	3	2	26	IRRELEVANTE	
		ALTERACION DE LA FLORA Y FAUNA	-	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVANTE	
	GENERACION DE RESIDUOS LIQUIDOS NO PELIGROSOS	ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO			1	2	1	1	1	1	1	1	1	18	IRRELEVANTE	
		ACTIVACION DE PROCESOS EROSIVOS			1	2	1	1	1	1	1	1	1	18	IRRELEVANTE	
		MODIFICACION DEL REGIMEN NATURAL DEL CAUDAL			1	2	2	1	1	2	2	1	2	21	IRRELEVANTE	
		ALTERACION PROPIEDADES DEL AGUA			1	1	2	2	1	2	2	2	3	23	IRRELEVANTE	
		MOLESTIAS A LA POBLACION			1	2	1	2	1	1	2	1	3	1	20	IRRELEVANTE
		ALTERACION DE LA FAUNA			1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVANTE
		ALTERACION DE LA FLORA			1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVANTE
	GENERACION DE RESIDUOS LIQUIDOS PELIGROSOS	ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	-	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	19	IRRELEVANTE	
		ALTERACION PROPIEDADES DEL AGUA	-	2	2	1	1	1	2	2	2	3	2	26	IRRELEVANTE	
		ALTERACION DE LA FLORA Y FAUNA	-	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVANTE	
	EMISION DE MATERIAL PARTICULADO	CONTAMINACION ATMOSFERICA POR MATERIAL PARTICULADO	-	1	2	1	1	1	1	1	1	3	1	18	IRRELEVANTE	
	EMISION DE GASES	MODIFICACION DEL MICROCLIMA			1		1	1	1	1	1	1	1	12	IRRELEVANTE	
CONTAMINACION ATMOSFERICA POR GASES				1		1	1	1	1	1	1	1	12	IRRELEVANTE		

Cuadro 15. (Continuación)

MATRIZ DE CALIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES MEZCLADOR CON ESTRUCTURA MOVIL															
PROCESO/ ACTIVIDAD	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	CALIFICACION										CUAL ES LA RELEVAN CIA DEL IMPACTO AMBIENTA L		
			SIGNO	INTENSIDAD(I)	EXTENSION (EX)	MOMENTO (MO)	PERSISTENCIA (PE)	REVERSIBILIDAD (RV)	RECUPERABILIDAD (MC)	SINERGIA(SI)	ACUMULCION (AC)	FECTO (EF)		PERIODICIDAD(PR)	IMPORTANCIA
	GENERACION DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES	ALTERACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	-	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	16	IRRELEVA NTE
		ALTERACION PROPIEDADES DEL AGUA	-	1	2	1	2	1	2	2	2	3	2	23	IRRELEVA NTE
		ALTERACION DE LA FLORA Y FAUNA		1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVA NTE
	GENERACION DE VIBRACIONES	ALTERACION EN LA SALUD	-	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	17	IRRELEVA NTE
	REMOCION DE LA COBERTURA VEGETAL	ALTERACION EN LA FLORA		1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	19	IRRELEVA NTE
	USO DE ENERGIA ELECTRICA	VARIACION EN LA COBEERTURA Y CALIDAD DE SERVICIOS	-	2	1	1	3	2	2	3	1	3	1	25	IRRELEVA NTE

Como se puede observar en la matriz CONESA la mayoría de los aspectos tienen un impacto irrelevante al medio ambiente.

## 8. EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se presenta el presupuesto del diseño y fabricación de la maquina mezcladora. Para el desarrollo del proyecto se tiene en cuenta todos los costos que incurrirán en todos los procesos de fabricación de la máquina, esto para establecer la viabilidad financiera del proyecto.

### 8.1 ESTUDIO DE COSTOS

El estudio de los costos del proyecto está basado en los materiales y recursos que se necesitarán para el desarrollo del proyecto.

8.1.1 Costos de ingeniería del proyecto. El costo de la ingeniera del proyecto hace referencia a la cantidad de horas utilizadas por el proyectista y el valor unitario de cada hora, a los gastos de software y viajes realizados, los cuales se muestran en el cuadro 16.

Cuadro 16. Costos Ingeniería del proyecto

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	\$/UNIDAD	TOTAL	FUENTE FINANCIADORA
<b>Talento Humano</b>					
Investigador	H-H	687	\$7.000	\$4.809.000	Investigador
Orientador	H-H	32	\$15.000	\$480.000	FUA
Asesores	H-H	20	\$15.000	\$300.000	FUA
Total Talento Humano				\$5.589.000	
<b>Gastos maquinaria y equipo</b>					
Computador	H	687	\$2.500	\$1.717.500	Investigador
Software(2)	H	50	\$14.320	\$716.000	Investigador
Total Maquinaria y Equipo				\$2.433.500	
<b>Fungibles</b>					
Libros	Uní	5	\$100.000	\$500.000	Investigador
Papel	Resma	3	\$10.000	\$30.000	Investigador
Tinta	Tóner	2	\$80.000	\$160.000	Investigador
Total Fungibles				\$690.000	
<b>Otros Gastos</b>					
Viajes	Pasajes	150	\$2.000	\$300.000	Investigador
Total Otros Gastos				\$300.000	
<b>TOTAL ANTES DE IMPREVISTOS</b>				\$9.012.500	
Imprevistos (2-6%)	(6%)			\$540.750	Investigador
<b>COSTO INGENIERIA DEL PROYECTO (ΣGASTOS)</b>				\$9.553.250	

8.2.1 Costos de componentes de la máquina. Se toman los valores comerciales (cuadro 17) de todos los componentes necesarios para la fabricación de la maquina mezcladora.

Cuadro 17. Costos de componentes

Elemento	Unidad	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Moto reductor 2 HP	Und.	1	\$2.520.000	\$2.520.000
Motor ¼ Hp	Und.	1	\$1.325.000	\$1.325.000
Acople mecánico	Und.	2	\$80.000	\$160.000
Barra acero inoxidable 304	Und.	1	\$70.000	\$70.000
Placas de acero inoxidable 304	Und.	1	\$80.000	\$80.000
Perfil cuadrado 3*3, 3mm	Und.	3	\$95.600	\$286.800
Rodamientos cilindros cónicos	Und.	2	\$30.000	\$60.000
Barra acero A-36	Und.	3	\$25.000	\$75.000
Ruedas industriales con freno	Und.	2	\$32.000	\$64.000
Ruedas industriales sin freno	Und.	2	\$25.000	\$50.000
Placa acero A-36 10mm	Und.	1	\$65.000	\$65.000
Placa de acero A-36 3"	Und.	1	\$31.000	\$31.000
Placa acero A-36 15 mm	Und.	3	\$12.000	\$36.000
Tornillos ½"	Und.	4	\$1.200	\$4.800
Tuercas ½ "	Und.	4	\$500	\$2.000
Tornillos 1/4	Und.	12	\$1.000	\$12.000
Tornillos 5/16	Und.	16	\$750	\$12.000
Swich on - off	Und.	2	\$3.000	\$6.000
Final de carrera	Und.	2	\$30.800	\$61.600
Cables eléctricos calibre 10	Und.	4	\$10.000	\$40.000
Caja de mandos	Und.	1	\$50.000	\$50.000
Total			\$5.011.200	

8.2.2 Costos de fabricación. Se determina las horas /hombre necesarias en cada proceso de montaje y fabricación de la máquina como se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Costos de fabricación

OPERACION	HH	VALOR HH \$	TOTAL
Corte placas	8	\$7.000	\$56.000
Torno	8	\$8.500	\$68.000
Fresado	8	\$8.500	\$68.000
Rectificado	8	\$7.000	\$56.000
Taladrado	8	\$7.000	\$56.000
Soldadura	16	\$8.500	\$136.000
Pintura	16	\$7.000	\$112.000
Total		\$552.000	

## 8.2 COSTO TOTAL

Para el costo total se tendrán en cuenta todos los egresos expuestos anteriormente, incluyendo la puesta en marcha del equipo (cuadro 19).

Cuadro 19. Costo Total

Descripción	Valor
Costo ingeniería del proyecto	\$ 9.553.250
Costo componentes mezcladora	\$ 5.011.200
Costo fabricación	\$ 552.000
Costo transporte	\$200.000
Costo puesta a punto	\$100.000
SubTotal	\$15.416.450
Imprevistos (6%)	\$924.987
Total	\$16.341.437

## 8.3 COSTO OPERACIONAL CON MÁQUINA MEZCLADORA

En el cuadro 20 se muestran todos los factores que se necesitan para la operación de la maquina mezcladora en la empresa Químicos Zorel.

Cuadro 20. Costo operacional

COSTO OPERACIONAL				
DESCRIPCION	CANTIDAD	EGRESOS UNITARIOS	EGRESOS MENSUALES	EGRESOS ANUALES
Salario	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$12.000.000
Auxilio de transporte	1	\$77.700	\$77.700	\$932.400
Salud	1	\$40.000	\$40.000	\$4.840.000
Pensión	1	\$40.000	\$40.000	\$4.840.000
Cesantías	1	\$89.772	\$89.772	\$1.077.264
Primas	1	\$89.772	\$89.772	\$1.077.264
ARL	1	\$24.360	\$24.360	\$292.320
Dotación	1	\$79.020	\$79.020	\$948.240
Vacaciones	1	\$41.700	\$41.700	\$500.400
Parafiscales	1	\$90.000	\$90.000	\$1.080.000
Arriendo	1	\$1.400.000	\$1.400.000	\$16.800.000
Consumo de agua (m3)	800	\$500	\$400.000	\$4.800.000
Consumo de energía (KW)	600	\$444	\$266.400	\$3.196.800
Costo materias primas (galón)	900	\$13.500	\$12.150.000	\$145.800.000
Total		\$2.986.768	\$15.788.724	\$198.184.688

#### 8.4 INGRESOS CON MÁQUINA MEZCLADORA

En el cuadro 21 se muestra el total de ingresos por concepto de ventas de los productos que se realizan con la maquina mezcladora.

Cuadro 21. Total Ingresos

INGRESOS				
DESCRIPCION	CANT	INGRESOS UNITARIOS	INGRESOS MENSUALES	INGRESOS ANUALES
Galón jabón liquido	300	\$20.000	\$6.000.000	\$72.000.000
Galón desengrasante	300	\$22.000	\$6.600.000	\$79.200.000
Galón suavizante	300	\$20.500	\$6.150.000	\$73.800.000
Total		\$62.500	\$18.750.000	\$225.000.000

#### 8.5 FLUJO DE CAJA CON MÁQUINA MEZCLADORA

Con base en los datos obtenidos en los cuadros 20 y 21, se realizará el flujo de caja utilizando las proyecciones macroeconómicas que intervienen en el periodo de tiempo que dure el proyecto, en el cuadro 22 se podrán observar los porcentajes del IPC proyectado para los siguientes 5 años.

Cuadro 22. IPC

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
IPC	3,73%	3,10%	3,04%	3,00%	2,80%	2,77%

Fuente: <http://www.grupobancolombia.com>

En el cuadro 23 se muestra el flujo de caja de los próximos 5 años;

Cuadro 23. Flujo de caja

	2018	2019	2020	2021	2022
Costo operacional	\$198.184.688	\$204.209.503	\$210.155.043	\$215.704.214	\$221.193.930
Ingresos totales	\$225.000.000	\$231.840.000	\$238.590.000	\$244.890.000	\$251.122.500
FLUJO NETO	\$26.815.312	\$27.630.497	\$28.434.957	\$29.185.786	\$29.928.570

#### 8.6 COSTO OPERACIONAL SIN MÁQUINA MEZCLADORA

En el cuadro 24 se muestran todos los factores que se necesitan para la operación en la empresa Químicos Zorel en la actualidad.

Cuadro 24. Costo operacional actual

COSTO OPERACIONAL				
DESCRIPCION	CANT	EGRESOS UNITARIOS	EGRESOS MENSUALES	EGRESOS ANUALES
Arriendo	1	\$1.400.000	\$1.400.000	\$16.800.000
Consumo de agua (m3)	80	\$500	\$40.000	\$480.000
Costo materias primas (galón)	300	\$13.500	\$4.050.000	\$48.600.000
Total		\$1.414.000	\$5.490.000	\$65.880.000

### 8.7 INGRESOS SIN MÁQUINA MEZCLADORA

En el cuadro 25 se muestra el total de ingresos por concepto de ventas de los productos en la actualidad.

Cuadro 25. Total Ingresos actuales

INGRESOS				
DESCRIPCION	CANT	INGRESOS UNITARIOS	INGRESOS MENSUALES	INGRESOS ANUALES
Galón jabón líquido	100	\$20.000	\$2.000.000	\$24.000.000
Galón desengrasante	100	\$22.000	\$2.200.000	\$26.400.000
Galón suavizante	100	\$20.500	\$2.050.000	\$24.600.000
Total		\$62.500	\$6.250.000	\$75.000.000

### 8.8 FLUJO DE CAJA CON MÁQUINA MEZCLADORA

Con base en los datos obtenidos en los cuadros 24 y 25, se realizará el flujo de caja utilizando las proyecciones macroeconómicas que intervienen en el periodo de tiempo que dure el proyecto, utilizando el IPC del cuadro 22.

En el cuadro 26 se muestra el flujo de caja de los próximos 5 años;

Cuadro 26. Flujo de caja

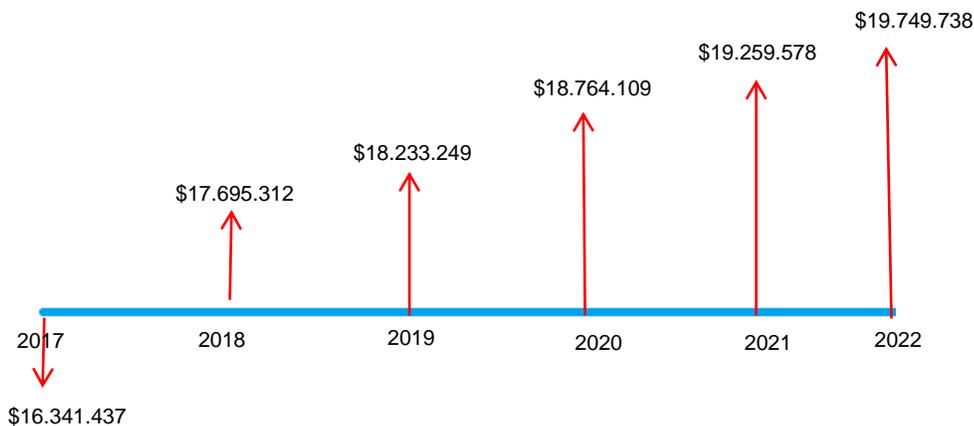
	2018	2019	2020	2021	2022
Costo operacional	\$65.880.000	\$67.882.752	\$69.859.152	\$71.703.792	\$73.528.668
Ingresos totales	\$75.000.000	\$77.280.000	\$79.530.000	\$81.630.000	\$83.707.500
FLUJO NETO	\$9.120.000	\$9.397.248	\$9.670.848	\$9.926.208	\$10.178.832

## 8.9 FLUJO DE CAJA TOTAL

Se toman los resultados de los flujos netos obtenidos en los cuadros 23 y 26, se restan los resultados y se procede hallar el flujo de caja total (cuadro 27).

Cuadro 27. Flujo de caja total

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inversión	\$16.341.437					
con maquina		\$26.815.312	\$27.630.497	\$28.434.957	\$29.185.786	\$29.928.570
sin maquina		\$9.120.000	\$9.397.248	\$9.670.848	\$9.926.208	\$10.178.832
FLUJO TOTAL	\$16.341.437	\$17.695.312	\$18.233.249	\$18.764.109	\$19.259.578	\$19.749.738



8.9.1 Tasa interna de oportunidad. Se utiliza para determinar el valor presente neto y es la rentabilidad mínima que se le debe exigir al proyecto para tomar la decisión de invertir o no.

$$TIO = DTF - IPC + I_1 + IE$$

Dónde;

TIO= Tasa interna de oportunidad.

DTF= Tasa de mercado financiero que es del 6,65%

IPC= Tasa de inflación del año 2017 que es del 3,73%

I<sub>1</sub>= Tasa esperada por el inversionista que es del 4%

IE= Tasa esperada por el empresario que es del 5%

Entonces;

$$TIO = 6,65 - 3,73 + 4 + 5$$

$$TIO = 11,92 \%$$

8.9.2 Valor presente neto (VPN). Este valor permitirá determinar si la inversión que se va a realizar tendrá un beneficio positivo para la empresa, se determina mediante la ecuación;

$$VPN = -I + \frac{X_1}{(1+i)^1} + \frac{X_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{X_n}{(1+i)^n}$$

Donde;

VPN = valor presente neto

I = inversión

$X_n$  = Flujo de caja año n

i = tasa interna de oportunidad

Entonces;

$$VPN = -16.341.437 + \frac{17.695.312}{(1+0,1192)^1} + \frac{18.233.249}{(1+0,1192)^2} + \frac{18.764.109}{(1+0,1192)^3} + \frac{19.259.578}{(1+0,1192)^4} + \frac{19.749.738}{(1+0,1192)^5}$$

$$VPN = 50.931.531$$

8.9.3 Tasa interna de retorno (TIR). Para determinar la TIR se debe igualar el valor presente neto a cero;

$$0 = -16.341.437 + \frac{17.695.312}{(1+TIR)^1} + \frac{18.233.249}{(1+TIR)^2} + \frac{18.764.109}{(1+TIR)^3} + \frac{19.259.578}{(1+TIR)^4} + \frac{19.749.738}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 109 \%$$

El valor de TIR = 109%, al ser comparado con la tasa interna de oportunidad (11,92%) se demuestra que el proyecto es viable para ser desarrollado.

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ La alternativa que cumplió con los requerimientos de la empresa, corresponde a la maquina mezcladora, con estructura móvil y desplazamiento vertical ya que tiene un menor costo, menor mantenimiento y lo más importante es automática para reducir los problemas de salud de la operaria
- ✓ Al evaluar todos los sistemas por medio del MEF, se puede concluir que los materiales y las dimensiones son las correctas, ya que la diferencia es mínima con respecto a los cálculos desarrollados analíticamente
- ✓ Al realizar la evaluación financiera del proyecto, bajo criterios de rentabilidad como el VPN y la TIR, se puede determinar que el proyecto es totalmente viable

## 10. RECOMENDACIONES

- ✓ Para garantizar la vida útil de la máquina y sus componentes se deben cumplir los manuales descritos en el proyecto
- ✓ Se recomienda que el proceso de carga de la materias primas y descarga de los productos terminados sea automatizado para garantizar un control en la producción

## BIBLIOGRAFÍA

ANONIMO, Agitadores, recuperado del sitio web  
<<https://simulacionprocesos.wikispaces.com/Agitadores>>

ANONIMO, Mezclado de fluidos, recuperado del sitio web  
[http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/mezclado\\_fluidos.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/mezclado_fluidos.pdf)

ASKELAND, Donald R, Ciencia en ingeniería de los materiales, International Thomson Editores, Missouri 2002.

BOCHEM, Tipos de agitadores, recuperado del sitio web  
<<http://www.bochem.com/es/Informaci%C3%B3n+%C3%BAtil/Tipos+de+agitadores.html>>

BUDYNAS, Richard. y NISBETT, Keith. Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes. En: Diseño en ingeniería mecánica de Shingley. 8 ed. Mexico: McGraw-Hill.

CASILLAS, Arcadio. MÁQUINAS cálculos de taller. 40 ed. España.: Auto-editor, 2008. 643p. ISBN 9788440072160.

CHEMGLASS, Agitador de turbina, recuperado del sitio web  
<[http://www.chemglass.com/product\\_view.asp?pnr=CLS-1380%20RUSHTON](http://www.chemglass.com/product_view.asp?pnr=CLS-1380%20RUSHTON)>

DEMAG, cranes & componentes. Catálogo, gama de ruedas. Madrid.

DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA. Sitio web:  
<http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=yHfxyKIWfDXX2kpDVRWA>

DIRECTININDUSTRY, Agitador de turbina recuperado del sitio web  
<<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/helice-agitadores-76887.html>>

DISEÑO DE TORNILLOS, Capítulo 8 tomado de  
<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap8.pdf>

DOCPLAYER, Operaciones de mezclado, recuperado del sitio web  
<<http://docplayer.es/9359132-Facultad-de-ciencias-aplicadas-eap-de-ingenieria-agroindustrial-operaciones-unitarias-ii.html>>

ESTUDIO TEÓRICO EXPERIMENTAL DE LA AGITACIÓN.  
<http://www.unizar.es/dctmf/jblasco/AFTAgitacion/index.htm>

FACTOR DE SEGURIDAD. Marzo 26, 2016 de Fundamentos del diseño mecánico. Sitio web: [http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1\\_Fundamentos\\_de\\_diseno/03\\_CoeficienteSeguridad.pdf](http://www.ue-inti.gob.ar/pdf/PPTs/CORTIZO/1_Fundamentos_de_diseno/03_CoeficienteSeguridad.pdf)

FERDINAND Beer. y E. RUSSELL Johnston, Jr. Análisis y diseño de vigas para flexión. En: Mecánica de materiales. 3 ed. México: McGRAW-Hill, 2003.

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA, guía metodológica para la presentación de trabajos de grado, Bogotá 2011.

GRUPO BANCOLOMBIA. Proyecciones económicas de mediano plazo. Recuperado del sitio web <<http://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/tablas-macroeconomicos-proyectados/>>

HIBBELER, R.C. Esfuerzo cortante transversal. En: Mecánica de materiales. 6 ed. México: Pearson educación, 2006.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICA, Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486 Bogotá: ICONTEC, 2008.

----- . Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490 Bogotá: ICONTEC, 1998.

----- . Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613 Bogotá: ICONTEC, 2008.

JOSE LUIS BRUNELLI, Agitación y mezclado, recuperado del sitio web <<http://es.slideshare.net/sussyvi/agitacion-y-mezclado-11259499>>

McCABE Warren, SMITH Julian C., HARRIOTT Peter, Operaciones unitarias en Ingeniería química 4ª ed. Madrid, McGraw-Hill, 1991. 1111p.

MOTT, Roberth L., P. E. Diseño de elementos de máquinas, Cuarta edición, Editorial Pearson. México, 2006, 944 páginas.

SHIGLEY Edward, El proyecto en ingeniería mecánica. EEUU, 1ª ed. McGraw-Hill 1963, 658p.

ANEXOS

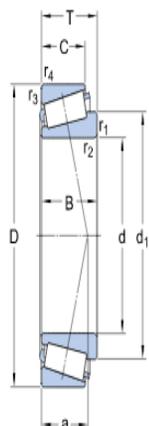
ANEXO A  
PROPIEDADES MECANICAS ACERO INOXIDABLE

Grade	Punto de tracción (Mpa)	Punto de fluencia (Mpa)	Elongación en 2 pulg min, (%)
ASTM TP 304	515	205	40
ASTM TP 304L	485	170	40
ASTM TP 304H	515	205	40
ASTM TP 316	515	205	40
ASTM TP 316L	485	170	40
ASTM TP 316H	515	205	40
ASTM TP 316Ti	515	205	40
ASTM TP 309S	515	205	40
ASTM TP 310S	515	205	40
ASTM TP 321	515	205	40
ASTM TP 321H	515	205	40
ASTM TP 904L	490	220	35

ANEXO B

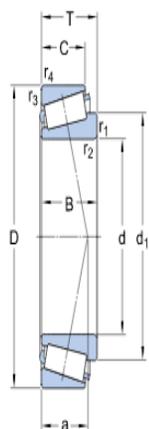
RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS 32005 X/Q

### Dimensiones



d	25	mm
D	47	mm
T	15	mm
d <sub>1</sub>	≈ 37.5	mm
B	15	mm
C	11.5	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.6	mm
r <sub>3,4</sub>	min. 0.6	mm

### Dimensions



a	11.433	mm
---	--------	----

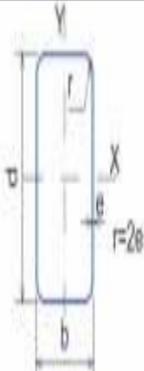
ANEXO C  
PERFILES CUADRADOS COLMENA

CARACTERÍSTICAS Y DENOMINACION								PROPIEDADES ESTÁTICAS						UNIDADES DE EMPAQUE
								FLEXION			TORSION			
TAMAÑO PERFIL				Espesor pared e	PESO		AREA	Momento inercia	Módulo elástico	Radio de Giro	Módulo Plástico	Momento Inercia	Módulo Elástico	
TAMAÑO NOMINAL		REAL			Negro	Galvanizado								
PULGADAS	MILIMETROS	d mm	b mm	mm	Kg/m	Kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	
1 X 1	25 X 25	25,00	25,00	1,50	1,12	1,23	1,42	1,22	0,97	0,92	1,17	2,03	1,48	36
		25,00	25,00	2,00	1,49	1,60	1,90	1,48	1,19	0,88	1,47	2,58	1,82	
		25,00	25,00	2,50	1,80	1,90	2,29	1,69	1,35	0,86	1,71	3,07	2,11	
1 1/2 X 1 X 1/2	40 X 40	40,00	40,00	1,50	1,73	1,90	2,20	5,49	2,75	1,58	3,22	8,77	4,13	25
		40,00	40,00	2,00	2,32	2,49	2,95	6,94	3,47	1,53	4,13	11,36	5,25	
		40,00	40,00	2,50	2,81	2,98	3,58	8,22	4,11	1,52	4,97	13,79	6,25	
2 X 2	50 X 50	50,00	50,00	1,50	2,29	2,53	2,92	11,07	4,43	1,95	5,15	17,45	6,66	25
		50,00	50,00	2,00	3,04	3,31	3,87	14,15	5,66	1,91	6,66	22,73	8,53	
		50,00	50,00	2,50	3,76	3,97	4,79	16,94	6,78	1,88	8,07	27,75	10,26	
		50,00	50,00	3,00	4,48	4,62	5,70	19,47	7,79	1,85	9,39	32,53	11,84	
2 3/8 X 2 3/8	60 X 60	60,00	60,00	1,50	2,67	2,94	3,39	19,52	6,51	2,40	7,53	30,53	9,78	25
		60,00	60,00	2,00	3,63	3,86	4,63	25,14	8,38	2,33	9,79	39,91	12,61	
		60,00	60,00	2,50	4,37	4,63	5,56	30,34	10,11	2,34	11,93	48,92	15,26	
		60,00	60,00	3,00	5,19	-	6,61	35,13	11,71	2,31	13,95	57,57	17,73	
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	70,00	70,00	1,50	3,20	3,54	4,08	31,46	8,99	2,78	10,36	48,89	13,50	16
		70,00	70,00	2,00	4,32	4,65	5,50	40,73	11,64	2,72	13,52	64,10	17,50	
		70,00	70,00	2,50	5,26	5,59	6,70	49,41	14,12	2,72	16,54	78,79	21,27	
		70,00	70,00	3,00	6,19	6,52	7,89	57,53	16,44	2,70	19,42	92,98	24,82	
3 X 3	75 X 75	75,00	75,00	3,00	6,35	-	8,41	71,62	19,10	2,92	22,49	115,14	28,81	16
		75,00	75,00	4,00	8,35	-	10,95	90,19	24,05	2,87	28,76	148,83	36,48	
		75,00	75,00	5,00	10,30	-	13,36	106,33	28,35	2,82	34,46	180,41	43,33	
		75,00	75,00	6,00	12,25	-	15,63	120,16	32,04	2,77	39,58	209,99	49,43	
4 1/2 X 3 1/2	90 X 90	90,00	90,00	2,00	5,58	6,01	7,11	88,86	19,75	3,54	22,78	138,32	29,66	9
		90,00	90,00	2,50	6,81	7,23	8,68	108,55	24,12	3,54	28,00	170,65	36,27	
		90,00	90,00	3,00	8,03	8,45	10,23	127,28	28,29	3,53	33,04	202,14	42,59	

PERFIL CUADRADO

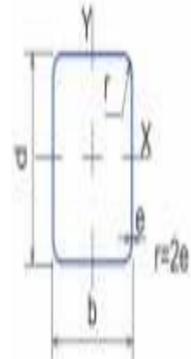
4 X 4	100 X 100	100,00	100,00	2,00	6,07	-	7,74	123,01	24,60	3,99	28,30	190,75	36,94	9
		100,00	100,00	2,50	7,53	-	9,59	150,63	30,13	3,96	34,86	235,64	45,27	
		100,00	100,00	3,00	8,96	-	11,41	177,05	35,41	3,94	41,21	279,48	53,27	
		100,00	100,00	4,00	11,73	-	14,95	226,35	45,27	3,89	53,30	364,04	68,31	
		100,00	100,00	5,00	14,97	-	18,36	271,10	54,22	3,84	64,59	444,62	82,14	
		100,00	100,00	6,00	17,88	-	21,63	311,47	62,29	3,79	75,10	521,39	94,85	
	120 X 120	120,00	120,00	4,00	14,14	-	18,15	402,28	67,05	4,71	78,33	639,01	100,96	9
	135 X 135	135,00	135,00	4,00	16,13	-	20,55	581,70	86,18	5,32	100,25	917,81	129,65	9
	135 X 135	135,00	135,00	5,00	19,90	-	25,36	704,91	104,43	5,27	122,53	1.127,65	157,44	
6 X 6	6 X 6	150,00	150,00	6,00	26,40	-	33,63	1.145,91	152,79	5,84	179,88	1.843,64	230,58	6
		155,00	155,00	4,50	20,72	-	26,57	992,94	128,12	6,11	148,94	1.565,09	192,73	6
		175,00	175,00	5,00	27,56	-	33,36	1.590,86	181,81	6,91	211,24	2.505,58	273,47	6
8 X 8	8 X 8	200,00	200,00	5,00	30,11	-	38,36	2.410,09	241,01	7,93	278,87	3.771,59	362,24	1
		220,00	220,00	7,00	46,16	-	58,38	4.365,55	396,87	8,65	462,83	6.917,52	597,47	1
10 X 10	10 X 10	250,00	250,00	9,00	66,47	-	84,67	8.093,21	647,46	9,78	758,74	12.925,82	975,95	1
12 X 12	12 X 12	300,00	300,00	10,00	89,04	-	113,42	15.713,90	1.047,59	11,77	1.223,86	24.972,90	1.577,87	1

PEP



Los perfiles tubulares Colmena cumplen con la norma ASTM A-500 grado C.  
Esfuerzo de Fluencia  $F_y = 3.500 \text{ kg/cm}^2$  (50.000 psi) (350 MPa).

\* Los tubos en espesor de 1.5mm se suministran en grado B esfuerzo de fluencia  $f_y = 3.220 \text{ kg/cm}^2$  (46.000 psi) (322 MPa)



ANEXO D  
RUEDAS INDUSTRIALES

### Fija



Diam mm.	Banda mm.	Masa mm.	Eje mm.	Altura mm.	Placa mm.	Hilo	Rodamiento Buje	Carga Kgs.
80	20	-	-	107	104X84	-	Rod. de rodillos	50
100	22	-	-	128	104X84	-	Rod. de rodillos	70
125	22	-	-	152	104X84	-	Rod. de rodillos	100
160	40	-	-	197	138X109	-	Rod. de rodillos	135
200	31	-	-	257	138X109	-	Rod. de rodillos	205

### Giratoria Con Placa y Freno



Diam mm.	Banda mm.	Masa mm.	Eje mm.	Altura mm.	Placa mm.	Hilo	Rodamiento Buje	Carga Kgs.
80	20	-	-	107	104X80	-	Rod. de rodillos	50
100	22	-	-	128	104X80	-	Rod. de rodillos	70
125	22	-	-	152	104X80	-	Rod. de rodillos	100
160	28	-	-	197	138X109	-	Rod. de rodillos	135
200	31	-	-	237	138X109	-	Rod. de rodillos	205

PLANOS

 Fundación Universidad de América	<b>FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA</b>	<b>Código:</b>
	<b>PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>Versión 0</b>
	<b>Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres</b>	<b>Julio - 2016</b>

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Yo **Julían Eduardo Rincón Guerrero** en calidad de titular de la obra **Diseño de una máquina mezcladora, automática, de materias primas para la elaboración de jabones líquidos, suavizantes y desengrasantes industriales, para la empresa químicos Zorel**, elaborada en el año 2016, autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifesté conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	<b>Atribución- no comercial- sin derivar:</b> permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial:</b> permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	<b>Atribución – no comercial – compartir igual:</b> permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

**Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.**

De igual forma como autor autorizo la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

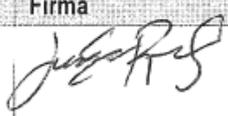
AUTORIZO	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	x	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación	x	

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré, en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		x

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá, a los 04 días del mes de agosto del año 2017.

#### EL AUTOR:

##### Autor 1

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
Julián Eduardo	Rincón Guerrero
<b>Documento de identificación No</b>	<b>Firma</b>
1010213900	

**Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.**